

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту
ступінь вищої освіти магістр

галузі знань 14 Електрична інженерія

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

на тему Дослідження системи електропостачання промислового
підприємства та його модернізація шляхом застосування
вакуумних високовольних вимикачів

Виконав: студент групи ЕЕ-22дм
Кравець В.О. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник
доц. Романченко Ю.А. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри
доц. Руднев Є. С. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Рецензент
доц. Шумакова Т.О. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Київ 2023 р.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії

Кафедра Електричної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія
(шифр і назва)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІ

доц. Руднев Є. С.
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Кравцю Віталію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Дослідження системи електропостачання промислового підприємства та його модернізація шляхом застосування вакуумних високовольних вимикачів

керівник проекту к.т.н., доц. Романченко Ю.А.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 23.10.2023 року № 564/15.23-С

2. Строк подання студентом проекту 08.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту Основне технічне устаткування. Характеристика приміщення. Завдання оптимізації режимів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз діючої схеми електропостачання підстанції. Характеристика споживачів електроенергії й визначення категорії електропостачання. Вибір елементів схем управління. Вибір захисної апаратури. Оптимізація системи електропостачання шляхом заміни масляних вимикачів на вакуумні. Організація монтажу електрообладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема класифікації станів, що характеризують надійність об'єктів систем електропостачання. Конструкція вакуумного вимикача. Зовнішній вигляд вакуумних вимикачів. Електромагніт вимикача.

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1-4 | доц. Романченко Ю.А. | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 16.10.2023 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз літературних джерел | 20.10.23 | |
| 2 | Аналіз діючої схеми електропостачання підстанції ЗАТ «ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ» | 28.10.23 | |
| 3 | Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання | 03.11.23 | |
| 4 | Аналіз недоліків масляних вимикачів | 10.11.23 | |
| 5 | Конструкція, принцип дії вакуумних вимикачів | 17.11.23 | |
| 6 | Оптимізація системи електропостачання шляхом заміни масляних вимикачів на вакуумні | 24.11.23 | |
| 7 | Вибір і перевірка електричних апаратів підстанції | 01.12.23 | |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу | 08.12.23 | |

Студент

(підпис)

Кравець В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Романченко Ю.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 98 стор., 15 рис., 18 табл., 20 бібл. найм.

У магістерській роботі проведений аналіз діючої схеми електропостачання підстанції ЗАТ «Об'єднання АЗОТ». Розглянуто властивості, стан і дії, що характеризують надійність систем електропостачання. Досліджені заходи щодо підвищення надійності схеми електропостачання. Проведений аналіз недоліків масляних вимикачів. Розглянуто конструкцію, принцип дії вакуумних вимикачів й порівняння технічних характеристик вакуумних вимикачів різних марок. Обрані вид живлячого струму та величина напруги.

Ключові слова: електрообладнання, приміщення, струм, електродвигун, вакуумний вимикач.

ЗМІСТ

| | Стор. |
|--|-------|
| ВСТУП..... | 8 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІ ЗАТ «ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ»..... | 11 |
| 1.1 Характеристика споживачів електроенергії й визначення категорії електропостачання..... | 11 |
| 1.2 Властивості, стан і дії, що характеризують надійність систем електропостачання..... | 14 |
| 1.3 Споживачі електричної енергії та обсяги електроспоживання на ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот»..... | 18 |
| 1.4 Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання..... | 18 |
| РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ НА ВАКУУМНІ..... | 24 |
| 2.1 Аналіз недоліків масляних вимикачів..... | 24 |
| 2.2 Конструкція, принцип дії вакуумних вимикачів..... | 27 |
| 2.3 Порівняння технічних характеристик вакуумних вимикачів різних марок..... | 31 |
| РОЗДІЛ 3. ВИБІР І ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ПІДСТАНЦІЇ..... | 45 |
| 3.1 Вибір вимикачів..... | 46 |
| 3.2 Конструкція вимикача..... | 49 |
| 3.3 Конструкція полюса вимикача..... | 50 |
| 3.4 Конструкція електромагніта..... | 51 |
| 3.5 Включення вимикача..... | 53 |
| 3.6 Відключення вимикача..... | 54 |
| 3.7 Блокування повторного включення..... | 56 |
| 3.8 Робота вимикача..... | 57 |
| 3.9 Вмикання вакуумного вимикача..... | 57 |
| 3.10 Відключення вимикача..... | 58 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.11 | Вимоги до електроприводу, обґрунтування вибору типу електродвигунів, системи електроприводу, блокування, засобів автоматичності..... | 59 |
| 3.12 | Розрахунок потужності з використанням ЕОМ і вибір електродвигунів..... | 60 |
| 3.13 | Перевірочні розрахунки вибраних електродвигунів..... | 62 |
| 3.14 | Вибір схеми розподілення електроенергії..... | 66 |
| 3.15 | Розрахунок і вибір апаратів управління і захисту, розрахунок силової мережі..... | 67 |
| 3.16 | Опис роботи схем управління електродвигунами механізмів..... | 72 |
| 3.17 | Вибір елементів схем управління..... | 74 |
| РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА..... | | 76 |
| 4.1 | Дослідження стану високовольтних вимикачів | 76 |
| 4.2 | Класифікація високовольтних вимикачів..... | 79 |
| ВИСНОВОК..... | | 84 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | | 86 |

ВСТУП

Основною задачею сучасної енергетики є надійне і безперебійне забезпечення всіх споживачів електроенергією. В області електропостачання споживачів ці вимоги додержуються шляхом підвищення рівня проектно-конструкторської розробки, впровадження і раціональної експлуатації високонадійного обладнання, зниження невиробничих витрат електроенергії при її передачі, розподіленні та споживанні, впровадження нових засобів обліку споживаючої енергії з більш високим класом точності та передачею показань на центральний пункт управління.

У електротехнічній промисловості України існує могутня енергосистема, об'єднуюча в одне ціле, розташовані на її території АЕС, ГЕС, ТЕЦ, КЕС.

Розвиток та ускладнення структури систем електропостачання, введення в експлуатацію енергозберігаючих технологій і екологічно чистих технологій хімічної промисловості, зростаючі вимоги до надійності ставлять проблему модернізації системи електропостачання.

Закрите акціонерне товариство «Сєверодонецьке об'єднання Азот» – одне з найбільших підприємств України. Воно поставляє свою продукцію в усі країни СНД, експортує її більш ніж в 30 держав світу, у тому числі в усі країни колишньої соціалістичної співдружності, а також в Англію, ФРН, Японію.

У складі об'єднання крупнотонажний комплекс аміаку, виробництва випускаючі метанол, формалін, аргон, мінеральні добрива, каталізатори, сіль АГ (сировина для нейлону), різні органічні кислоти, ацетилен, вінілацетат, продукти його переробки й інша сировина для штучних волокон і пластмас, а також великий завод товарів народного споживання. Біля тридцяти допоміжних служб і цехів забезпечують узгоджену роботу технологічних комплексів.

ЗАТ «Сєверодонецьке об'єднання Азот» випускає більше ста видів хімічної продукції, у тому числі 35 найменувань товарів народного споживання – миючі, лакофарбові вироби, клеї, сухе пальне, фасовані мінеральні добрива й матеріали, засоби захисту рослин. Впроваджено комплексну систему керування якістю продукції й ефективним використанням ресурсів.

Електричну основу виробництва хімічного підприємства становить електричний привод, рівень якого визначає ефективність функціонування технологічного встаткування. Розвиток електричного привода йде по шляху підвищення економічності за рахунок подальшого вдосконалення двигунів, апаратів, перетворювачів, аналогових і цифрових способів керування.

На даний час підстанції ЗАТ «Об'єднання АЗОТ» обладнані масляними вимикачами. Як показав досвід, масляні вимикачі мають низку недоліків, основними серед яких є висока вибухо- і пожежонебезпека тому що у вимикачах використовується масло.

В магістерській роботі вирішені питання модернізації системи електропостачання шляхом заміни масляних вимикачів на вакуумні. Теоретично і практично доведено, що найпростіший спосіб гасіння електричної дуги у вакуумі, де немає середовища, що проводить електричний струм. Вакуумні вимикачі більш прості в експлуатації, ніж масляні або електромагнітні і завдяки своїм перевагам поступово витісняють їх.

Основні переваги вакуумних вимикачів:

- відсутність необхідності в заміні та поповненні олії;
- висока зносостійкість при відключенні як номінальних струмів, так і струмів КЗ;
- простота експлуатації, зниження експлуатаційних витрат;
- безшумність, чистота, зручність обслуговування, обумовлені відсутністю зовнішніх ефектів і виділень при відключенні струмів КЗ;
- порівняно малі габарити та маса вимикачів, невеликі динамічні впливи на конструкції при роботі;
- легка заміна вакуумної дугогасної камери (ВДК) та її довільне положення при конструюванні вимикача;
- висока швидкодія вимикача;
- відсутність забруднення навколишнього середовища.

До недоліків можна віднести:

- проблема при створенні та виготовленні, пов'язана зі складністю вакуумного виробництва;

– великі капітальні вкладення, необхідні реалізації технології виробництва, і звідси – висока вартість;

– можливість комутаційних перенапруг при відключенні малих індуктивних струмів;

– схильність матеріалів контактів до зварювання за умов глибокого вакууму.

Вакуумний вимикач в енергетиці – це високовольтний комутаційний апарат для виконання операцій увімкнення та відключення електричного струму в робочому та аварійному режимі – режимі короткого замикання. При цьому середовищем гасіння дуги є вакуум.

Сьогодні частка вакуумних вимикачів у високовольтних електричних мережах до 35 кВ у Китаї становить 100%, у Європі – понад 65%.

Вважається, що досягнуті кількісні характеристики вакуумних вимикачів забезпечать їх перспективне застосування, і найближчим часом дослідження будуть спрямовані переважно на підвищення стійкості їх до впливів навколишнього середовища та на вдосконалення їх механізмів.

Метою дослідження є модернізація системи електропостачання шляхом заміни масляних вимикачів на вакуумні.

Об'єкт дослідження. Процеси, що відбуваються у високовольтному комутаційному апараті для виконання операцій увімкнення та відключення електричного струму в робочому та аварійному режимі – режимі короткого замикання.

Предмет дослідження. Методи та засоби побудови систем вакуумних вимикачів, конструкція вакуумних вимикачів, нові технічні рішення вакуумних вимикачів.

Методи дослідження теоретичний аналіз і систематизація науково-теоретичних і методичних джерел; чисельні методи; методи обробки та інтерпретації даних.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІ ЗАТ «ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ»

1.1 Характеристика споживачів електроенергії й визначення категорії електропостачання

За ступенем необхідної надійності електропостачання по ПУЕ всі споживачі електроенергії поділяються на 3 категорії:

I категорія – електроприймачі, порушення електропостачання яких загрожує небезпекою для життя людей, задає значних збитків народному господарству, викликає ушкодження встаткування, масовий брак продукції, порушує технологічний процес або роботу особливо важливих елементів народного господарства. Споживачі цієї категорії повинні забезпечуватися електроенергією від 2-х незалежних джерел живлення; перерва в їхньому електропостачанні допускається тільки на час автоматичного уведення резервного живлення.

II категорія – електроприймачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з масовим не випуском продукції, простоєм робочих механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної діяльності значного числа населення. Для споживачів цієї категорії допускається перерви в електропостачанні на час, необхідний для включення резервного живлення черговим персоналом.

III категорія – всі інші електроприймачі, які не належать по визначенню до I і II категорій. Перерви в електропостачанні яких не несуть істотного збитку споживачам протягом часу, необхідного для ремонту або заміни електроустаткування, що вийшло з ладу, але не більше однієї доби.

Надійність систем електропостачання об'єктів електропостачання, віднесених до першої категорії електроспоживачів, можна забезпечити:

- двома зовнішніми незалежними джерелами живлення, здатних приймати на себе навантаження при виході з ладу одного з них;

- аварійним джерелом – електростанцією з дизельним приводом, що забезпечує відновлення напруги максимум через 30 с і 14 електропостачання електроприймачів особливої групи першої категорії на час до 250 год;

- джерелом гарантованого живлення, що складається з акумуляторних батарей з відповідними перетворювачами, що забезпечує стійку роботу електроприймачів особливої групи (система КВП, АСУ тощо) при перехідних режимах в системі електропостачання (посадки напруги, коливання частоти, безструмової паузи);

- резервним джерелом – електростанцією власних потреб, що забезпечують відновлення напруги на шинах живлення максимум через 5 хв з покриттям навантаження об'єкта протягом тривалого (до 750 годин) часу;

- електростанціями власних потреб, оснащених блоком живлення з поршневим або газотурбінним приводом, при відсутності зовнішніх джерел електропостачання.

При експлуатації систем електропостачання насосних станцій в реальних умовах можливі наступні порушення нормального режиму електропостачання:

- тривалі або короточасні відхилення напруги (частоти) від номінального;

- перерви електропостачання по одному з незалежних джерел з попереднім попередженням;

- аварійні відключення лінії живлення електропостачання або електростанції власних потреб;

- глибокі посадки напруги (частоти) або раптові короточасні (до декількох секунд) перерви електропостачання, які можуть бути викликані раптовими короточасними відключеннями електростанцій власних потреб або перехідними процесами в енергетичній системі електропостачання.

Тривалі або короточасні відхилення частоти або напруги від номінальних значень, як показує досвід експлуатації, не вносять істотних змін в режим роботи насосних станцій.

У разі попереднього попередження про перерву електропостачання по одному з незалежних джерел (як правило, не більше однієї робочої зміни) живлення НС переводять повністю на інший незалежний джерело. Звичайно, в цей час надійність забезпечення необхідною безпекою електропостачання не відповідає спочатку поставленим вимогам, внаслідок чого можлива навмисна зупинка насосного обладнання. Для тих ситуацій, коли виникає глибоке падіння напруги (частоти), в якості запобіжного захисту від зупинок НС внаслідок короточасної перерви електропостачання необхідно передбачити ряд заходів щодо оснащення її аварійним джерелом електропостачання з автоматизованим запуском. Це дозволить збільшити інтервал часу, протягом якого можлива експлуатація об'єкта без використання електроенергії від зовнішнього джерела. Час від моменту подачі сигналу на включення аварійного джерела до моменту прийому навантаження повинно бути в межах 30 с.

У разі аварійної зупинки електростанції власних потреб або раптового відключення живильної лінії, як правило, нормальний режим роботи всієї системи своєчасного розвантаження залізничних цистерн порушується. Попередження, скорочення і запобігання таких ситуацій – найважливіше завдання, до вирішення якої прагнуть при проектуванні і експлуатації електростанцій, мереж і електроустановок.

1.2 Властивості, стан і дії, що характеризують надійність систем електропостачання

Надійність є комплексною властивістю, яка, в залежності від умов експлуатації об'єкта та його призначення, може містити певний ряд властивостей (в поєднанні або окремо); значущими є такі властивості: довговічність, безвідмовність, збереженість, ремонтпридатність, режимна керованість, живучість і безпеку.

Безвідмовність і ремонтпридатність є визначальними властивостями надійності системи електропостачання для насосної станції як об'єкта, що забезпечує роботу технологічних об'єктів з безперервним циклом дії.

Під безвідмовністю розуміється властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом певної напруженості і часу.

Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і швидкого виявлення причин виникнення пошкоджень і відмов, усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Для грамотної оцінки рівня ремонтпридатності і безвідмовності об'єктів СЕС і системи в цілому, необхідна чітка класифікація відповідних станів.

Класифікація станів насосних станцій, як об'єктів систем електропостачання, фундаментально не відрізняється від прийнятої для об'єктів інших систем енергетики (рис. 1.1).

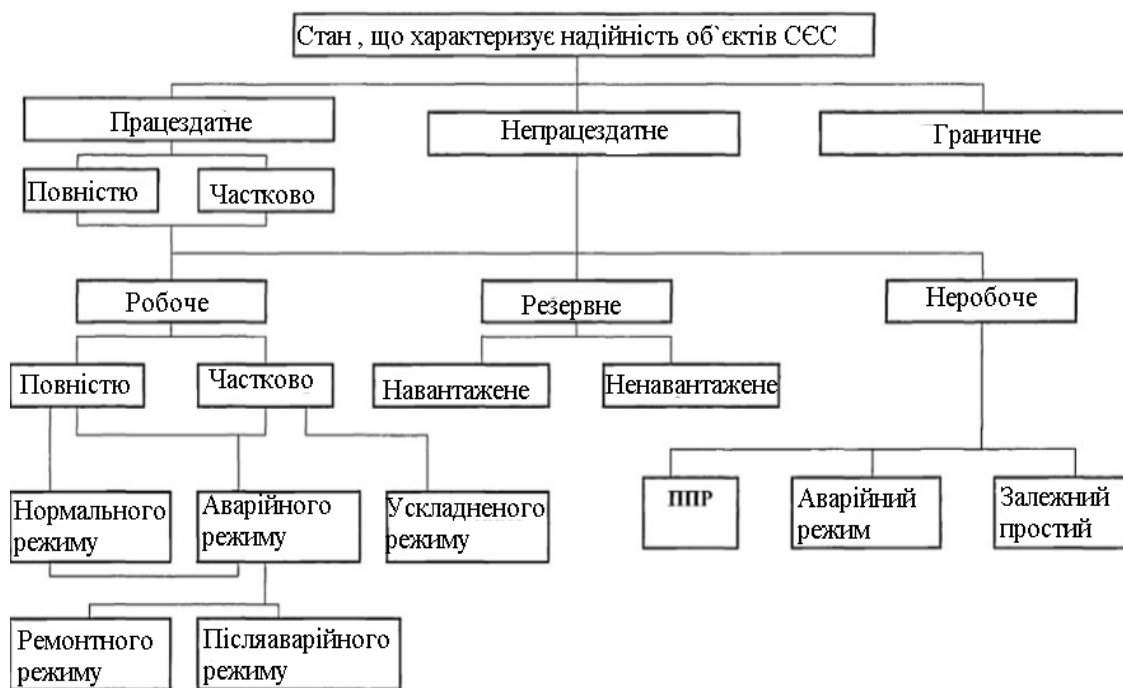


Рисунок 1.1 – Класифікація станів, що характеризують надійність об'єктів систем електропостачання

Як видно з рисунка, здатність об'єкта виконувати задані функції характеризують два рівня класифікації станів: «працездатні – непрацездатні». А класифікація «робочі – неробочі» характеризує здатність об'єкта виконувати свої функції.

Зауважимо, що поняття працездатності поширюється також і до нечинним об'єктів в певний момент часу.

Порушення електропостачання електроприймачів корпусу, пов'язане з аварійним станом СЕС, може привести до вимушеної або аварійної зупинки хоча б одного насосного агрегату. Числом насосів, виведених з роботи, визначається глибина аварійного стану об'єкта електропостачання.

Вимушена зупинка одного або всіх насосів корпусу може бути пов'язана з переходом СЕС в неробочий режим внаслідок виведення її в ремонт. Примітно, що збій в роботі технологічних апаратів і механізмів може бути пов'язаний не тільки з перебуванням системи електропостачання (або її частини) протягом певного часу в повністю або частково неробочому стані. Процес переходу в цей стан або переведення в інший робочий стан може також стати причиною збою. Прикладом може бути переключення секції шин з одного джерела на інший і спрацьовування апаратів релейного захисту на відключення внаслідок поміченого комутаційного процесу.

Події, що призводять до переходу об'єктів або системи електропостачання в непрацездатний або неробочий стану, можна класифікувати і представити у вигляді схеми на рис. 1.2.

Перехід об'єкта з одного рівня працездатності на інший, але більш низький, розглядається як відмова працездатності, а перехід об'єкта з одного відносного рівня функціонування на інший, більш низький, розцінюється як відмова функціонування. І відмова функціонування, і відмова працездатності об'єктів і систем електропостачання насосних станцій може бути частковим або повним.

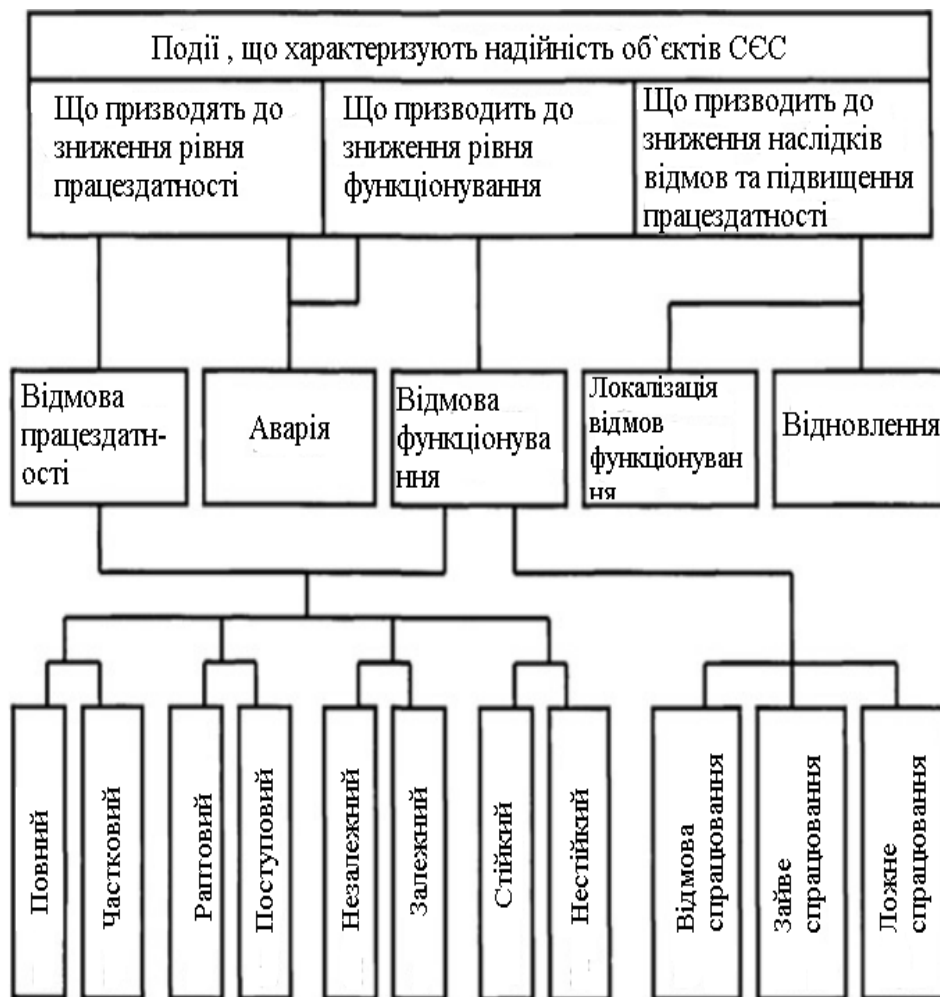


Рисунок 1.2 – Класифікація подій, що характеризують надійність об'єктів систем електропостачання

Повна відмова функціонування означає перехід об'єкта з початкового стану в неробочий. Аналогічно, повна відмова працездатності означає до переходу об'єкта в неробочий стан.

У системах електропостачання відмови елементів можуть бути як раптовими, так і очікуваними, поступовими.

Раптові відмови пов'язані з природно-кліматичними факторами або випадковими впливами сторонніх осіб.

Поступові відмови відбуваються з плином часу і пов'язані, як правило, з неминучим зміною характеристик елементів у часі. Іншими словами, вони трапляються внаслідок старіння і вироблення ресурсу компонентів електроустановок.

Незалежні відмови не пов'язані один з одним, залежні - пов'язані. Залежність відмов може мати різний характер. Відзначимо взаємообумовлені відмови - відмова одного елемента викликає збій і відмова іншого.

Нарешті, відмови можуть бути стійкими і нестійкими. При аналізі надійності систем електропостачання електроприводних НС повинні враховуватися і стійкі, і нестійкі (самоусувається) відмови елементів систем. Нестійкі відмови при виконанні відповідних заходів щодо їх обмеження при проектуванні, монтажі та експлуатації СЕС не повинні надавати значного впливу на режим роботи насосів.

Поверховий аналіз причин виникнення аварійних ситуацій на насосних станціях показує, що вони пов'язані з відмовами основного силового обладнання, запірної арматури і недостатністю контролю за необхідними параметрами системами релейного захисту. Крім того, одним з основних шляхів підвищення надійності системи є резервування. Детальний аналіз зазначених чинників є основним напрямком дослідження і підвищення надійності систем електропостачання насосних станцій.

1.3 Споживачі електричної енергії та обсяги електроспоживання на ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот»

За своєю структурою і функціональним зв'язком ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот» є комплексною системою. Робота основного технологічного обладнання забезпечується їх приводом, системами вентиляції, охолодження, контрольно-вимірювальними приладами і автоматикою, загальностанційної системами електропостачання тощо. Правильна взаємодія цих підсистем забезпечує рівень надійності підприємства в цілому.

Перерва в електропостачанні електроприводів циркуляційних насосів, вентиляційних агрегатів, систем опалення, електроприймачів пристроїв зв'язку та освітлення може спричинити за собою припинення розвантаження залізничних цистерн, витік олеума і створення шкідливих парів всередині корпусу, що вкрай неприпустимо, тому що олеум – вкрай їдка речовина: залишає сильні опіки на шкірі, швидко роз'їдає багато матеріалів, а при взаємодії з водою закипає, утворюючи туман з сірчаної кислоти. Таким чином, аварійна ситуація в СЕС розглянутого корпусу може заповдіяти не тільки

матеріальні збитки, але також завдати шкоди здоров'ю обслуговуючого персоналу, тому щодо забезпечення надійності електропостачання деяких електроприймачів, даний об'єкт слід віднести до I категорії.

1.4 Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання

Поряд з вибором напруги, одним з найважливіших питань, що вирішуються при розробці проекту реконструкції системи електропостачання, є вибір раціональної схеми електропостачання.

Схему електропостачання об'єкта проектують так, щоб системи високовольтного розподілу енергії були максимально наближені до споживача для зменшення втрат. Крім того, намагаються відмовитися від відмови від холодного резерву, все електрообладнання повинно мати певний коефіцієнт завантаження, який в залежності від технічних і економічних міркувань може бути різним. Простота, ремонтпридатність, зручність при експлуатації, можливість застосування комплектного електрообладнання – ось опис сучасної схеми живлення. Також необхідно, щоб в схемі були враховані можливі зміни при розвитку підприємства на найближчі 8-10 років.

Схема електропостачання повинна забезпечувати необхідний ступінь надійності живлення. Для цього, незалежно від економічного розрахунку, може виникнути необхідність додати нові лінії.

Схеми розподілу електроживлення можна розділити на 3 види:

- 1) Радіальні;
- 2) Магістральні;
- 3) Змішані.

На вибір схеми впливають такі фактори, як:

- 1) Категорія надійності електропостачання (згідно з ПУЕ);
- 2) Режими роботи електротехнологічного обладнання, які визначають графік навантаження об'єкта.

При розташуванні навантажень в одному напрямку від пункту живлення застосовуються магістральні схеми передачі і розподілу електроенергії.

Електроенергія до споживача надходить по відгалуженнях від магістралі, яка може бути виконана повітряної (кабельної) лінією або шинопроводом, по черзі заходять на в індивідуальні шафи живлення споживачів. Число електроприймачів, живиться від однієї магістралі, залежить від їх потужності і необхідної категорії надійності. Виконання магістральних схем електропостачання може виконуватися не тільки з однієї, а й з декількома магістралями. Приклади виконання таких схем представлений на рис. 1.3: класична одиночна схема і схема з подвійною магістраллю при живленні високовольтних споживачів. Варіант «б» вимагає завищених витрат, але може бути використаний для приймачів будь-якої категорії надійності електропостачання.

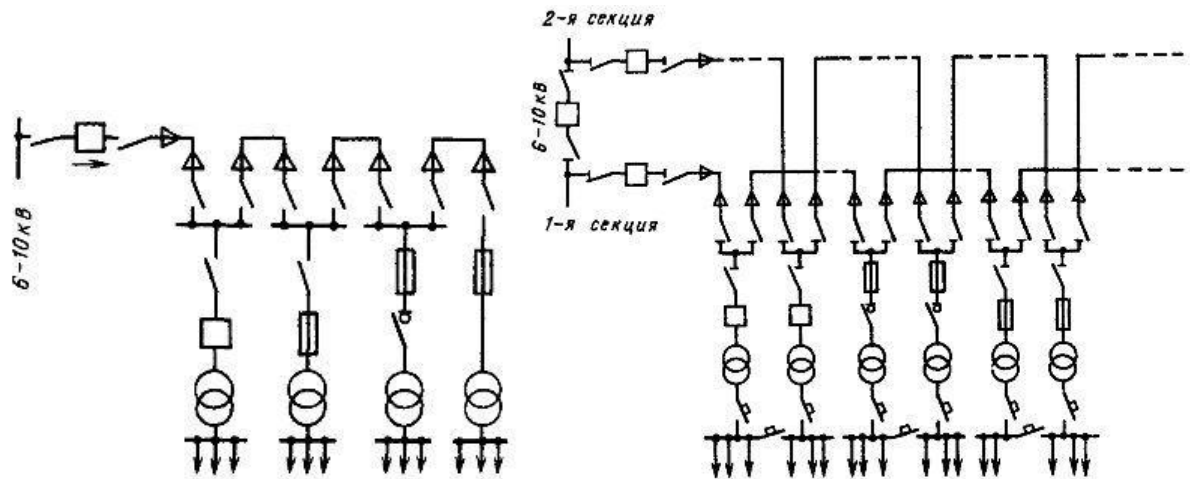


Рисунок 1.3 – Приклади магістральної схеми електропостачання

Надійність подвійної схеми в цьому випадку обумовлюється тим, що кожна магістраль розрахована на покриття основних навантажень всіх споживачів, які при нормальному режимі живляться від різних магістралей. Секції шин розподільного пристрою працюють при нормальному режимі окремо, а в разі виходу з ладу однієї з магістралей, її електроприймачі переключаються на що залишилася в роботі магістраль.

У порівнянні з радіальними, поодинокі магістральні схеми передачі і розподілу електроенергії в виконанні є більш економічно вигідними за рахунок зменшення комутаційної апаратури і довжини ліній живлення. Однак, є і негативна властивість, якого немає у схем з радіальним виконанням:

пошкодження магістралі веде до відключення всіх споживачів, які живляться від неї, що істотно знижує показник надійності.

При живленні зосереджених навантажень і потужних електродвигунів раціональним буде застосування радіальних схем (рис.1.4). Для споживачів третьої категорії передбачають одноланцюгові схеми, а для споживачів першої і другої категорій – дволанцюгові радіальні схеми. Автоматизація радіальних схем виконується легше і виходить більш надійною, ніж у схем магістрального виконання.

Оптимальним варіантом живлення для споживачів третьої категорії буде схема, показана на рис. 1.4,а. Також її можна застосувати для споживачів другої категорії, якщо підключити пристрій автоматичного повторного включення (АПВ). При наявності резервних джерел живлення схема стане придатною і для споживачів першої категорії.

На рис. 1.4,б представлена схема, найбільш часто застосовується для споживачів другої категорії. У певних випадках вона може бути застосована і для електроприймачів першої категорії. При зникненні напруги на одній із секцій шин частина схеми, живиться від іншої секції, продовжує працювати.

Класичним прикладом радіальної схеми, що застосовується для підключення електроприймачів першої категорії, є схема, зображена на рис. 1.4,в. У разі аварійної ситуації на одній з ліній живлення, живлення споживачів цієї секції автоматичним включенням секційного вимикача перекладається на іншу.

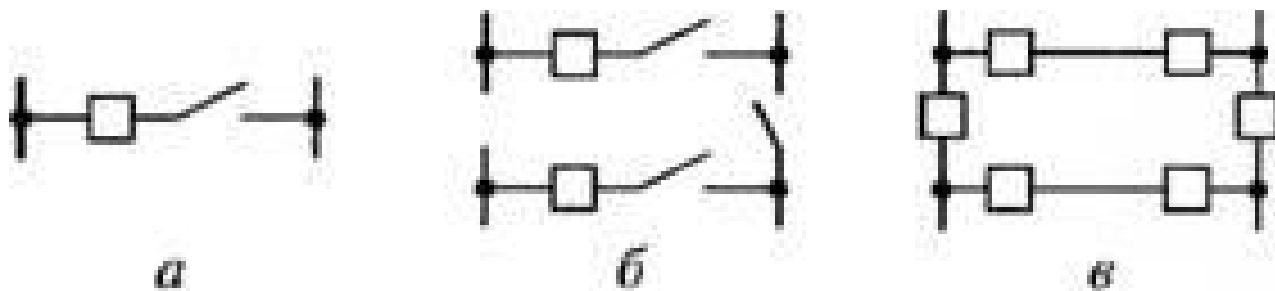


Рисунок 1.4 – Радіальні схеми електропостачання для живлення споживачів третьої (а), другої (б) і першої (в) категорій надійності електропостачання

Поєднання якостей магістральних і радіальних схем мають змішані схеми (див. рис. 1.5). Для того, щоб схема відповідала вимогам обмеження струмів короткого замикання і незалежного режиму роботи секцій, основне живлення кожного з споживачів виконують по розімкнутій схемою. Замкнені схеми широкого поширення не отримали, так як ускладнюються в плані відбудови релейного захисту, потрібні вимикачі на обох кінцях ліній, а також в них значно (до двох разів) підвищуються струми короткого замикання. Однак, вони забезпечують менші втрати енергії завдяки більш рівномірному завантаженні мережі, менше падіння напруги і більшу надійність живлення електроприймачів внаслідок постійного підключення до двох (або більше) джерел живлення. При електропостачанні великих установок ці гідності особливо відчутні, так як в них пуск потужного електродвигуна може викликати при розімкнутій схемою значні відхилення напруги, при якому пуск і самозапуск електродвигуна під навантаженням може бути неможливими, якщо момент опору на валу, який додатково дає навантаження, виявиться вище пускового моменту двигуна.

Включення ліній і трансформаторів на паралельну роботу може зменшити еквівалентний опір в мережі живлення до 50% і забезпечити успішний запуск електродвигуна. На великих насосних або компресорних станціях це властивість мережі іноді використовується для пуску потужних двигунів, але робиться це лише в тому випадку, якщо їх потужність порівнянна з потужністю трансформаторної підстанції.

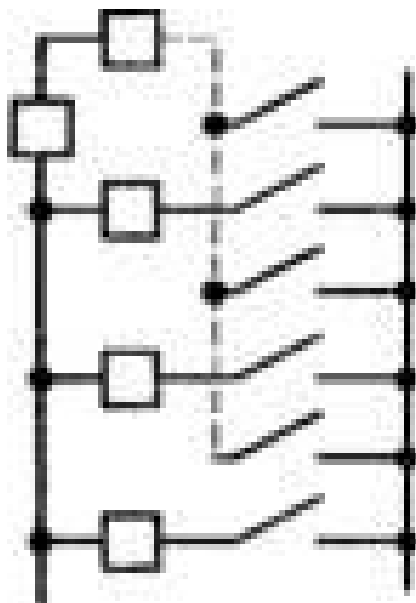


Рисунок 1.5 – Змішана схема електропостачання:

основне живлення здійснюється по радіальних лініях, а резервне – по одній наскрізній магістралі, показаної на малюнку штриховою лінією

Найбільш прийнятною схемою електропостачання для насосної станції є радіальна схема, так як основними приймачами електричної енергії є одинадцять насосів з приводом від асинхронного двигуна потужністю 18,5 і 30 кВт. Застосування радіальної схеми збільшує надійність безперебійної роботи насосної станції, так як при виникненні позаштатної ситуації можливе відключення окремих пошкоджених насосів і запуск резервних.

РОЗДІЛ 2

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ НА ВАКУУМНІ

2.1 Аналіз недоліків масляних вимикачів

На даний час підстанції ЗАТ «Об'єднання АЗОТ» обладнані масляними вимикачами типу ММГ-10, ВМГ-133, ВПМ-10, ВМПЭ-10 і інші. Як показав досвід, експлуатаційні типи вимикачів мають наступні недоліки. Висока вибухо- і пожежонебезпека тому що у вимикачах використовується масло.

- Необхідність періодичного контролю заливання й заміни масла.
- Відмови в роботі через ушкодження розеточних контактів і стрижнів низької стійкості контактів до струмів короткого замикання; складної механіки приводів.
- Великий струм, споживаний масляними вимикачами внаслідок цього необхідність потужної акумуляторної батареї.
- Неможливість дистанційного відключення вимикача при використанні оперативного струму.
- Необхідність у частих ремонтах і витратах на експлуатацію.
- Великі габарити й маса вимикачів.

Масляні вимикачі – це високовольтне електрообладнання, що служить для комутації мереж від 6 кВ, включення та відключення електродвигунів, трансформаторів, а також цілих секцій та вводів високовольтних підстанцій.

Такий вимикач складається із трьох полюсів. Кожен полюс, у свою чергу, складається з шин та безпосередньо вимикача.

У разі вимкнення пристрою утворюється електрична дуга. Її гасіння відбувається у горщику, в якому налитий діелектрик – трансформаторна олія.

Класифікація масляних вимикачів:

- Бакові
- Маломасляні (горщиківі)

За принципом дії дугогасного пристрою:

– з автодугтям (тиск і рух масла і газу відбувається під дією енергії, що виділяється з дуги)

– з примусовим масляним дуванням (масло до місця розриву нагнітається за допомогою спеціальних гідравлічних механізмів)

– з магнітним гасінням в маслі (дуга під дією магнітного поля переміщається у вузькі канали) Коли спрацьовує система, насамперед розриваються контакти дугогасної камери. Якщо мережа має високу напругу, розрив викликає появу дуги. Вона має велику температуру. Настільки велику, що від її дії починається процес розкладання олії. Утворюється газовий міхур, в якому і розміщуватиметься дуга.

До складу міхура входить водень, кількість якого дорівнює сімдесяти відсоткам. Газ подаватиметься під значним тиском. Водень у парі та тиск забезпечать деіоналізацію дуги, що була утворена при розриві контакту. Саме таким методом діє масляний вимикач.

Такий вид вимикачів має особливості. Його використовують у мережах, що мають велику напругу. Він добре підійде для мережі, що працює у напрузі більше 35 кВ. Його відмінністю є те, що камера виконує гасіння дуги має механізм, який створює дугтя.

Загальний пристрій, як працюють.

Масляний вимикач (МВ) складається з таких основних елементів:

1. Силова контактна група. У неї входять рухомий шток та нерухома розетка, в яку він вставляється. Гасіння дуги відбувається у баку з трансформаторним маслом.

2. Порцелянові ізолятори. З їх допомогою струмопровідні частини ізолюються від корпусу та один від одного.

3. Бак, наповнений трансформаторним маслом. За рахунок останнього відбувається гасіння електричної дуги.

4. Блок-контакти управління, які з'єднані в одну групу.

5. Привід. Встановлюється ручний та автоматичний, на основі котушки соленоїда.

Пружини. Розмикають за рахунок енергії стиснення контакти масляного вимикача. При подачі напруги на котушку соленоїда включення сердечник втягується, запускає механізм важеля, який, з'єднує рухомі контакти (штирі) з нерухомою розеткою. Таким чином відбувається автоматичне включення масляного вимикача.

Також його можна увімкнути і вручну. Для цього потрібно докласти зусилля на соленоїд через спеціальний важіль.

Впливати на важіль потрібно доти, поки механізм не зафіксується спеціальної клямкою з характерним звуком. Роботу необхідно проводити у спецодязі та взутті, в електроізолюючих рукавичках. Плюси та мінуси масляних вимикачів

Ці пристрої мають відносно легку конструкцію. Вони мають хорошу відключаючу здатність, не залежать від погодних умов. У разі виникнення несправностей можна проводити ремонтні роботи. Бакові МВ підходять для зовнішньої установки. Існують умови для монтажу вбудованих трансформаторів струму.

Важливу роль роботі МВ грає швидкість розбіжності контактів. Може виникнути така ситуація, коли контакти розходяться з величезною швидкістю і дуга миттєво досягає довжини критичної, що є для неї. При цьому величини напруги, що відновлюється, може не вистачити для пробивання міжконтактного проміжку.

Недоліків більше у бакових вимикачів. Перший – наявність великого обсягу олії, отже, чималі габарити цих агрегатів та розподільних пристроїв. Другий – пожежо- та вибухонебезпечність, при позаштатних ситуаціях наслідки можуть бути найнепередбачуванішими.

Рівень мастила як у баку, так і у вводах, а також його стан необхідно тримати під періодичним контролем. За наявності в мережах електропостачання МВ, що обслуговуються, необхідно мати спеціальне масляне господарство.

2.2 Конструкція, принцип дії вакуумних вимикачів

Враховуючи недоліки масляних вимикачів, при реконструкції прийнято рішення міняти його на нове, з установкою комплектного розподільчого пристрою зовнішньої установки напругою 6 кВ вакуумними вимикачами.

Вибір на користь вакуумних вимикачів пояснюється тим, що в сучасній енергетиці вони мають широке застосування та зарекомендували себе як надійне та довговічне обладнання. Крім того, вони мають ряд переваг перед масляними вимикачами, зокрема:

Висока експлуатаційна надійність. Щільність відмов вакуумних вимикачів нижча на порядок у порівнянні з традиційними вимикачами (масляними, електромагнітними);

Висока комутаційна зносостійкість та скорочення витрат на обслуговування. Без ревізій та ремонтів кількість відключень робочих струмів вакуумним вимикачем досягає 20 тисяч, а відключень струмів КЗ становить 20-200 залежно від значень струмів та типу вимикача. На масляних вимикачах ревізія проводиться після 500 - 100 відключень в робочому режимі і 3 - 10 відключень струмами КЗ. Для повітряних вимикачів це відповідно 1000-2500 та 6-15 відключень.

Швидкодія та збільшений механічний ресурс. Головна причина цього – хід контактів дугогасної вакуумної камери становить не більше 6 - 10 мм, проти 100 - 200 мм у масляних та електромагнітних конструкціях, оскільки міцність вакууму на електричній пробіє значно перевершує електричні міцності масляного та повітряного дугогасних середовищ;

Автономність роботи.

Вакуумна дугогасна камера не потребує поповнення дугогасного середовища, що знижує, у тому числі, витрати на експлуатацію вакуумного вимикача.

Безпека та зручність експлуатації.

При однакових номінальних параметрах комутуваних струмів і напруг маса вакуумного вимикача значно нижче ніж у інших типів вимикачів. А мала енергія приводу, невеликі динамічні навантаження та відсутність витоку газів, олії забезпечує безшумність роботи, екологічну безпеку та високу пожежну та вибухобезпечність, можливість роботи в середовищах з високою агресивністю.

Оскільки розріджений газ ($10^{-6} \dots 10^{-8} \text{ Н/см}^2$) володіє електричною міцністю, що в десятки разів перевищує міцність газу, то ця властивість широко використовується в високовольтних вимикачах: в них при розмиканні контактів в вакуумі відразу ж після першого проходження струму атмосферного тиску в електричній дузі через нуль ізоляція відновлюється, і дуга знов не запалюється. В мить розмикання контактів у вакуумному проміжку, комутований струм спричинює виникнення електричного розряду – вакуумної дуги, існування якої підтримується за рахунок металу, який випаровується з поверхні контактів у вакуумний проміжок. Плазма, утворена іонізованою парою металу, проводить електричний струм, тому струм протікає між контактами до миті його переходу через нуль. У момент переходу струму через нуль дуга гасне, а пари металу, що залишилися миттєво (за 7-10 мікросекунд) конденсуються на поверхні контактів і на інших деталях дугогасної камери, відновлюючи електричну міцність вакуумного проміжку. У той же час на розведених контактах відновлюється прикладена до них напруга.

Різновиди вакуумних вимикачів

- Вакуумні вимикачі до 35 кВ;
- Вакуумні вимикачі вище 35 кВ;
- Вакуумні вимикачі навантаження;
- Вакуумні контактори до і понад 1000 В

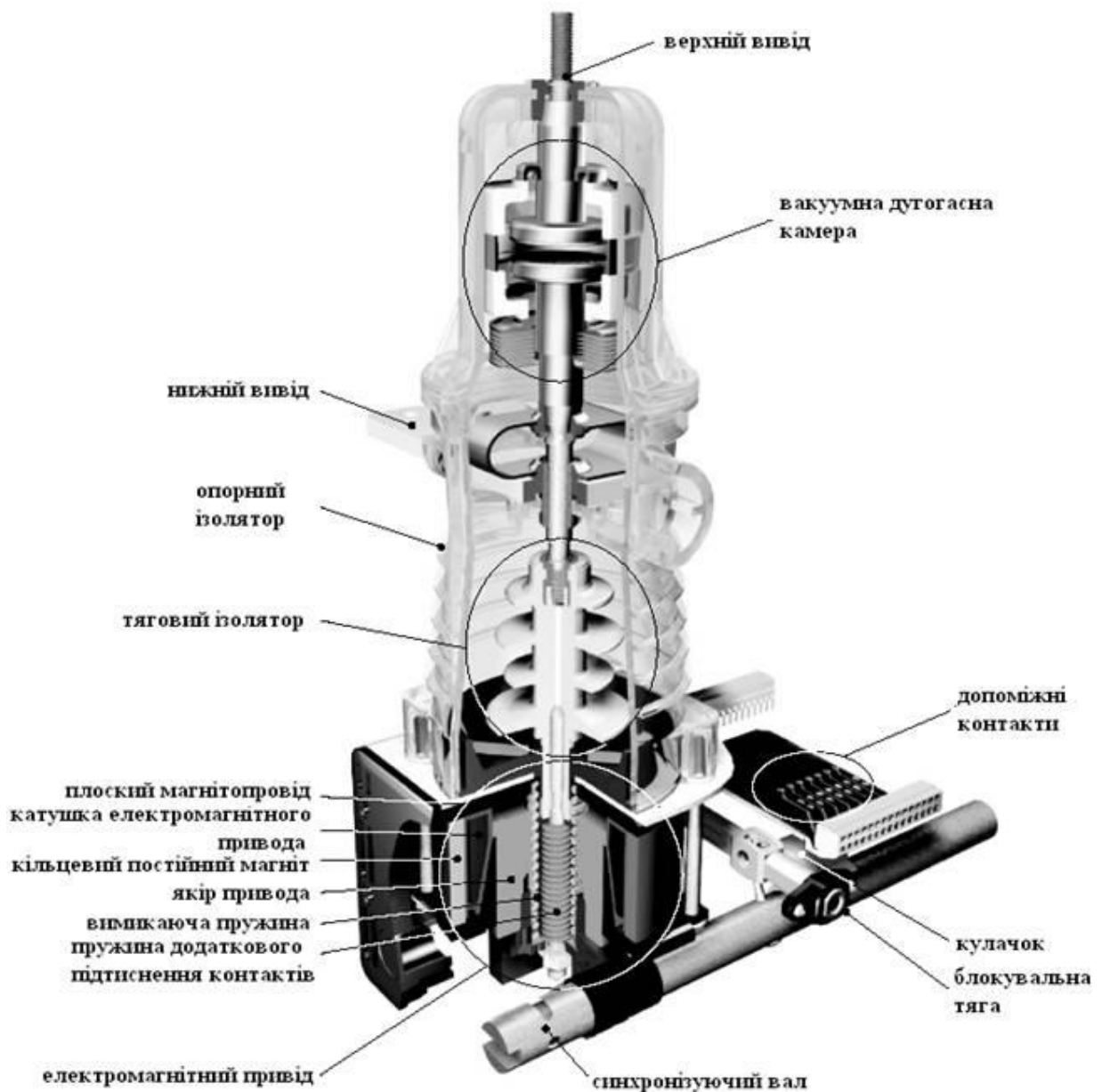


Рисунок 2.1 – Конструкція вакуумного вимикача

Теоретично і практично доведено, що найпростіший спосіб гасіння електричної дуги у вакуумі, де немає середовище, що проводить електричний струм.

Вакуумні вимикачі більш прості в експлуатації, ніж масляні або електромагнітні і завдяки своїм перевагам поступово витісняють їх.

Основні переваги вакуумних вимикачів:

- відсутність необхідності в заміні та поповненні олії;
- висока зносостійкість при відключенні як номінальних струмів, так і струмів КЗ;
- простота експлуатації, зниження експлуатаційних витрат;

- безшумність, чистота, зручність обслуговування, обумовлені відсутністю зовнішніх ефектів і виділень при відключенні струмів КЗ;

- порівняно малі габарити та маса вимикачів, невеликі динамічні впливи на конструкції при роботі;

- легка заміна вакуумної дугогасної камери (ВДК) та її довільне положення при конструюванні вимикача;

- висока швидкодія вимикача;

- відсутність забруднення навколишнього середовища.

До недоліків можна віднести:

- проблема при створенні та виготовленні, пов'язана зі складністю вакуумного виробництва;

- великі капітальні вкладення, необхідні реалізації технології виробництва, і звідси — висока вартість;

- можливість комутаційних перенапруг при відключенні малих індуктивних струмів;

- схильність матеріалів контактів до зварювання за умов глибокого вакууму.

Вакуумний вимикач в енергетиці – це високовольтний комутаційний апарат для виконання операцій увімкнення та відключення електричного струму в робочому та аварійному режимі – режимі короткого замикання. При цьому середовищем гасіння дуги є вакуум.

Сьогодні частка вакуумних вимикачів у високовольтних електричних мережах до 35 кВ у Китаї становить 100%, у Європі – понад 65%.

Вважається, що досягнуті кількісні характеристики вакуумних вимикачів забезпечать їх перспективне застосування, і найближчим часом дослідження будуть спрямовані переважно на підвищення стійкості їх до впливів навколишнього середовища та на вдосконалення їх механізмів.

2.3 Порівняння технічних характеристик вакуумних вимикачів різних марок

Наразі промисловість випускає досить різних вакуумних вимикачів різних марок та серій. Принцип роботи у них однаковий, відрізняються вони лише конструктивним виконанням і кожен з них має свої переваги.

У цьому дипломному проекті наводиться порівняння вакуумних вимикачів двох заводів-виробників, порівнюючи їх технічні характеристики, та особливості та обґрунтовуємо свій вибір одного з них.

Для порівняння візьмемо вакуумні вимикачі марки ВВ/TEL-10-20/1000У2 та марки ВБУ-10-20/1000У2.

Обидва ці вакуумні вимикачі призначені для експлуатації в мережах трьох фазного змінного струму частотою 50 Герц, номінальною напругою 6-10 кВ з ізольованою та компенсованою нейтраллю в нормальних та аварійних режимах.

Вакуумний вимикач марки ВВ/TEL-10-20/1000У2

ВВ – вакуумний вимикач

TEL – фірмова марка вимикача

10 – номінальна напруга, кВ

20 - номінальний струм відключення, кА

1000 – номінальний струм, А

У – кліматичне виконання

2 – категорія розміщення.

Вакуумні вимикачі ВВ/TEL призначені для роботи в комплектних розподільних пристроях (КРУ) та камерах стаціонарних одностороннього обслуговування (КСВ) внутрішньої та зовнішньої установки класу напруги до 20 кВ трифазного змінного струму 50 Гц для систем із ізольованою та заземленою нейтраллю.

Вакуумний вимикач ВВ/TEL застосовують у осередках КРУ внутрішньої та зовнішньої установки, а також у камерах КСВ, як при новому будівництві, так і при заміні вимикачів колишніх років випуску. В основі конструктивного рішення вимикача лежить використання фазних електромагнітних приводів з «магнітною клямкою» механічно пов'язаних з валом. Паралельно з'єднані котушки електромагнітних приводів фаз вимикача при виконанні команд підключаються до заряджених попередньо конденсаторів

в блоках управління така конструкція дозволяє досягти наступних основних відмінних особливостей вакуумних вимикачів ВВ/TEL:

- високий комутаційний та механічний ресурс.
- відсутність необхідності у проведенні поточних, середніх та капітальних ремонтів
- живлення від мережі постійного, випрямленого та змінного та змінного оперативного струму у широкому діапазоні напруг.
- мале споживання потужності ланцюгів оперативного харчування.
- висока швидкодія при включенні та відключенні.
- можливість відключення при втраті оперативного харчування.
- сумісність з будь-якими існуючими типами осередків КРУ та КСВ.
- допускається робота у будь-якому просторовому положенні.
- малі габарити та вага.
- усі вакуумні вимикачі серії ВВ/TEL повністю випробувані на відповідність вимог стандартів та мають сертифікати відповідності.

В основі конструктивного рішення вимикача лежить використання пофазних електромагнітних приводів з «магнітною клямкою», механічно пов'язаних загальним валом-синхронізатором, що не несе навантаження. Паралельно з'єднані котушки електромагнітних приводів фаз вимикача при виконанні команд підключаються до заряджених попередньо конденсаторів в блоках управління (БО/TEL). Така конструкція дозволила досягти наступних відмінних рис порівняно з традиційними вакуумними вимикачами (ВВ):

- висока надійність;
- відсутність необхідності технічного обслуговування протягом усього терміну служби;
- можливість встановлення у будь-які шафи розподільчих пристроїв середнього класу напруг;
- широкий діапазон оперативних напруг живлення;
- мале енергоспоживання від мережі оперативного харчування;
- функції телесигналізації;
- сертифікація виробів на відповідність національним стандартам країн-споживачів та міжнародним стандартам;

– широкий спектр сервісних послуг та підтримка замовника протягом усього життєвого циклу виробів;

– екологічна чистота та безпека для навколишнього середовища.

Вакуумні вимикачі ВВ/TEL мають сертифікати відповідності до стандарту міжнародної електротехнічної комісії МЕК 56, сертифікат відповідності ГОСТ 687-78.

Вимикач розрахований на роботу в мережах змінного струму з напругою до 10 кВ та номінальним струмом до 2000 А при струмі відключення – до 31,5 кА.

Гарантійний термін експлуатації – 5 років. Термін служби вимикачів становить 25 років, при цьому вони не потребують профілактичних ремонтів та обслуговування у процесі експлуатації.

Вакуумний вимикач ВВ/TEL-10 поставляється у складі викочувальних елементів ВЕ/TEL та комутаційних модулів КМ/TEL-10, комплектних розподільчих пристроїв серії КРУ/TEL-10 та реклоузерів РВА/TEL-10.



Рисунок 2.2 – Вакуумний вимикач марки ВВ/TEL-10-20/1000У2

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики

| Параметр | Номінальний струм відключення (кА) / номінальний струм (А) | | |
|------------------------|---|---------------------------------|---------|
| | | 12,5/630; 20/630; 20/1000 | 20/1600 |
| Номінальна напруга, кВ | 10 | | |
| Номінальний струм, А | 630; 1000 | 1600 | 2000 |

| | | | |
|---|--------------------------|-------|----------|
| Номинальний струм відключення, кА | 12,5; 20 | 20 | 25; 31,5 |
| Струм електродинамічної стійкості, кА (амплітудне значення) | 32; 51 | 51 | 63; 80 |
| Струм термічної стійкості, 3 с, кА | 12,5; 20 | 20 | 25; 31,5 |
| Номинальний струм відключення одиночної конденсаторної батареї, А | 800 | | |
| Випробувальна напруга промислової частоти, кВ | 42 | | |
| Механічний ресурс, операцій В-0, не менш | 50000 (150000) | 30000 | 30000 |
| Коммутаційний ресурс, не менш | | | |
| - циклів В-0 при номінальному струмі | 50000 (150000) | 30000 | 30000 |
| - відключень при номінальному струмі відключення | 100 | | |
| Особистий час включення, мс, не більш | 55 | | |
| Особистий час відключення, мс, не більш | 15 | | |
| Повний час, мс, не більш | 25 | | |
| Цикл АПВ | 0-0,3с-ВО-15с-ВО-180с-ВО | | |
| Номинальний опір головних контактів, мкОм, не більш | 60; 40 | 30 | 30 |
| Максимальна температура навколишнього середовища, °С | +55 | | |
| Мінімальна температура навколишнього середовища, °С | -40 | | |
| Клас ізоляції по МЭК 932 | 2 | | |
| Група стійкості до механічних зовнішніх факторів, що впливають по ГОСТ17516.1 | М6 | М7 | М7 |
| Максимальна висота над рівнем моря, м | 1000 | | |
| Маса, кг | | | |
| - ВВ/TEL 10 (с межосевою відстанню 200 мм) | 35 | 51 | 51 |
| - ВВ/TEL 10 (с межосевою | 37 | 53 | 53 |

| | | | |
|-------------------|--|--|--|
| відстанню 250 мм) | | | |
|-------------------|--|--|--|

Вакуумний вимикач ВБУЕ(П)3 – 10 – 20/1000У2

В – вимикач.

Б – вакуумний.

У – уніфікований.

Е (П) - тип приводу електромагнітний "Е", пружинно - моторний "П".

3 – номер варіанта конструктивного виконання.

10 – номінальна напруга, кВ.

20 - номінальний струм відключення, кА.

1000 – номінальний струм.

У – вид кліматичного виконання.

2 – категорія розміщення.

Вакуумний вимикач ВБУ виготовляються із двома типами приводів, пружинно – моторними та електромагнітними. У кожного приводу є переваги та недоліки. Якщо аналізувати світовий досвід, у розподільних електричних мережах встановлені вакуумні вимикачі із пружинно-моторними приводами. Ці мережі характеризуються досить рідкісними комутаціями, але винятковими вимогами щодо надійності електропостачання споживачів. Пружинно-моторні приводи повністю відповідають цим вимогам, у них менший у порівнянні з електромагнітними приводами комутаційний ресурс, але забезпечене ручне включення вимикача під навантаженням, навіть при повній відсутності живлення на шинках управління, крім того пружинно-моторні приводи споживають для заводки пружини включення дуже маленький Струм 1,5 А, це спрощує схему ланцюгів вторинної комутації комірки і дозволяє обійтися без встановлення дорогих і потребують обслуговування акумуляторів або блоків аварійного живлення включення. Електромагнітні приводи застосовують там, де потрібний великий комутаційний та механічний ресурс і не вимагає додаткового обслуговування та регулювань у процесі всього терміну служби. Вимикач ВБУ має такі незаперечні переваги:

– універсальність – можливість встановлення електромагнітних чи пружинно – моторних приводів.

- можливість ручного включення вимикача під навантаженням.
- наявність вбудованих в привід вимикачів розчіплювачів.
- простота конструкції.
- висока надійність.
- легко вбудовується у різні типи КРУ.
- можливість установки приводу окремо від вимикача.
- високий комутаційний ресурс.
- гарне тепловідведення робочих поверхонь.
- найкраще серед усіх вітчизняних та зарубіжних вимикачів співвідношення «ціна – якість».

- вимикачі сертифіковані.

Умови експлуатації

1) вимикачі виготовляються у кліматичному виконанні У, категорія розміщення 2 за ГОСТ 15150-69;

2) вимикачі призначені до роботи на висоті над рівнем моря до 1000 м;

3) верхнє значення температури навколишнього повітря під час експлуатації плюс 50 град. З;

4) нижнє значення температури навколишнього повітря під час експлуатації мінус 60 град. З;

5) відносна вологість повітря за нормальної температури +25 град. 100% з конденсацією вологи;

6) атмосферні конденсовані опади – за умов випадання роси.



Рисунок 2.3 – Вакуумний вимикач ВБУЭ(П)3 – 10 – 20/1000У2

Пристрій та робота вимикача

Вимикач є апаратом триполюсного виконання з функціонально залежними полюсами з вбудованим приводом. Операції включення здійснюються приводом прямої дії з допомогою тягового зусилля електромагніта включення (вимикачів з електромагнітним приводом) чи приводом непрямої дії рахунок тягового зусилля пружини включення (вимикачів з пружинним приводом). Вимкнення вимикача (у тому числі автоматичне вимкнення при струмах короткого замикання або перевантаження) здійснюється за рахунок енергії, запасеної пружиною відключення вимикача при включенні.

Гасіння дуги у вимикачі здійснюється вакуумними дугогасними камерами (КДВ). Електрична дуга завдяки спеціальній формі контактів, що створюють власне поздовжнє (аксіальне) магнітне поле з дифузійною формою горіння дуги, розпадається і гаситься при переході струму через нуль. Завдяки високій електричній міцності вакуумного проміжку протягом часток секунди між контактами відновлюється напруга.

Вимикач складається із трьох полюсів, закріплених на корпусі приводу вимикача. Кожен полюс містить вакуумну дугогасну камеру, механізм додаткового підтискання контактів КДВ і струмовиводи.

1) Пружинний привід складається з електромагніту взводу пружини, пружини включення, електромагніта включення, блоку механічних засувок, демпфуючого гідравлічного пристрою, електромагніту відключення та аварійних розчіплювачів. Електрична схема блоку живлення та керування вимикачем зібрана на панелі, закріпленій у корпусі приводу.

2) Електромагнітний привід складається з електромагніту включення, блоку механічних засувок, гідравлічного пристрою, що демпфує, електромагніту відключення та аварійних розчіплювачів. Електрична схема блоку живлення та управління вимикачем зібрана на панелі, що закріплена в корпусі вимикача.

Увімкнення вимикача

У вихідному положенні контакти камери дугогасної вакуумної розімкнені, вимикач утримується пружиною у відключеному положенні.

1) Оперативне включення вимикача з пружинним приводом здійснюється натисканням кнопки «ВКЛ» або подачею напруги на електромагніт, при цьому пружина включення, попередньо зведена електромагнітом заводки або вручну, повертає вал приводу. Важелі, пов'язані з валом тяговими ізоляторами, замикають контакти КДВ і створюють зусилля підібгання контактів КДВ. Одночасно при повороті валу проводиться взвод пружини, що відключає, перемикає блок-контактів вузла контактної і постановка на механічну клямку. Відбувається увімкнення вимикача. Після увімкнення вимикача автоматично подається команда на електромагніт взводу пружини увімкнення. Включений вимикач із зведеною пружиною включення дозволяє виконати цикли АПВ:

Для ручного вмикання вимикача з пружинним приводом необхідно попередньо важелем звести пружину, що включає. Після цього проводиться як оперативне, і неоперативне включення вимикача натисканням на кнопку «ВКЛ».

2) Оперативне включення вимикача з електромагнітним приводом проводиться подачею напруги на електромагніт, якір електромагніту втягується і повертає вал приводу. Важелі, пов'язані з валом тяговими ізоляторами, замикають контакти КДВ і створюють зусилля підібгання контактів КДВ. Одночасно при повороті валу проводиться взвод пружини, що відключає, перемикає блок контактів вузла контактної і постановка на механічну клямку. Відбувається увімкнення вимикача.

Ручне неоперативне включення вимикача з електромагнітним приводом здійснюється поворотом важелем вала.

Увімкнення вимикача з електромагнітним приводом під навантаження забороняється!

Вимкнення вимикача

При подачі сигналу на електромагніт відключення або аварійного сигналу на один з розчіплювачів максимального струму або на розчіплювач мінімальної напруги або на розчіплювач від незалежного джерела струму тяги електромагнітів впливають на клямку. Блок клямок звільняє вал приводу. За рахунок енергії, запасеної пружинами підібгання контактів КДВ блоків дугогасних і пружини, що відключає, вал приводу вимикача повертається у вихідне положення. Відключається вимикач. Механізм приводу підготовлений до увімкнення.

Ручне оперативне та неоперативне відключення вимикача здійснюється червоною кнопкою «ВІДКЛ», розташованою на панелі вимикача.

Вимоги до надійності

1) ресурс з механічної стійкості вимикача:

- з електромагнітним приводом – 50 000 циклів В–тн–О;
- із пружинним приводом – 25 000 циклів В–тн–О;

2) ресурс з комутаційної стійкості при навантажувальних струмах для вимикача:

- з електромагнітним приводом – 50 000 циклів В–тн–О;
- із пружинним приводом – 25 000 циклів В–тн–О;

3) ресурс з комутаційної стійкості при номінальному струмі відключення – 150 циклів;

4) термін служби вимикачів до середнього ремонту щонайменше 12 років;

5) термін служби до списання – 30 років.

Примітка: Термін служби вказаний для вимикачів, у яких не вичерпано ресурсу з комутаційної або механічної стійкості.

Таблиця 2.2

| | |
|--|------------------------|
| Номінальна напруга, кВ, кВ | 10 |
| Найбільша робоча напруга, кВ, кВ | 12 |
| Номінальний струм, А | 1600 (630, 1000, 1250) |
| Номінальний струм відключення, кА | 20 (31,5) |
| Наскрізний струм короткого замикання: - Струм електродинамічної стійкості, кА; - Струм термічної стійкості, кА; - час протікання струму термічної стійкості, | 51 20 3 |
| Власний час включення, мс, трохи більше: - електромагнітним приводом; - пружинно-магнітним приводом | 70 50 |
| Власний час відключення, мс, не більше | 40 |
| Повний час відключення, мс, не більше | 60 |
| <i>Розчіплювач мінімальної напруги:</i> | |
| - Номінальна напруга; | 100 В змінного струму |
| - Напруга спрацьовування; | от 0,35 до 0,5 |

| | |
|--|---|
| | номінального струму |
| - Напруга повернення; | не більше 0,85 номінального струму |
| - Витримку часу спрацьовування при повному знятті напруги (залежно від величини підключеної ємнісної батареї, що входить до складу вимикача); | 0,8 с або 1,6 с або 2,4 с або 3,2 с або 4 с |
| - відхилення часу спрацьовування щодо середнього значення при повному знятті напруги, не більше; | $\pm 0,3$ с |
| - споживання потужності при підтягнутому якорі та при номінальній напрузі, ВА, не більше | 30 |
| Розчіплювач із живленням від незалежного джерела: - номінальна напруга живлення постійного струму; - Струм споживання при номінальній напрузі | 220 В; ~ 220 В не більше 0,45 А; 2,0 А |
| Розчіплювач максимального струму: - Спрацьовування струму, А - споживання потужності при непідтягнутому якорі, ВА | 3 або 5 не більш 40 |
| Пружинний привід: | |
| Струм споживання електромагніту включення та відключення: - при номінальній напрузі 220 В змінного струму, А; - при номінальній напрузі 220 Постійного струму, А; - при номінальній напрузі 110 В постійного струму, А | 2 0,45 или 1,5 0,9 или 3,0 |
| Струм споживання електромагніту взводу пружини: - при номінальній напрузі 220 В, постійного та змінного струму, А; - при номінальній напрузі 110 В постійного струму, А; - час заводки, що включає пружини, з | 3,0 6 15 |

| | |
|--|----------------------------------|
| Електромагнітний привід: | |
| Струми споживання електромагніту включення: - при номінальній напрузі 220 В змінного та постійного струму, А - при номінальній напрузі 110 В постійного струму, А | 35 70 |
| Струми споживання електромагніту відключення: - при номінальній напрузі 220 В змінного струму, А - при номінальній напрузі 220 В постійного струму, А - при номінальній напрузі 110 В постійного струму, А | 2 0,45 или 1,5 0,9 или 3,0 |
| Маса вимикачів повинна бути не більше: - Стаціонарного виконання, кг; - Викочування, кг | 120 200 |

Порівняльний аналіз вимикачів наведено у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Порівняльний аналіз вимикачів

| Параметр | ВВ/TEL-10-20/1000У2 | ВБУ-10-20/1000У2 |
|--|---------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Номінальна напруга, кВ | 10 | 10 |
| Номінальний струм, А | 1000 | 1000 |
| Номінальний струм відключення, кА | 20 | 20 |
| Струм електродинамічної стійкості, кА | 51 | 52 |
| Власний час відключення, 3 мах | 0,015 | 0,03 |
| Повний час відключення, 3 мах | 0,025 | 0,07 |
| Власний час включення, 3 мах | 0,07 | 0,03 |
| Механічний ресурс цикл включено-вимкнено | 50000 | 50000 |
| Комутаційний ресурс цикл «включено-відключено» | | |

| | | |
|-------------------------------------|-------|-------|
| При номінальному струмі | 50000 | 50000 |
| При номінальному струмі відключення | 100 | 100 |
| Маса, кг | 35 | 69 |

Як видно з таблиці вимикачі мають практично однакові технічні характеристики і вибір доводиться обґрунтовувати виходячи з експлуатаційних та економічних міркувань.

Полюс вакуумного вимикача марки ВБУ має розбірну конструкцію, тобто він більш ремонтпридатний. У вакуумних вимикачів марки ВВ/TEL по фазні електромагнітні приводи, що ускладнює та подорожчає конструкцію. Як зазначено в інструкції до вакуумного вимикача марки ВБУ, він не вимагає додаткових регулювань протягом усього терміну служби (так само у разі зносу контактів). Дуже важливо, що цей вимикач забезпечує повітряну ізоляцію між верхнім і нижнім струмозніманням камери, що дозволяє виготовити виключно збалансовану по тепловідводу конструкцію. Вимикач марки ВБУ вибираємо з електромагнітним приводом, оскільки він дешевший, а поступається він вимикачу із пружинно-моторним приводом тільки тим, що включити його можна під навантаженням навіть за відсутності оперативного струму, але це більше застосовується на підстанціях, де присутні споживачі 1-ї категорії на проектуваному підприємстві всі споживачі 2-ї категорії.

Після порівняння варіантів вирішуємо використовувати вакуумні вимикачі марки ВБУЕЗ-10-20/1000У2 з електромагнітними приводами.

Принцип роботи електромагнітного приводу:

Вмикаємо автоматичний вимикач SF, так як вакуумний вимикач відключений його блок-контакти Q4 замкнуті, спрацьовує реле від повторного включення яке розмикає свої контакти, що розмикає, і замикає замикаючі контакти, готується ланцюжок для включення вакуумного вимикача. Замикаємо роз'ємне з'єднання X1 по ланцюжку подається живлення на діодний місток VZ2, випрямлену напругу надходить на контактор КМ1, який у свою чергу замикає контакти ланцюга електромагніту включення УАС вимикач

вмикається. Підготовляючи своїми блок-контактами ланцюжок на відключення ланцюга електромагніту відключення УАТ.

РОЗДІЛ 3

ВИБІР І ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ПІДСТАНЦІЇ

Апарати, ізолятори та провідники первинних ланцюгів повинні задовольняти такі загальні вимоги:

- необхідна міцність ізоляції для надійної роботи у тривалому режимі та при короткочасних перенапругах.

Для вибору економічно доцільного рівня ізоляції необхідно враховувати умови її роботи, номінальну та найбільшу робочу напругу електроустановки та розглянути засоби захисту ізоляції від перенапруги.

- допустиме нагрівання струмами тривалих режимів.

Розрахункові робочі струми приєднання в нормальному та форсованому режимах не повинні перевищувати номінальний тривалий струм апарату.

- стійкість у режимі короткого замикання.

В установках напругою вище 1000 В за режимом короткого замикання слід перевіряти: електричні апарати, провідники, опорні та несучі конструкції для них. Перевірка проводиться на термічну та динамічну стійкість до впливу струмів короткого замикання.

- техніко-економічна доцільність;

- відповідність навколишньому середовищу та роду установки;

- достатня механічна міцність.

3.1 Вибір вимикачів

Вимикач – це комутаційний апарат, призначений для увімкнення та відключення струму.

Вимикач є основним апаратом в електричних установках, він служить для відключення та включення в ланцюги в будь-яких режимах: тривале навантаження, перевантаження, коротке замикання, холостий перебіг, несинхронна робота. Найбільш важкою та відповідальною операцією є відключення струмів короткого замикання та включення на існуюче коротке замикання.

Перевіряємо правильність вибору вакуумного вимикача ВБУЕЗ-10-20/1000У2 (технічні дані дивись розділ порівняння технічних характеристик вакуумних вимикачів).

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою, номінальним струмом, і по струму відключення, крім того високовольтні вимикачі перевіряють на електродинамічну та термічну стійкість. Таким чином, повинні дотримуватись умов:

$$U_{н.а} \geq U_{н.уст.} \quad (3.1)$$

Де $U_{н.а}$ – номінальна напруга вимикача

$U_{н.уст.}$ – номінальна напруга установки

$$I_{н.а.} \geq I_{р.форс} \quad (3.2)$$

Де $I_{н.а.}$ – номінальний струм вимикача

$I_{р.форс}$ – струм у ланцюгу у форсованому режимі

$$I_{р.форс} = 1,5 I_n = 1,5 \times 229 = 343,5 \text{ А}$$

$$I_{н.від.} \geq I_{от.} \quad (3.3)$$

Де $I_{н.від.}$ – номінальний струм відключення вимикача

$I_{от}$ - розрахунковий струм відключення рівний струму короткого замикання

$$i_{уд.3} \leq i_{мах} \quad (3.4)$$

Де $i_{уд.3}$ - ударний струм трифазного короткого замикання у місці встановлення вимикача

$i_{мах}$ – амплітудне значення наскрізного струму короткого замикання, гарантоване заводом-виробником

$$W_k \leq I_{т.н.}^2 \times t \text{ т.зв.} \quad (3.5)$$

Де W_k – тепловий імпульс струму, що характеризує кількість теплоти, виділену в апараті під час короткого замикання

$$W_k = (I_k(3))^2 \times t_k = 4,73^2 \times 1,4 = 6,622 \text{ кА}^2 \times \text{с}$$

$I_{т.н.}$ – номінальний допустимий струм термічної стійкості вимикача протягом часу t т.зв.

t т.зв - номінальний час термічної стійкості вимикача при протіканні струму $I_{т.н.}$

$$I_{т.н.}^2 \times t \text{ т.зв.} = 202^2 \times 3 = 1200 \text{ кА}^2 \times \text{с}$$

Таблиця 3.1 – Результати вибору вакуумного вимикача

| Умови вибору | Розрахункові дані мережі | Каталожні дані вакуумного вимикача |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| $U_{н.а} \geq U_{н.уст.}$ | 6,3 кВ | 10 кВ |
| $I_{н.а.} \geq I_{р.форс}$ | 343,5 А | 1000 А |
| $I_{н.от.} \geq I_{от.}$ | 4,73 кА | 20 кА |
| $i_{уд.}^3 \leq i_{маx}$ | 10,03 кА | 52 кА |
| $B_k \leq I_{т.н.}^2 \times t_{т.н.}$ | 6,622 кА ² ×с | 1200 кА ² ×с |

Вибраний вимикач підходить за всіма умовами

Аналогічно перевіряємо правильність вибору встановлених на стороні 35 кВ роз'єднувачів РЛНДЗ-35/600, результати перевірки зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 Результати вибору роз'єднувачів

| Умови вибору | Розрахункові дані мережі | Каталожні дані роз'єднувача РЛНД-35/600 |
|---------------------------------------|--------------------------|---|
| $U_{н.а} \geq U_{н.уст.}$ | 35 кВ | 10 кВ |
| $I_{н.а.} \geq I_{р.форс}$ | 61,8 А | 600 А |
| $I_{н.от.} \geq I_{от.}$ | 2,33 кА | 25 кА |
| $i_{уд.}^3 \leq i_{маx}$ | 5,93 кА | 31 кА |
| $B_k \leq I_{т.н.}^2 \times t_{т.н.}$ | 3,26 кА ² ×с | 25 кА ² ×с |

Встановлені роз'єднувачі підходять за всіма умовами.

3.2 Конструкція вимикача.

Вимикач складається із трьох полюсів, електромагніта, основного вала, рами, тяги, плати ланцюгів керування, плати ланцюгів захисту, плати конденсаторів. у вимикачах серії ВР0 крім перерахованого вище встановлена пружина, що *відключає*.

Привод вимикання - багатофункціональний електромагніт, що виконує наступні функції:

- Забезпечує надійне й стабільне включення вимикача з нормованими параметрами;
- Забезпечує надійне й стабільне відключення вимикача з нормованими параметрами, без пружини відключення;
- Надійно фіксує вмикач за допомогою «магнітної засувки» в обох крайніх положеннях;
- Забезпечує ручне нормоване відключення.

Полюси вимикача кинематично з'єднані з електромагнітом через основний вал і тягу.

На рамі вимикача встановлений лічильник ходів, з'єднаний пружиною з основним валом.

Блок-контакти положення вимикача Q1, Q2, Q3 установлені на рамі вимикача.

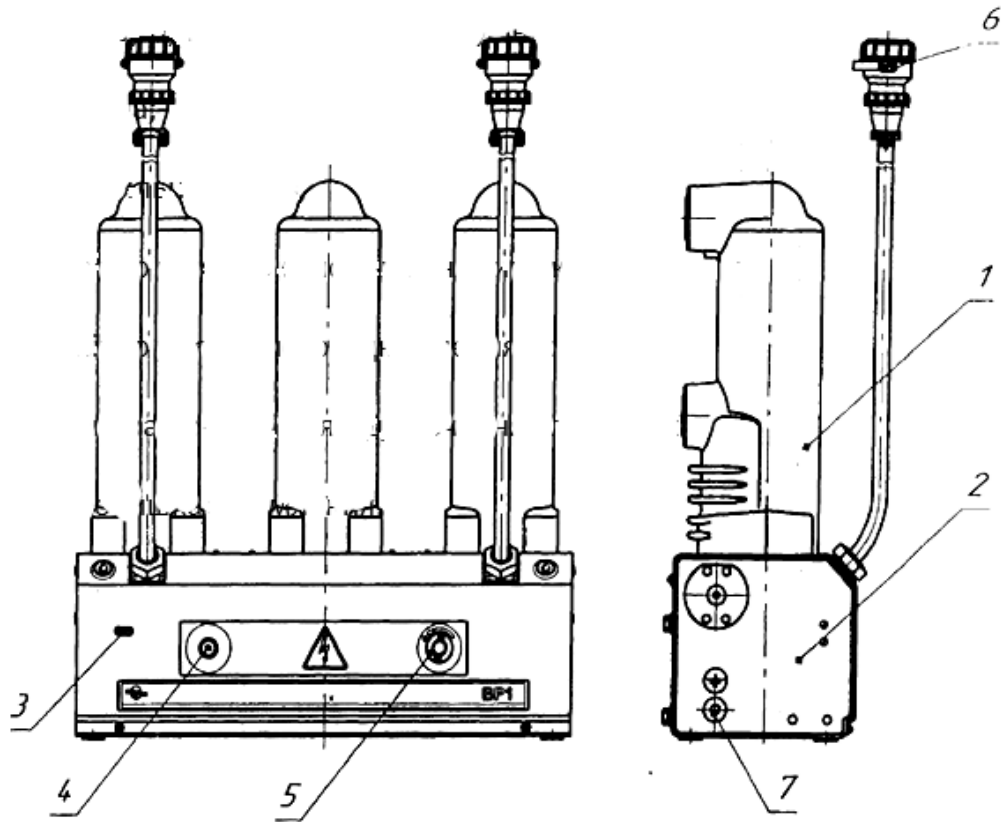


Рисунок 3.1 – Вакуумні вимикачі серії ВР

1-полюс; 2-рама; 3-лічильник ходів; 4-вікно показника положення вимикача; 5-вікно для ручного відключення вимикача; 6-вилка роз'єма для підключення вторичних кіл; 7-бобишка заземлення.

3.3 Конструкція полюса вимикача

Кожний полюс складається з вузлів і деталей (малюнок 3.2), ізоляційного корпусу *1*, вакуумної дугогасильної камери *2*, гнучкого з'єднання *3*, верхнього *4* і нижнього *5* контактів і тяги *6*. Тяга полюса складається з ізоляційної частини й вставки з набором тарілчастих пружин піджаття *7*, які забезпечують додаткове піджаття торцевих контактів ВДК.

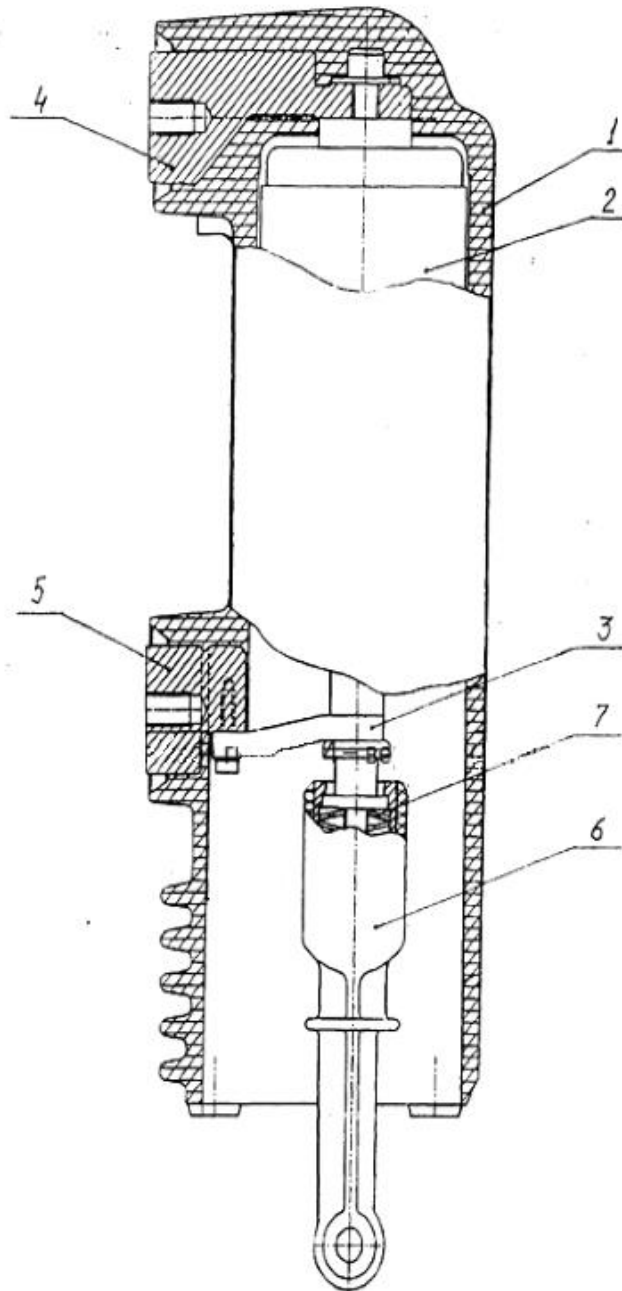


Рисунок 3.2

3.4 Конструкція електромагніта

Приводом вимикача є зазначений на рисунку 3.2. він складається з котушки включення 1, котушки відключення 2, пластин муздрамтеатру 3, опорних пластин 20...23...23,якоря 5, постійних магнітів 6, вставки включення 7 і відключення 8, серг 9, стійки 10, осі 11, пальців 12, проміжного вала 13, підшипників 14, роликів 15, механізму ручного

відключення 16 і механічного блокування включення Постійні магніти 6 утримують вимикач у крайніх положеннях за рахунок «магнітної засувки», а саме замикає магнітний ланцюг включення або відключення якорем 5 відповідно.

Таблиця 3.3 – Дані котушок відключення.

| Уном, В | Найменування котушок | Діаметр привода, мм | Кількість витків | Опір, Ом |
|------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| 220 | Включення | 0,8 | 1200 | 13±1,3 |
| 220 | Відключення | 0,8 | 800 | 7,5±0,7 |

Механізм блокування 17 (рисунок 3.3) виконує функцію блокування включення. Він складається зі скоби, штока 18 і пружини, що втримує шток у нижнім розблокованому положенні. У реле вимикання є отвір напроти штока. Якщо через зазначений отвір нажати на шток і перемістити його у верхнє положення, то відбудеться механічне блокування вимикача.

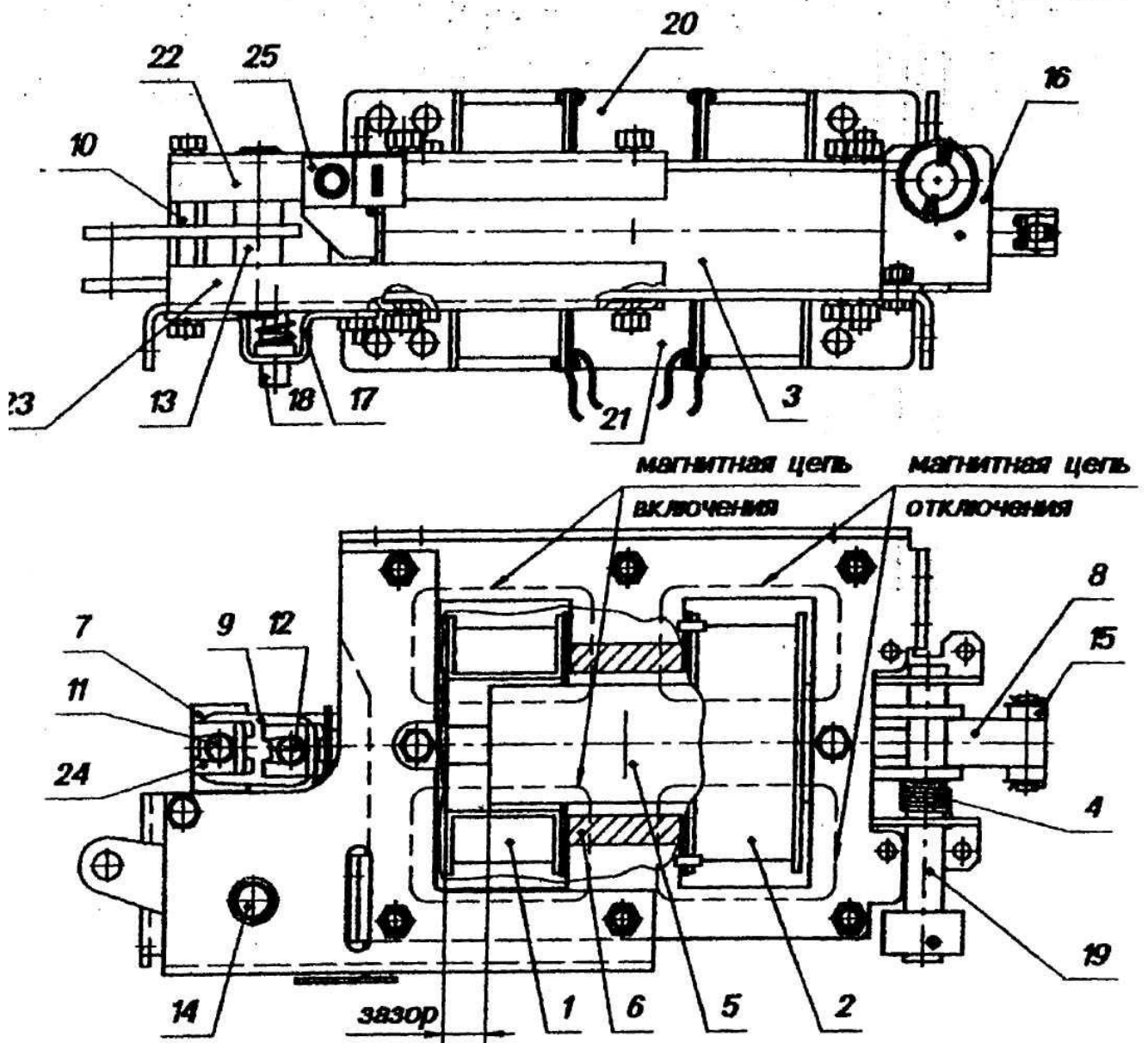


Рисунок 3.3 – Електромагніт вимикача

3.5 Включення вимикача

При подачі в ланцюг 1-2 у момент часу t_0 команди «включити» спрацьовує КМ і в t_1 замикає свої контакти пропускаючи струм через котушку включення Y_A електромагніта. Струм наростає, в t_2 якір електромагніта починає із прискоренням рухатися, включаючи вимикач. При цьому внаслідок виникнення ЕДС струм в Y_A досягає максимуму й починає зменшуватися. Одночасно через контакти КМ іде розряд конденсатора C_7 . в t_3 замикаються контакти вакуумної камери. При подальшому русі електромагніт робить необхідне піджаття контактів вакуумної камери через тарілчасті пружини, вмонтовані в тягу полюси. У t_4 магнітний ланцюг електромагніта замикається, і рух якоря

припиняється, ЕДС зникає, і струм знову наростає.

Під час руху якоря блок-контакти розмикаються й живлення котушки КМ припиняється, але його відпадиння відбувається з витримкою через шунтуючий ланцюг R4 – VD1. Розмикання контактів контактора настає в момент часу t_5 , тому що на конденсаторі C7 напругу дорівнює 0, то КМ зашунтовані конденсатором розмикання без дуги. Що приводить до швидкого зменшення струму в котушці УАС. Струм припиняється в момент часу t_6 . включення завершено. Вимикач фіксується за допомогою «магнітної засувки».

3.6 Відключення вимикача

При подачі в ланцюг 9-10 у момент часу t_7 команди «відключити» спрацьовує КТС і через свій контакт включає вихідні реле KL1 і KL2 у момент часу t_8 із затримкою, які розряджають попередньо заряджені C2...C6 на котушку УАТ. Струм в УАТ наростає й разом з тим наростає сила, що діє на якір і прагнути зірвати його з «магнітної засувки». У t_9 якір під дією сили виникаючої внаслідок розряду C, і сили тарілчастих пружин поджаття починає із прискоренням рухатися в напрямку відключення вимикача.

У t_{10} розмикаються контакти вакуумної камери. У t_{11} якір по інерції переходить у крайнє праве положення й надійно фіксується у відключеному

положенні за допомогою «магнітної засувки». Під час руху якорі розмикаються блок-контакти, живлення КСТ припиняється й розмикає свій контакт. Після цього припиняється живлення котушок реле KL і KL2 і їхні контакти розмикають ланцюг розрядки C2...C6 на котушку УАТ. Для поліпшення комутації контакти KL1 і KL2 зашунтовані ланцюгами C12-VD30 і C11-VD8 відповідно.

Вихідні реле KL1 і KL2 спрацьовують при подачі команди відключити з витримкою часу, що обумовлена зарядом C1. це необхідно для того, що б включенні струмів короткого замикання процентний вміст аперодичної складової не перевищувало припустимої величини й щоб забезпечити нормальну роботу вимикача в циклах ВО.

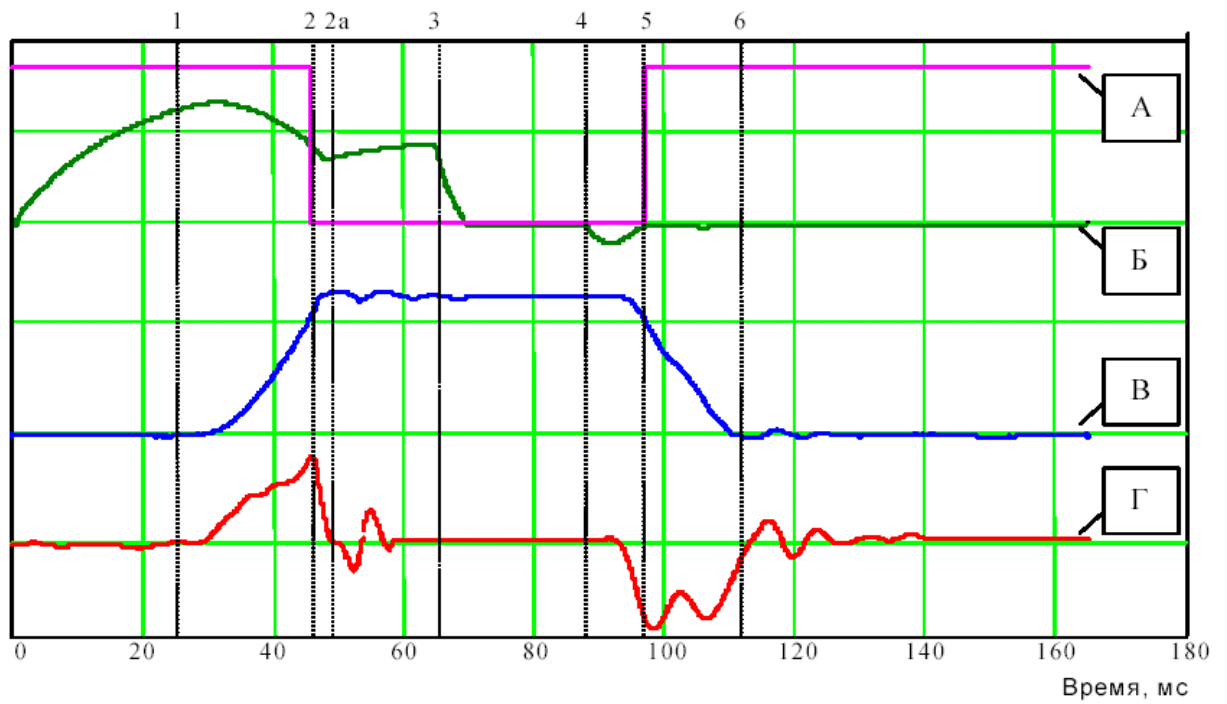


Рисунок 3.4 – Характер зміни фізичної величини під час включення та відключення вимикача на осцилографі

А-Стан головних контактів полюса

Б-Струм котушки приводу полюса

В-Переміщення якоря приводу

Г-Швидкість руху якоря

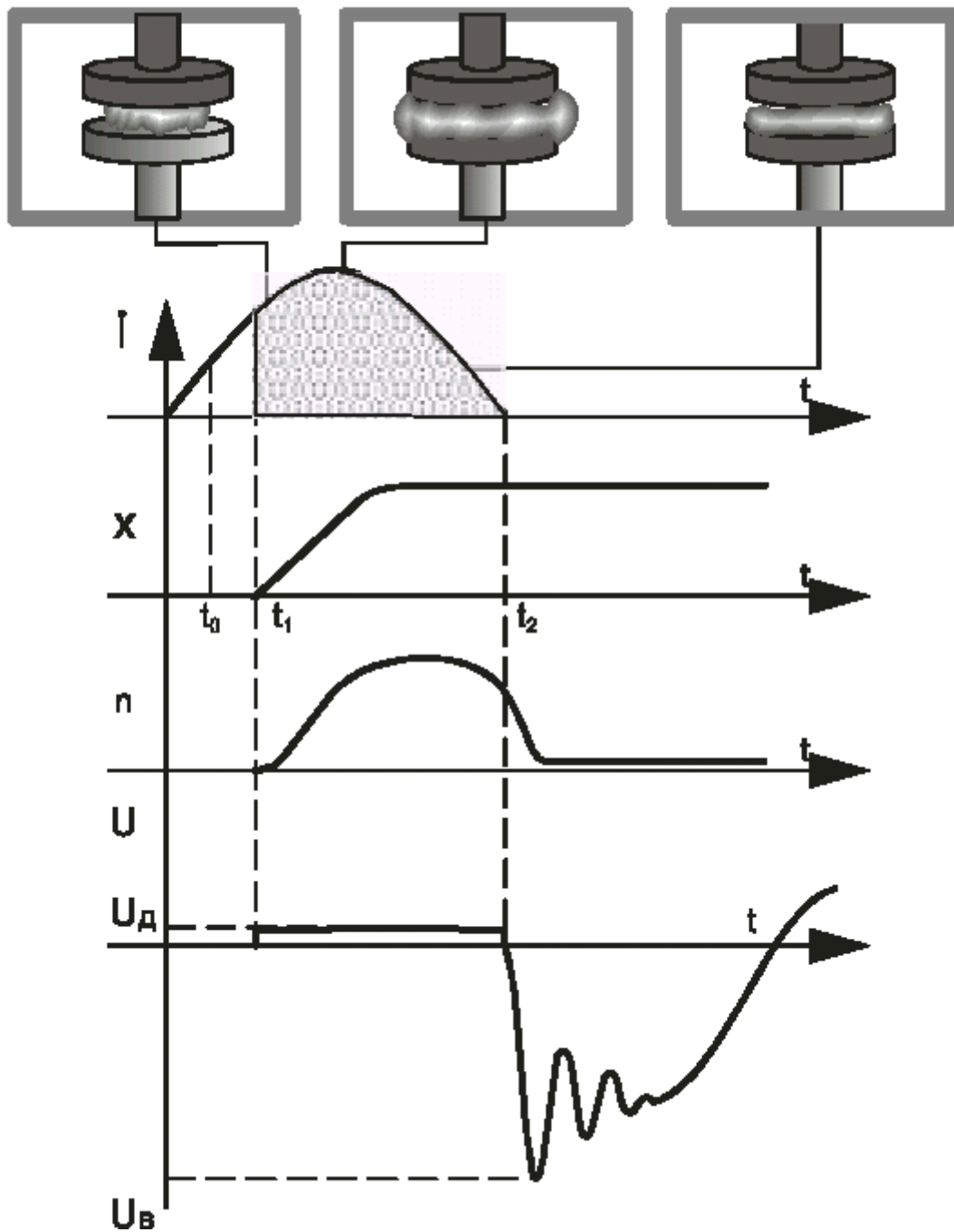


Рисунок 3.5 - Характер зміни фізичної величини під час включення та відключення вимикача на графіку:

i – відключаємий струм; X – хід контактів; n – концентрація іонізованих парів металу; U – напруга на проміжку; U_d – падіння напруги на дузі;
 U_B – відновлювальна напруга; t_0 – момент подачі команди на відключення

3.7 Блокування повторного включення

Суть блокування в тім, що при збереженні команд «включити» і одночасній команді «відключити» вимикач відключиться й повторно не ввімкнеться. При подачі команди «включити» у ланцюг 1-2 наприкінці

включення спрацьовує реле КВ і своїм контактом стає на саможивлення перебуваючи у включеному положенні увесь час поки зберігається команда «включити». Реле КВ своїм контактом розмикає живлення котушки контактора КМ тим самим блокує повторне включення вимикача. Для здійснення повторного відключення необхідно зняти команду «включити», а потім знову її подати.

3.8 Робота вимикача

У відключеному положенні вимикача контакти вакуумних дегазительних камер розімкнуті, якір електромагніта втримується в крайнім відключеному положенні за допомогою магнітної засувки.

У цьому положенні на якір діють сили: втягування трьох ВДК (атмосферний

тиск) і сила постійних магнітів, спрямована в протилежну сторону.

У відключеному положенні блок контакти Q1, Q2, Q3 основні вали й перебувають у вільному стані в крайнім верхнім положенні.

У ввімкненому положенні вимикача якір електромагніта втримується силою притягання постійного магніту («магнітною засувкою»). У цьому положенні контакти ВДК замкнуті й піджаті через тарілчасті пружини піджаття. У цьому положенні на якір діють сила втягування ВДК, сила дії магнітної засувки, сила тарілчастих пружин піджаття, спрямована в протилежну сторону. Вимикач надійно фіксується у ввімкненому положенні навіть в умовах ударів і вібрації. У ввімкненому положенні вакуумного вимикача блок-контакти перемикаються.

3.9 Вмикання вакуумного вимикача

Для вмикання вакуумного вимикача необхідно через котушку включення пропустити постійний струм, при якому сила дії в магнітному ланцюзі включення, не дивлячись на великий зазор між якорем і магнітопроводом

перевищить силу притягання постійними магнітами якоря й магнітного ланцюга відключення, де такий зазор відсутній.

Як тільки сила тяги досягне достатньої величини (величини рушання) якір

електромагніта починає із прискоренням рухатися, що пускає в хід весь кінематичний ланцюг вимикача. Якір вставкою через проміжний вал діє на тягу. Тяга, пов'язана з основним валом, повертає його. При цьому ізоляційні тяги полюсів, закріплені на важелях основного вала, починають рухатися нагору. По силі замикання контактів ВДК пружини поджаття, установлені в ізоляційних тягах починають стискуватися. Торкання якоря магнітопровода вказує, що вимикач включений, відбувається його фіксація в цьому положенні «магнітною засувкою». Чим менше стає зазор між якорем і магнітопроводом, тим більше сила тяги постійних магнітів.

Отже включення вимикача відбувається в результаті спільної дії магніторухійної сили котушки включення зі струмом і дії постійних магнітів, що мають більшу енергоємність. При цьому покажчик положення вимикача переміщається разом з якорем електромагніта й у вікні фасадної перегородки з'являється напис «ВКЛ».

3.10 Відключення вимикача

Для відключення вимикача необхідно через котушку відключення електромагніта пропустити постійний струм у напрямку, при якому сила дії на якір перевищить результуючу силу втримання «магнітної засувки». Сила втримання у включеному положенні рівняється різниці між силами притягання постійних магнітів, напруги ВДК трьох полюсів і силою трьох груп пружин поджаття полюсів вимикача.

Після цього якір електромагніта починає рухатися. На першій ділянці руху головні контакти ВДК продовжують бути замкнутими, а стиск тарілчастих пружин піджаття розтискаються й тим самим забезпечують необхідну початкову швидкість головних контактів вимикача під час процесу дугогасіння.

Після того як пружини піджаття розжилися на величину ходу пружин піджаття починають розмикатися контакти ВДК і починає відбуватися процес гасіння електричної дуги.

При тім одночасно рухається проміжний вал, тяга, основний вал і ізоляційні тяги полюсів. Важелі на основному валу діють на шток блок-контактів положення вимикача Q1, Q2, Q3 і їхні контакти перемикаються.

Процес відключення закінчується тим, що яркір електромагніта замикає собою магнітний ланцюг відключення електромагніта й тим самим чітко фіксує вакуумний вимикач у відключеному положенні «магнітною засувкою» яку забезпечують постійні магніти електромагніта. Показчик положення вимикача при цьому переміщається разом з якорем і у вікні фасадної перегородки з'являється напис «ОТКЛ».

3.11 Вимоги до електроприводу, обґрунтування вибору типу електродвигунів, системи електроприводу, блокування, засобів автоматичності

Для механізмів компресорів типовий тривалий режим роботи, як правило, нереверсивний, з рідкими пусками. Він має невеликі пускові статичні моменти.

Залежно від призначення, потужності й характеру виробництва компресори можуть вимагати невеликого, але постійного подрегулювання продуктивності при відхиленні параметрів повітря або газу від заданих значень, або ж регулювання в широких межах. Продуктивність можна змінювати двома способами:

1. Зміною кутової швидкості приводного двигуна;
2. Зміною опору магістрального трубопроводу за допомогою засувки або клапана.

Так як до електропривода компресора не пред'являються особливі вимоги (можливість регулювання частоти обертання в широких межах, жорсткість механічної характеристики), в якості приводного вибираємо синхронний двигун.

Компресорні установки досить просто піддаються автоматизації шляхом застосування спеціальних апаратур, що дає сигнал про зміну режиму роботи й робить відповідні перемикання в схемі керування без участі робочого персоналу.

Датчиками автоматичного керування служать:

- контакти схеми КІП, які сигналізують про нормальну роботу системи вентиляції й відхиленні технологічного процесу;

– контакти манометрів SP1 й SP2, що контролюють тиск масла в мастилопроводі рідинного регулятора ковзання, що замикаються при тиску масла $4,3 \leq P \leq 6,5$ атм.

3.12 Розрахунок потужності з використанням ЕОМ і вибір електродвигунів

Потужність електродвигуна компресора визначаємо за наступним даними: $Q=5.5 \text{ м}^3/\text{с}$; $A=430 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{м}^3$.

Потужність електродвигуна компресора визначаємо по формулі:

$$P_{\text{расч}} = K_3 \cdot Q \cdot A \cdot 10^{-3} / (\eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{к}}), \quad (3.16)$$

де $K_3=1.2$ – коефіцієнт запасу;

Q – продуктивність компресора, $\text{м}^3/\text{с}$;

A – робота зі стиску, $\text{Дж}/\text{м}^3$;

$\eta_{\text{к}}=0.967$ – ККД компресора;

$\eta_{\text{п}}=0.8$ – ККД передачі.

$$P_{\text{расч.}} = 1.2 \cdot 5.5 \cdot 430 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} / (0.967 \cdot 0.8) = 3668.56 \text{ кВт.}$$

Становимо програму й робимо розрахунок потужності електродвигуна компресора на ЕОМ. Розрахунок додається.

```
10 LPRINT «Розрахунок потужності електродвигуна компресора»
```

```
20 LPRINT «Уведіть дані:  $K_3$ ,  $Q$ ,  $A$ ,  $N_{\text{к}}$ ,  $N_3$ »
```

```
30 INPUT  $K$ ,  $Q$ ,  $A$ ,  $N_{\text{к}}$ ,  $N_3$ 
```

```
40 LET  $P=K*Q*A/(1000* N_{\text{к}} * N_3)$ 
```

```
50 LPRINT «Потужність електродвигуна компресора  $P=$ »,  $P$ 
```

```
60 END
```

Розрахунок потужності електродвигуна компресора

Введіть дані: $K_3=1.2$, $Q=5.5$, $A=430 \cdot 10^3$, $N_{\text{к}}=0.967$, $N_3=0.8$

Потужність електродвигуна компресора $P=3668.56$

Вибір типу електродвигуна робимо для електропривода компресора, тому що електропривод компресора високовольтний вибираємо синхронний двигун,

для вибухонебезпечного середовища класу 2 зі ступенем захисту оболонки 1E_{xр}2BT3.

Для синхронних двигунів виконується перевірка на входження в синхронізм, що розглядається в розділі 1.6, а тому що двигун синхронного компресора працює в тривалому режимі, то перевірку за нагріванням виконувати не потрібно.

Вибираємо синхронний двигун типу СТДМП4000-2 (рис. 3.6).

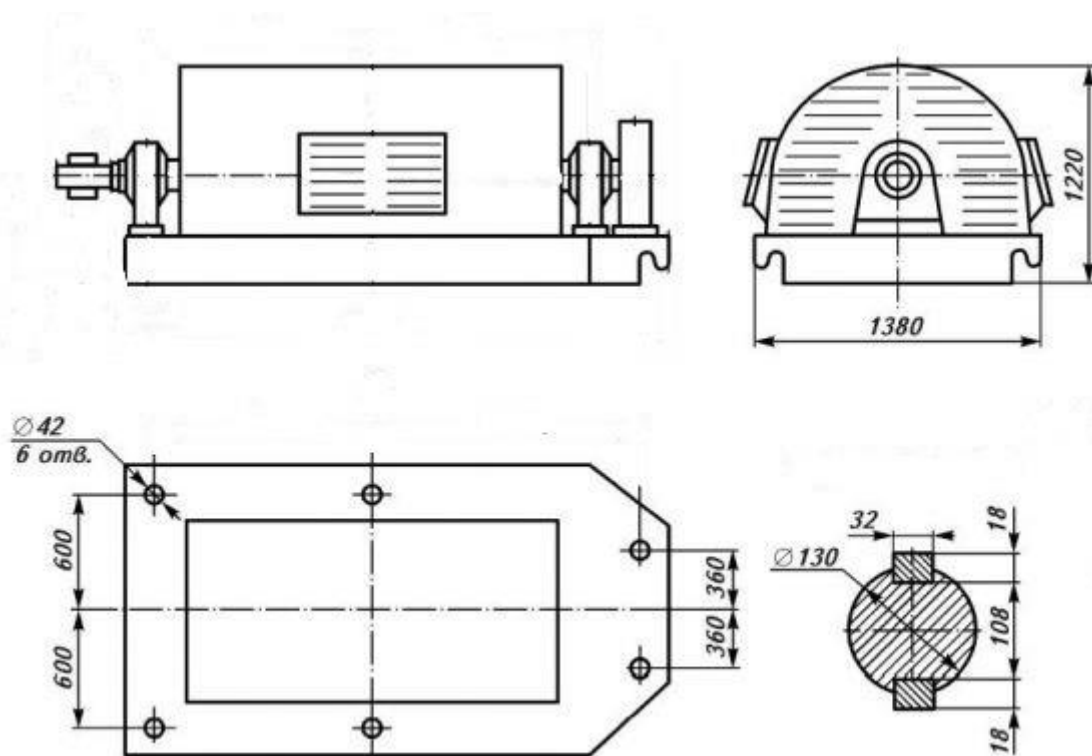


Рисунок 3.6 – Синхронний двигун типу СТДМП4000-2

Дані двигуна заносимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4– Технічні дані електродвигуна

| Тип двигуна | Потужність, кВт | Напруга, В | η % | n , об/хв | $\cos\varphi$ | I_k/I_H | M_{\max}/M_H |
|-------------|-----------------|------------|----------|-------------|---------------|-----------|----------------|
| СТДМП4000-2 | 4000 | 6000 | 96,7 | 3000 | 0,9 | 6,69 | 2,38 |

3.13 Перевірочні розрахунки вибраних електродвигунів

Перевірка синхронного двигуна на входження в синхронізм здійснюється на підставі даних типових кривих $S=f(I^0)$ і $S=f(M^0)$. Становимо таблицю типових кривих.

Таблиця 3.5 – Дані типових кривих

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,013 |
| I | 1 | 0,94 | 0,87 | 0,75 | 0,67 | 0,54 | 0,4 | 0,25 | 0,198 |
| M | 1 | 0,96 | 0,9 | 0,81 | 0,657 | 0,515 | 0,4 | 0,3 | – |

Реактивний опір двигуна в процесі пуску зміниться, збільшуючись від сверхперехідний до сталої величини, тому, користуючись таблицею 2.3, визначаємо дійсне значення струмів $I=I_n \cdot I_{\text{таб}}$ при різних значеннях ковзання, а потім по формулі $x=1/I$ визначаємо опір електродвигуна. Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.4. Пуск двигуна здійснюється без струмообмежуючих пристроїв.

Таблиця 3.6 – Розрахункові дані струму й опору

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |
| I | 6,69 | 6,29 | 5,82 | 5,02 | 4,48 | 3,61 | 2,68 | 1,67 |
| X | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,2 | 0,22 | 0,277 | 0,37 | 0,6 |

Аналогічно розрахунку пускового струму, користуючись даними таблиці 2.3, визначаємо дійсні значення моменту при різних ковзаннях. Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 3.7 – Розрахункові дані моменту

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |
| M | 2,38 | 2,28 | 2,14 | 1,93 | 1,56 | 1,23 | 0,95 | 0,71 |

Визначаємо відносне значення реактивного опору живильної лінії:

$$x_l = \frac{\Delta x \cdot L \cdot S_{\sigma}}{n \cdot V_{\sigma}^2}, \quad (3.17)$$

де Δx – питомий реактивний опір, $\Delta x = 0,08 \text{ Ом/км}$;

L – довжина живильної лінії, км;

S – базисне значення потужності двигуна, $S_{\sigma} = 4.44 \text{ МВА}$;

V_{σ} – базисна напруга, $V_{\sigma} = 6 \text{ кВ}$;

n – число ліній, $n = 1$.

$$x_l = \frac{0,08 \cdot 0,1 \cdot 4.44}{1 \cdot 6^2} = 0,000978$$

Визначаємо відносний реактивний опір системи:

$$x_c = \frac{P_n}{\eta_n \cdot \cos \varphi \cdot S_{кз}}, \quad (3.18)$$

На підставі отриманих дані, визначаємо напругу на затискачах двигуна в період пуску по формулі:

$$V^0 = \frac{x}{x + x_l + x_c}, \quad (3.19)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 3.8 – Розрахункові дані напруги V

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |
| V | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,81 | 0,82 | 0,85 | 0,89 | 0,93 |

Визначаємо момент, що розвиває електродвигун у момент пуску:
 $M_{дв} = V^2 \cdot M$. Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Розрахункові дані моменту $M_{дв}$

| | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|

| | | | | | | | | |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| $M_{дв}$ | 1,37 | 1,35 | 1,3 | 1,27 | 1,05 | 0,89 | 0,75 | 0,61 |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|

Для перевірки двигуна на умову входження в синхронізм будемо характеризувати статичного моменту:

$$M_c = M_0 + (M_0 + M_{сн}) \cdot \omega^2, \quad (3.20)$$

де M_0 – номінальний момент тертя, приймаємо $M_0 = 0,1$;

$M_{сн}$ – відносне значення статичного моменту,

$$M_{сн} = M_0 / M_H = P_{асч} / P_H = 3668.56 / 4000 = 0.92 \quad (3.21)$$

ω – значення кутової швидкості, що задається.

Розрахунки зводимо в таблицю 2.8.

Таблиця 3.10 – Розрахункові дані моменту M_c

| | | | | | | | | |
|------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |
| ω^0 | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,975 |
| M_c^0 | 0,1 | 0,14 | 0,26 | 0,47 | 0,75 | 0,93 | 1,02 | 1,07 |

Задаємося масштабом: $M = 1 \div 0,1$ см; $S = 1 \div 0,1$ см і за даними таблиці 3.9 будемо пускову характеристику двигуна (рис. 3.6).

Визначаємо припустиме критичне ковзання, при якому двигун увійде в синхронізм.

$$S_{к} = \frac{484}{n_c} \cdot \sqrt{\frac{M_H \cdot P_H}{f \cdot j}}, \quad (3.22)$$

де $f = 50$ Гц

$$j = c \cdot j_{мех} + 0.3 \cdot j_{мех} = 1.1 \cdot 0.278 + 0.3 \cdot 0.278 = 0.3892 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$1 - S = \int (M_{\text{об}}); 2 - \omega = \int (M_c).$$

$$S_k = \frac{484}{500} \cdot \sqrt{\frac{2.2 \cdot 315}{50 \cdot 0.714}} = 4.2$$

Двигун увійде в синхронізм, якщо буде виконана умова $S_k \geq 1.1 \cdot S_1$

де S_1 – визначаємо по рисунку 3.5.

$S_k = 4.2 \geq 1.1 \cdot 0.13 = 0.143$ – умова виконується, виходить, двигун надійно увійде в синхронізм.

3.14 Вибір схеми розподілення електроенергії

Розподіл електроенергії високої напруги багато в чому залежить від схеми живлення електроприймачів. При виборі схеми електричної мережі для живлення електроустаткування цеху розглядають її комутаційну гнучкість, надійність живлення, економічність, а також можливість застосування індустріальних методів монтажу електричної мережі.

На вибір схеми живлення істотно впливає категорія споживачів. Для електроприймачів першої категорії обов'язково потрібно передбачати живлення від двох незалежних джерел, до числа яких можуть бути віднесені силові трансформатори, якщо вони підключені до різних, незв'язаних між собою секцій розподільного пристрою високої напруги. При цьому резервне живлення повинне мати автоматичне включення.

Для живлення електроприймачів цеху вибираємо надійну й просту в експлуатації радіальну схему електричної мережі, незважаючи на те, що при її використанні збільшується кількість апаратів керування й захисту, а також довжина мережі, що вимагає більших капітальних витрат. При радіальній схемі досить потужні електроприймачі одержують живлення безпосередньо від підстанції, а група менш потужних і близько розташованих друг до друга електроприймачів – за допомогою розподільних пунктів.

Схема розподілу електроенергії в цеху зображена на аркуші 3 графічної частини проекту.

3.15 Розрахунок і вибір апаратів управління і захисту, розрахунок силової мережі

Для двигуна компресора вибираємо апаратуру керування й захисту:

1. Вибираємо КРУ внутрішньої установки типу КРУ2-10-20 по [6]. Технічні дані обраного КРУ наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.11– Технічні дані камери КРУ2-10-20

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Номінальний струм збірних шин, кА | 0,63 |
| Номінальний струм камери, кА | 0,63 |
| Стійкість електродинамічна, кА | 52 |
| Стійкість термічна, кА | 20 |
| Тип вимикача | ВМПІ-10 |

2. Вибираємо кнопковий пост управління типу КУ92 по [6] зі ступенем захисту оболонки 1E_xd2CT3, тому що середовище в приміщенні вибухонебезпечна класу 2.

Визначаємо номінальний струм двигуна маслонасоса ВАО-22-2 потужністю $P_n=2,2$ кВт:

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{дв}}, \quad (3.23)$$

Де P_n – номінальна потужність двигуна, кВт;

U_n – лінійна напруга, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності двигуна;

$\eta_{дв}$ – ККД двигуна.

$$I_n = \frac{2,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,86 \cdot 0,81} = 4,8 A$$

Вибираємо апаратури керування й захисту для двигуна маслонасоса ВАО-22-2:

Автоматичний вимикач:

Визначаємо номінальний струм розщиплювача:

$$I_{нр} = K_3 \cdot I_n, \quad (3.24)$$

де $K_3=1,35$ – коефіцієнт захисту.

$$I_{нр} = 1,35 \cdot 4,8 = 6,48 A$$

По [6] вибираємо автоматичний вимикач серії ВА51-31-1 з $I_n=100A$, $I_{нр}=8A$, $I_{отс}=80A$.

По [6] таблиця 3.76 вибираємо магнітний пускач типу ПМЛ121002 з $I_n=10A$, ступінь захисту оболонки IP54.

По [6] таблиця 3.87 вибираємо кнопковий пост управління типу КУ92 зі ступенем захисту оболонки 1E_xd2CT3.

Порядок розрахунку й вибору апаратури для інших двигунів аналогічний. Дані обраних апаратів наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.12 – Технічні дані апаратів керування й захисту двигунами технологічних механізмів

| Двигун технологічного механізму | Автоматичний вимикач | | | | | Магнітний пускач | | | Кнопковий пост керування | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Тип | I _н , А | I _{тр} , А | I _{отс} , А | Ступінь захисту оболонки | Тип | I _н , А | Ступінь захисту оболонки | Тип | Ступінь захисту оболонки |
| Двигун маслонасоса | ВА51-31-1 | 100 | 8 | 80 | IP54 | ПМЛ121002 | 10 | IP54 | КУ92 | 1Е _х d2СТ3 |
| Двигун вентилятора | ВА51-31-1 | 100 | 12 | 120 | IP54 | ПМЛ221002 | 25 | IP54 | КУ92 | 1Е _х d2СТ3 |
| Двигун маслонасоса редуктора | ВА51-31-1 | 100 | 8 | 80 | IP54 | ПМЛ121002 | 10 | IP54 | КУ92 | 1Е _х d2СТ3 |

Розрахунок силової мережі

Вибираємо кабель живлення до двигуна компресора.

Визначаємо економічно доцільну площу перерізу жили кабелю:

$$S_e = \frac{I_p}{j_e}, \quad (3.25)$$

де $I_p=I_n$ – розрахункова сила струму, А;

j_e – економічна щільність струму, А/мм²;

$j_e=2$ А/мм²

$$S_e = \frac{442}{2} = 221 \text{ мм}^2$$

Вибираємо два кабелі марки ВБШВ 3×120мм² з мідними жилами, I_{доп}=250А.

Перевіряємо обраний кабель за нагрівом

$$I_p=I_n \leq I_{доп} \cdot K_1 \cdot n, \quad (3.26)$$

442 < 250 · 2 = 500 – умова виконується.

Перевіряємо обраний кабель по втраті напруги.

Обраний переріз кабелю повинен відповідати як економічним, так й умовам забезпечення споживачів якісною електричною енергією. Із цією метою лінії перевіряються по втраті напруги. Згідно [11] для силових ланцюгів відхилення напруги від номінального повинне становити не більше 5%.

Втрати напруги визначаємо по формулі:

$$\Delta U\% = e\% \cdot I_n \cdot L_k \cdot 10^{-3} \quad (3.27)$$

де U_n – номінальна напруга мережі, В;

l_k – довжина кабелю, км.

$e\%$ – питома втрата напруги, А/км;

$$\Delta U\% = 7,94 \cdot 442 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 0,35\%$$

Умова виконується

Перевіряємо кабель на термічну стійкість:

$$S_{\min} = (I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}) / C, \dots \quad (3.28)$$

де $I_{\text{кз}}=8000$ – струм короткого замикання, А

$t_{\text{пр}}=0,1$ – наведений час короткого замикання, с

$C=141$ – коефіцієнт термічної стійкості для кабелів з мідними жилами

S_{\min} – мінімально припустима площа перерізу жили, мм².

$$S_{\min} = (8000\sqrt{0,1}) / 141 = 17,9 \text{ мм}^2$$

що не перевищує перерізу обраного кабелю.

$$S_{\min} \leq S_k$$

$$17,9 \leq 120 \text{ мм}^2 - \text{кабель проходить.}$$

Визначаємо кабель двигуна маслонасоса.

Визначаємо довгостроково припустимий струм за умовою нагрівання:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p / (K_1 \cdot K_2) \quad (3.29)$$

де K_2 – поправочний коефіцієнт на число працюючих кабелів, що лежать поруч у землі;

$K_2=1$ (тому що кабель прокладений у повітрі).

$K_1 = 1$ – поправочний коефіцієнт на умову прокладки залежно від температури навколишнього середовища.

$$I_{\text{доп}} \geq 4,8 / (1 \cdot 1) = 4,8 \text{ А}$$

Визначаємо довгостроково припустимий струм кабелю за умовою захисту автоматичним вимикачем:

$$I_{\text{доп}} = (K_3 I_3) / (K_1 K_2), \quad (3.30)$$

Де $K_3=1,25$ – коефіцієнт захисту;

$I_3=I_{\text{нр}}$ – струм захисного апарата, А.

$$I_{\text{доп}} = 1,25 \cdot 8 / 1 = 10 \text{ А}$$

По [3] таблиця 27 вибираємо кабель марки ВВГ $3 \times 1,5 + 1 \times 1$ з $I_{\text{доп}}=19 \text{ А}$.

Перевіряємо обраний кабель за втратою напруги:

$$\Delta U\% = e\% \cdot I_n \cdot l_k, \quad (3.31)$$

де $e\%$ – питома втрата напруги, А/км [6] таблиця 2.66;

$l_k=0,1 \text{ км}$ – довжина кабелю, км.

$$\Delta U\% = 4,58 \cdot 4,8 \cdot 0,1 = 2,2\%.$$

Що не перевищує припустиму норму ($\Delta U_{\text{доп}}=5\%$), тобто кабель по втраті напруги підходить.

Вибір кабелів інших двигунів робимо аналогічно. Результати вибору зводимо в таблицю 3.13.

Таблиця 3.13 – Результати вибору живильних кабелів

| Двигун механізму | Марка кабелю | Переріз, мм ² | $I_{\text{доп}}$, А |
|------------------|--------------|--------------------------|----------------------|
|------------------|--------------|--------------------------|----------------------|

| | | | |
|------------------------------------|------|-----------|-----|
| Двигун компресора | ВБШв | 2(3×120) | 250 |
| Двигун маслонасоса | ВВГ | 3×1,5+1×1 | 19 |
| Двигун вентилятора | ВВГ | 3×1,5+1×1 | 19 |
| Двигун маслонасоса редуктора | ВВГ | 3×1,5+1×1 | 19 |

3.16 Опис роботи схем управління електродвигунами механізмів

Розглянемо схему керування синхронним електродвигуном компресора. Схема повинна забезпечувати пуск і відключення двигуна в аварійних режимах із вказівкою характеру несправності, відключати двигун при зникненні тиску масла в системі змащення.

Всім цим вимогам задовольняє схема, що наведена на аркуші 3 графічної частини дипломного проекту.

Дистанційне включення електродвигуна.

При натисканні на ЦПУ кнопки «пуск» відбувається замикання контакту киповського реле ТДС-3000. Одержує живлення котушка реле контролю включення РКВ, що своїми нормально розімкнутими контактами замикає ланцюг соленоїда включення масляного вимикача 6 кВ, тим самим відбувається асинхронний пуск синхронного двигуна. Зі зменшенням пускового струму й наближенням швидкості обертання ротора електродвигуна до синхронного, у ланцюг ротора подається постійний струм збудження від ТЕ8, і електродвигун входить у синхронізм.

Дистанційне відключення електродвигуна.

Дистанційне відключення синхронного двигуна виконується шляхом натискання на ЦПУ кнопки «стоп». Замикаються контакти киповського реле ТДС-3000. Одержує живлення котушка реле контролю відключення, що своїми нормально розімкнутими контактами замикає ланцюг соленоїда відключення.

Сердечник соленоїда втягується й відбувається відключення масляного вимикача, з електродвигуна знімається живлення.

Автоматичне відключення електродвигуна.

Автоматичне відключення електродвигуна здійснюється аналогічно дистанційному відключенню електродвигуна, але при замиканні контактів реле захисту або дії технологічних блокувань. У схемі передбачені захисти від: мінімальної напруги, перевантаження, замикання на землю, обриву ланцюга порушення, асинхронного ходу.

Відключення від асинхронного ходу

Асинхронний хід відбувається при зниженні значення струму в ланцюзі збудження. Втрачає живлення котушка реле струму КА5, яка замикає свої контакти в ланцюзі проміжного реле KL3. KL3 отримує живлення і замикає свої контакти в ланцюзі реле КН6 (замикаються контакти в ланцюзі сигналізації) подається живлення на котушку проміжного реле, яке замикає свої контакти в ланцюзі соленоїда відключення.

Відключення від перенавантаження

При перевантаженні на трансформаторі струму ТА2 зростає струм. З вторичної обмотки струм подається на котушку реле струму КА3. КА3 замикає свої контакти в ланцюзі реле часу КТ1. Котушка реле часу КТ1 отримує живлення і замикає свої контакти в ланцюзі вказівного реле КН1 і подається сигнал на соленоїд відключення.

Відключення від мінімальної напруги

При зниженні напруги втрачає живлення котушка реле KL2, замикаючи свої контакти в ланцюзі соленоїда відключення.

Відключення від замикань на землю

При замиканні фаз на землю на вторичній обмотці трансформатора струму ТА3 через зсув фаз з'являється струм, який надходить на котушку реле струму КА3. КА3 замикає свої контакти в ланцюзі КН3 і KL1. КН3 замикає свої контакти в ланцюгах сигналізації, а KL1 в ланцюзі соленоїда відключення.

Відключення від дифференціального захисту

Дифференціальний захист призначений для захисту певної ділянки ланцюга. Вона здійснюється за рахунок трансформаторів струму ТА 1 і ТА4.

При нормальній роботі в ланцюгах реле КА1 і КА2 струму немає. При аварії на вторичній обмотці трансформаторів з'являється струм, який надходить на реле струму КА1 (КА2). КА1 (КА2) замикає свої контакти в ланцюзі КН2 і КЛ1. КН2 замикає свої контакти в ланцюгах сигналізації, а КЛ1 в ланцюзі соленоїда відключення.

3.17 Вибір елементів схем управління

Апарати керування й захисту електродвигуна були розраховані в підрозділі 2.8 даного дипломного проекту, відповідно до технічних даних електродвигуна.

Комплектний розподільний пристрій на 6 кВ із масляним вимикачем було обрано по [6] таблиця 4; кнопковий пост керування вибираємо по [6] таблиця 3.8.

Інша апаратура вибирається по [6].

Таблиця 2.14– Елементи схеми керування

| <i>Поз. познач.</i> | <i>Найменування</i> | <i>Кіл</i> | <i>Примітка</i> |
|-------------------------|----------------------------------|------------|-----------------|
| A | Амперметр | 1 | |
| C1, C2 | Конденсатор | 2 | |
| F1, F2 | Запобіжник плавкий | 2 | |
| HLG,HLR,HLW | Лампа сигнальна | 3 | |
| PT | Реле струму | 4 | |
| KN1...KN8 | Реле вказівне | 8 | |
| KL1...KL3 | Реле проміжне | 3 | |
| KM1...KM6 | Контактор | 6 | |
| KT1...KT7 | Реле часу | 7 | |
| KV1,KV2 | Реле напруги | 2 | |
| Q | Високовольтний масляний вимикач | 1 | |
| R1...R3 | Резистор | 4 | |
| S1...S8 | Контакт технологічної блокування | 8 | |
| SA | Перемикач | 1 | |
| SBC | Кнопка „Пуск” | 1 | |
| SBT | Кнопка „Стоп” | 1 | |
| SF1...SF12 | Автоматичний вимикач | 12 | |
| 1TT...5TT | Трансформатор струму | 5 | |
| W | Ватметр | 1 | |
| YAC | Соленоїд ввімкнення | 1 | |
| YAT | Соленоїд відключення | 1 | |

РОЗДІЛ 4

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Дослідження стану високовольтних вимикачів

Робота енергопідприємств і енергогосподарств пов'язана з необхідністю проведення дослідження стану електрообладнання, в тому числі і високовольтних вимикачів, на всіх етапах експлуатації. Таке дослідження не є простим і складається з декількох рівнів.

Дослідження при зовнішньому огляді (перший рівень оцінки) забезпечує оцінку загального стану вимикачів. Ресурсна діагностика (другий рівень) передбачає контроль внутрішнього стану вимикачів, а також діагностику в об'ємі випробувань між капітальними ремонтами. Вона вимагає високої кваліфікації персоналу при обслуговуванні, який володіє значним об'ємом спеціальної інформації і може бути використана за участі спеціалізованих підрозділів та організацій. При діагностуванні технічного стану ставиться ціль більш точніше, ніж на першому рівні, оцінити фізичне та моральне зношення вимикача для забезпечення надійного продовження експлуатації, а також ліквідація внутрішніх, які розвиваються, і аварійних дефектів. Для підвищення ефективності виконуваних робіт пропонується використовувати інформаційну систему, яка реалізована на персональному ЕОМ та складається з реляційної бази даних (БД), продуктивної бази знань (БЗ) і експертної системи (ЕС).

Ресурсна діагностика вимикачів включає три етапи дослідження: експлуатаційний – відхилення та стан основних вузлів, параметрів при поточному ремонті, виявленні дефекти черговим персоналом; тестовий – випробування електрообладнання та контроль параметрів без відключення та з відключенням напруги; критичний – діагностика стану електрообладнання за одержаними результатами випробувань та експертних запитів в БД і БЗ.

Експлуатаційний етап – відхилення та стан основних вузлів, параметрів при поточному ремонті, виявленні дефекти черговим персоналом.

На експлуатаційному етапі аналізуються дані взяті з зовнішніх досліджень та заповнюються відповідні форми для наступного збереження результатів в таблицях бази даних. Результати цього етапу дозволяють виділити два стани: «нормальний стан вимикача» та «область ризику». «Нормальний стан вимикача» відповідає інтервалу від гранично допустимих значень до значень, які обмежують область нормального стану обладнання в експлуатації. В цьому інтервалі гарантується надійна робота вимикача.

Експертні системи, які мають в основі бази знань структурованих знань-правил (в форматі «ЯКЩО..., ТОДІ..., коментарі, пояснення, пропозиції»), виявляють необхідну інформаційну підтримку, яка систематизована на досвіді висококваліфікованих спеціалістів-експертів та необхідних даних з бази даних.

«Область ризику» відповідає інтервалу від значень в області нормального стану параметрів до гранично допустимих значень показників в експлуатації. Погіршення одного із показників призводить до зниження надійності обладнання. В цьому випадку необхідний більш розширений контроль для прогнозування терміну служби вимикачів або прийняття спеціальних заходів з відновлення експлуатаційних характеристик обладнання. Таким чином можна запобігти виведенню обладнання в ремонт.

Тестовий етап – випробування вимикачів та контроль параметрів без вимкнення та з вимкненням напруги.

Ресурсна оцінка стану вимикача продовжується на другому етапі дослідження. На тестовому етапі уточнюються та виявляються інші дефекти, повніше оцінюється стан вимикачів. Для цього виконується внутрішній контроль характеристик та параметрів (перехідний опір контактів, опір електромагнітів, ємності конденсаторів та ін.) за стандартними методиками з відключенням напруги. Крім того, проводяться теплові випробування. Аналіз проведення вимірювань перехідного опору контактів та теплових випробувань, дозволяє виявити ступінь порушення гальванічного покриття із срібла головних контактів від дії дуги, що особливо важливо для прогнозування можливості продовження роботи вимикачів. При зменшенні площі гальванічного покриття дотику рухомого та нерухомого контактів, при їх відключенні, під дією дуги бризками міді, пошкоджується глазур внутрішньої порожнини фарфору

дугогасильних камер. Після чого порушується структура фарфору, що призводить до зменшення динамічної та статичної міцності контактних елементів вимикачів. Теплові випробування дають можливість виявити причини підвищених нагрівів, погіршення ізоляції, які впливають на функціонування, а також сприяють прийняттю рішень про подальшу експлуатацію вимикачів.

Результати досліджень вносяться в базу даних і є основою для наступного етапу ресурсної діагностики.

Аналітичний етап другого рівня дослідження складається з оцінки альтернативи попередньої діагностики та прийняття зваженого рішення.

На основі всіх одержаних результатів етап завершується прийняттям одного із рішень:

- продовження експлуатації вимикача по системі технічного обслуговування та ремонту, виконуючи планові попереджувальні ремонти. При цьому параметри, які контролюються, повинні відповідати вимогам Правил технічної експлуатації та іншим нормативам;

- продовження експлуатації вимикача з частішою діагностикою, оскільки відхилення від норми деяких параметрів вимагають оцінки швидкості розвитку процесу на відносно тривалому відрізку часу, який однак менше встановлених нормативів;

- продовження експлуатації вимикача, при якій необхідно комплексний, відносно швидкий нагляд за кількома відхиленнями від норм параметрами, коли можливо стрімкий розвиток дефекту, який можна виявити на ранній стадії розвитку;

- продовження експлуатації вимикача за рахунок зменшення навантаження, бо експлуатація при номінальному навантаженні не відповідає умовам і може привести до швидкого розвитку дефекту;

- перехід до третього рівня дослідження для визначення складу та об'єму ремонту зношеного вимикача, оскільки є дефекти, в тому числі невизначені, які не дають можливості для подальшого продовження експлуатації без їх усунення шляхом ремонту.

Критичний етап – діагностика стану вимикача за одержаними результатами випробувань та експертними запитами в БД і БЗ.

Третій рівень дослідження – спеціалізована діагностика та ревізія, виконується персоналом спеціалізованих ремонтних підрозділів та організацій. Цей рівень має велике значення для оцінки достовірності результатів попередніх досліджень, їх вдосконалення та поповнення баз даних і знань. В той самий час ефективність третього рівня залежить від раніше одержаних результатів. При цьому належить прийняття одного із рішень, пов'язаних з виведенням зношеного вимикача з експлуатації:

1. Проведення ревізії з внутрішнім оглядом складових частин вимикача для визначення об'єму ремонтних робіт зношеного обладнання.
2. Вибрати схему капітального ремонту зношеного обладнання.
3. Зношене обладнання, яке потребує модернізації.
4. Заміна зношеного обладнання новим.

4.2 Класифікація високовольтних вимикачів

Кожний тип вимикачів визначається великою кількістю даних, що дають повну інформацію про його параметри, конструкцію, застосування й умови експлуатації.

Сучасні високовольтні вимикачі класифікують за такими параметрами: спосіб гасіння дуги, призначення, вид установки, категорія розміщення, кліматичне виконання.

За способом гасіння дуги високовольтні вимикачі розділяють на такі основні групи:

1) масляні вимикачі – гасіння дуги відбувається в середовищі електротехнічного масла:

а) бакові – з великим об'ємом масла, яке служить дугогасильним середовищем та ізоляцією між струмопровідними частинами вимикача;

б) маломасляні – з малим об'ємом масла, яке служить тільки дугогасильним середовищем;

2) повітряні вимикачі – гасіння дуги відбувається в середовищі стисненого повітря;

3) повітряні авто-пневматичні вимикачі – стиснене повітря, необхідне для гасіння дуги, утворюється за рахунок енергії пружини, яка розтискається при розходженні контактів вимикача;

4) автогазові – гасіння дуги відбувається газами, які виділяються зі стінок дугогасильних камер під дією високої температури;

5) елегазові – гасіння електричної дуги в середовищі електротехнічного газу (шестифтористої сірки – SF₆);

б) електромагнітні вимикачі – гасіння дуги відбувається за допомогою магнітного дугтя в різного роду дугогасильних камерах;

7) вакуумні – гасіння дуги відбувається у вакуумному середовищі.

За призначенням вимикачі можуть бути розбиті на такі групи.

1. Мережеві вимикачі на напруги від 6 кВ і вище, застосовувані в електричних колах (крім кіл електричних машин і електротермічних установок) і призначені для пропускання й комутацій струму в нормальних умовах роботи кола, а також для пропускання протягом заданого часу й комутацій струму в заданих ненормальних умовах, таких, як умови короткого замикання:

а) для нормальних умов експлуатації, тобто передбачених вимогами ДСТУ і міжнародними стандартами (МЕК, СЕВ) до вимикачів високої напруги загального призначення;

б) для частих комутаційних спрацювань з більш високим механічним і комутаційним ресурсом, ніж той, що передбачений вимогами стандартів до вимикачів загального призначення;

в) з підвищеною швидкістю наростання (частотою) відновлювальної напруги, що допускають експлуатацію в тих місцях енергосистем, де ця швидкість істотно вища швидкості, установлені стандартом на вимикачі загального призначення;

г) з підвищеної міжконтактною електричною міцністю, більш високою, ніж у вимикачів загального призначення.

2. Генераторні вимикачі на напруги від 6 до 20 кВ, які використовуються в колах електричних машин (генераторів, синхронних компенсаторів, потужних

електродвигунів) і призначені для пропускання й комутацій струму в нормальних умовах, а також у пускових режимах і при коротких замиканнях.

3. Вимикачі на напругу від 6 до 220 кВ для електротермічних установок, які застосовуються в ланцюгах великих електротермічних установок і призначені для пропускання й комутації струму в нормальних умовах, а також у різних експлуатаційних режимах і при коротких замиканнях.

4. Вимикачі спеціального призначення:

а) вимикачі-від'єднувачі на напругу від 500 до 1150 кВ, призначені для безінерційного підключення до лінії електропередачі шунтувальних реакторів при виникненні перенапруг, що перевищують заданий рівень, для комутацій зазначених реакторів, а також відключення в їхніх колах коротких замикань;

б) захисні вимикачі на напругу від 6 до 20 кВ, що застосовуються для установки в колах ударних генераторів живильних стендів і призначені для нормальних комутацій ударних генераторів, а також для захисту їх при неуспішних відключеннях випробовуваних апаратів;

в) вимикачі навантаження на напругу від 110 до 500 кВ, призначені для пропускання й комутацій струму в нормальних умовах роботи кола, а також для пропускання протягом заданого часу й включення струмів при коротких замиканнях;

г) вимикачі на напругу від 6 до 35 кВ, застосовувані в комплектних розподільних пристроях.

За видом установлення вимикачі діляться на такі групи.

1. Опорні, які мають основну ізоляцію на землю опорного типу.
2. Підвісні, які мають основну ізоляцію на землю підвісного типу.
3. Настінні, які закріплені на стінах закритих розподільних пристроїв.
4. Викатні, які пристосовані для викочування з комірок розподільних пристроїв.

5. Вбудовані в комплектні розподільні пристрої.

За категоріями розміщення й кліматичним виконанням повітряні вимикачі відповідно до ДСТУ 15150–69 розділяються на:

а) п'ять категорій розміщення (поза і всередині приміщень з різними умовами обігріву й вентиляції);

б) шість кліматичних виконань (В, ХЛ, ТВ, ТС, Т і О) залежно від географічного місця установки; нормовані значення температури повітря для зазначених кліматичних виконань вимикачів.

В свою чергу, кожна з груп вимикачів ділиться ще за рядом ознак:

- за часом дії – швидкодійні (0,04–0,08 с), прискореної дії (0,08– 0,12 с) та не швидкодійні (0,12–0,25 с); - за кількістю фаз – одно- та трифазні. В залежності від кількості розривів на одну фазу – з одно-, дво- та багатократними розривами;

- за конструктивним зв'язком з приводом – з окремим та вбудованим приводом, кожен з яких ручний, або автоматичний;

- за наявністю циклу АПУ (автоматичного повторного увімкнення) – одноступеневого, багатоступеневого, пофазного та швидкодійного.

Існує така класифікація повітряних вимикачів за видом вимкнення (рис. 4.1).

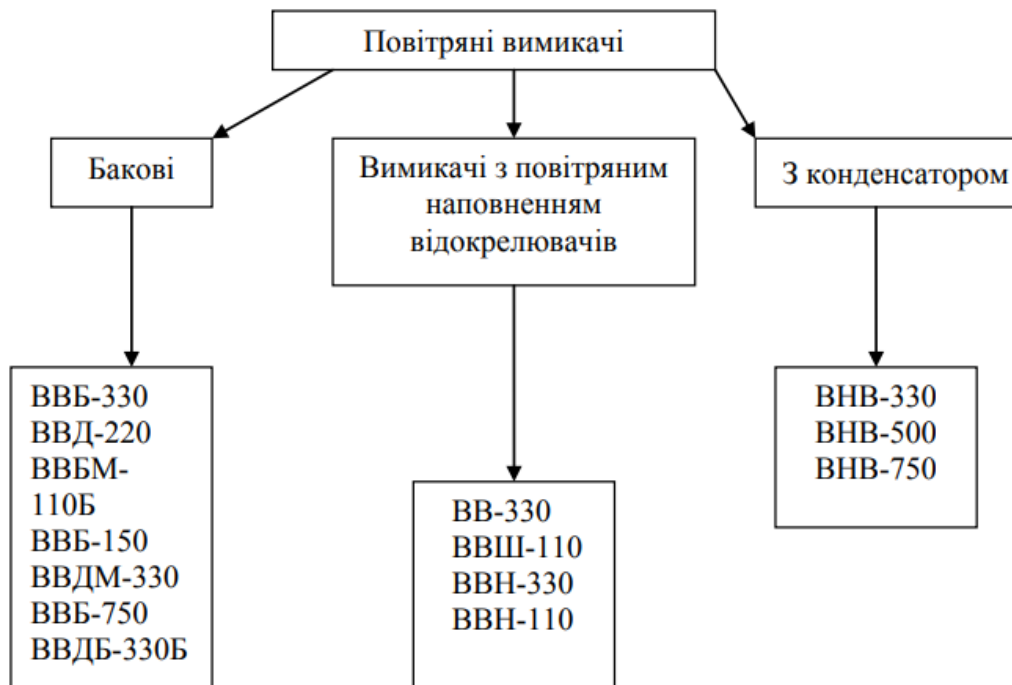


Рисунок 4.1 – Класифікація повітряних вимикачів за видом вимкнення

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАДАЧІ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОМУТАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

5.1 Умови функціонування високовольтних вимикачів.

Статистичний аналіз відмов вимикачів

Високовольтні вимикачі служать для комутації електричних кіл у всіх експлуатаційних режимах: включення і відключення струмів навантаження, струмів намагнічування трансформаторів і зарядних струмів ліній і шин, відключення струмів КЗ, включення на існуюче КЗ, а також при змінах схем електричних установок.

До вимикачів високої напруги ставляться такі вимоги:

- надійне відключення будь-яких струмів в межах номінальних значень;
- швидкодія при відключенні;
- придатність для автоматичного повторного включення після відключення електричного кола захистом;
- можливість селективного управління для вимикачів 110 кВ і вище;
- вибухо- і пожежна безпека;
- зручність експлуатації.

Високовольтні вимикачі повинні довго витримувати номінальний струм і номінальну напругу.

Відмови і пошкодження в роботі вимикачів, як правило, призводять до великих аварій з виникненням пожежі в розподільчих пристроях. Найбільш частими є відмови вимикачів у відключенні струмів короткого замикання, несправності контактних систем, перекриття елементів внутрішньої і зовнішньої ізоляції, поломки ізолюючих частин.

Випадки відмов у відключенні струмів КЗ пояснюються головним чином невідповідністю фактичної відключаючої спроможності вимикачів умовам їх експлуатації. В результаті розвитку енергосистем струми КЗ зростають до значень, неприпустимих для відключення раніше встановленими на

підстанціях вимикачами. Тому в експлуатації необхідно систематично перевіряти відповідність параметрів вимикачів реальним умовам їх роботи.

Крім того, не повинні створюватися такі схеми роботи підстанцій, при яких потужність КЗ перевищує здатність вимикача.

До неполадок контактних систем відносять недовключення рухомих контактів, зависання контактів в проміжному положенні, руйнування металокераміки. Ці неполадки перешкоджають відключенню і включенню вимикачів і закінчуються утворенням дуги з подальшим вибухом вимикача.

Перекриття ізоляції є наймасовішим видом ушкоджень вимикачів. Вони відбуваються при комутаційних і грозових перенапругах, а також в результаті забруднення ізоляції викидами промислових підприємств, розташованих поблизу підстанції.

У маломасляних вимикачів нерідкі випадки перекриття опорної ізоляції по забрудненій й зволоженій поверхні. Внутрішньобакове перекриття у вимикачах зовнішньої установки спостерігалось при попаданні в них вологи, зниження діелектричних властивостей масла, витіканні масла з бака. В експлуатації необхідно ретельно стежити за цілістю зварних з'єднань баків, ущільненням кришок, появою нещільності під болтами і заглушками, справністю кранів та іншої масляної арматури.

До поломок ізолюючих деталей відносять руйнування порцелянових тяг мало масляних вимикачів. Відмови в роботі передавальних і операційних механізмів приводів відбуваються в результаті поломок окремих деталей і порушень регулювання. Це призводить до заїдання валів і ненормальної роботи контактних систем. Поширеними причинами відмови приводів є неякісне регулювання, затирання в механізмі розчеплення та сердечниках електромагнітів, дефекти пружин.

Найбільш часто повторюваними неполадками є відмови у відключенні струмів КЗ. Вони в основному відбуваються через недостатню відключаючу здатність повітряних вимикачів гасити електричну дугу, а також при відключенні невіддалених КЗ, що супроводжуються великою швидкістю

відновлення напруги на контактах, хоча струм КЗ при цьому може бути і менше номінального струму відключення. При віддаленні точки короткого замикання від шин підстанції швидкість відновлення напруги в загальному випадку зменшується. До недавнього часу вважалося, що найбільш важким коротким замиканням є пошкодження на шинах. Однак практикою і аналізом встановлено, що процеси коротких замикань на ділянці ліній протяжністю від 0,5 до 8-10 км (ті, що знаходяться в зоні так званого кілометрового ефекту) характеризуються великими значеннями амплітуди першого піку високочастотних коливань і дуже високою початковою швидкістю відновлення напруги. При цьому, як правило, відбувається повторний пробій міжконтактного проміжку і вимикач не справляється з відключенням. Застосовуваними в даний час способами поліпшення роботи повітряних вимикачів є шунтування дугового розриву резистором з малим опором і підвищення ефективності дугогасильних пристроїв шляхом збільшення послідовно включених місць розриву;

Дефекти контактних систем. Їх основна причина - дефекти конструкцій окремих вузлів вимикача, заклинювання деталей, що призводить до зависання рухомих контактів в проміжному положенні або до недостатнього втискання контактів. Зависання рухомих контактів камер і віддільників вимикачів викликаються забрудненнями на поверхнях, що труться. Якщо зависання відбувається під час відключення КЗ, то палаючою дугою руйнуються контактні системи і порцелянова ізоляція. Відзначено випадки неселективного відключення вимикачів, при цьому один модуль вимикача опинявся в відключеному положенні, інший - у включеному. Відключений модуль вимикача не витримував відновленої напруги, в результаті чого відбувалося перекриття порцелянкової покриття вводу і пробою міжконтактного проміжку;

Перекриття опорної ізоляції. Перекриття по зовнішній поверхні обумовлені головним чином забрудненням ізоляторів викидами промислових підприємств, пилом при його зволоженні. Проникнення і накопичення вологи

всередині ізоляторів, а також припинення продувки внутрішніх порожнин повітропроводів зазвичай призводять до перекриттів ізоляції по внутрішній поверхні і руйнування вимикачів;

несправності механізмів приводів і клапанів. Значне число відмов в роботі вимикачів пов'язане з дефектами клапанів (неякісні ущільнення клапанів дугогасильних пристроїв, злами, заклинювання), попаданням під клапани сторонніх предметів, пошкодженням електромагнітів і ланцюгів управління. Часто відбувається мимовільне зменшення (скидання) тиску через попадання в канали клапанів пилю і мастила. Ці несправності, як правило, призводять до неселективної роботи вимикачів, пошкодження гумових ущільнень. В експлуатації спостерігалися випадки видування прокладок з фланцевих з'єднань ізоляторів, що знаходяться під тиском стисненого повітря, і порушення герметичності з'єднань через втрату пружних властивостей гуми. Для усунення цих небажаних явищ обжимають всі елементи еластичного кріплення ізоляторів. Періодичність встановлюється з урахуванням наявного досвіду (зазвичай перед настанням холодної погоди). Більш часте (сезонне) обтискання призводять до деформації і передчасного виходу з ладу гумових прокладок і ущільнень. Відзначено випадки ненадійної роботи гумових ущільнень та інших вузлів повітряних вимикачів, наприклад ущільнень ізолюючих повітропроводів [1].

Електрична міцність вакууму значно вище міцності інших середовищ, що застосовуються в вимикачах, за рахунок збільшення довжини вільного пробігу атомів і молекул. З цієї ж причини процес відновлення електричної міцності проміжку між контактами при відключенні струму протікає в вакуумі значно швидше, ніж в газах.

Згасання електричної дуги вдається отримати при першому ж проходженні струму через нуль, тобто через 0,02 с, однак при відключенні щодо більшого струму трапляється, що згасання дуги відбувається не при першому, а при другому або третьому підході струму до нуля. Ерозія контактів під дією дуги незначна, проблема погіршення вакууму протягом тривалого

часу експлуатації вирішена, що означає практично необмежений термін служби і відсутність ревізій і ремонтів. 80% відмов вакуумних вимикачів доводиться на приводи, системи управління і контролю.

В експлуатації вакуумні вимикачі переважають при напрузі до 36 кВ. Їх основна область застосування - комплектні розподільчі пристрої. Вакуумні вимикачі можуть використовуватися не тільки як комутуючі пристрої цілей змінного струму, але і як струмообмежувальні вимикачі, які відключають аварійний струм при його наростанні, не чекаючи природного нуля струму.

Вакуумні вимикачі можуть застосовуватися як керовані розрядники для швидкого підключення різних пристроїв і обмеження перенапруг. Вакуумні вимикачі можуть відключати постійний струм.

Комутаційний ресурс елегазових вимикачів приблизно в 2-3 рази вище, ніж маломасляних. У елегазового вимикача знос дугогасильного середовища при відключенні струму дуже низький, продукти розкладання елегазу поглинаються спеціальними фільтрами - поглиначами (активізований алюмогель або молекулярні сита), а витік елегазу з корпусів вимикача не перевищує 1-3% в рік. Дозаповнення елегазу можливо без зняття напруги. Практично міжревізійні терміни для елегазових вимикачів визначаються роботою та доглядом за його приводом. У полюсах вимикачів елегаз використовується не тільки для ізоляції кола високої напруги, а й як дугогасне середовище.

Провівши статистичний аналіз відмов високовольтних вимикачів можна зробити розподіл відмов по рівням напруг. Відповідна інформація подана в таблиці 5.1. Було розглянуто 669 вимикачів різних напруг від 110 до 750 кВ включно. Серед повітряних, елегазових та масляних вимикачів обрано основні типи, що характерні для енергетики України. Так 30 відмов було зафіксовано при експлуатації вимикачів напругою 110 кВ, 22 – 200 кВ, 14 – 330 кВ, 63 – 500 кВ і 7 відмов у вимикачів напругою 750 кВ.

Таблиця 5.1. Розподіл відмов за рівнем напруг

| Вимикачі | Тип вимикача | Загальна кількість розглянутих вимикачів | Розподілення відмов за рівнями напруг, кВ | | | | | ω , рік ⁻¹ |
|--------------|--------------|--|---|-----|-----|-----|-----|------------------------------|
| | | | 110 | 220 | 330 | 500 | 750 | |
| Повітряні | ВНВ-750 | 9 | | | | | 6 | 0,061 |
| | ВВБ-750 | 5 | | | | | 1 | 0,018 |
| Повітряні | ВНВ-500 | 7 | | | | 5 | | 0,065 |
| | ВВБК-500 | 30 | | | | 17 | | 0,052 |
| | ВВБ-500 | 15 | | | | 6 | | 0,036 |
| | ВВ-500(Б) | 76 | | | | 31 | | 0,037 |
| Елегазові | ВГУ-500 | 8 | | | | 3 | | 0,075 |
| | ФХТ-17 | 15 | | | | 1 | | 0,013 |
| Повітряні | ВНВ-330 | 9 | | | 8 | | | 0,081 |
| | ВВ-300Б | 22 | | | 5 | | | 0,021 |
| | ВВН-330 | 13 | | | 1 | | | 0,007 |
| Повітряні | ВВБК-220 | 14 | | 1 | | | | 0,006 |
| | ВВД-220 | 53 | | 4 | | | | 0,007 |
| | ВВБ-220 | 85 | | 4 | | | | 0,004 |
| | ВВН-220 | 58 | | 10 | | | | 0,016 |
| Елегазові | ВГУ-220 | 5 | | 3 | | | | 0,055 |
| Повітряні | ВВУ-110 | 17 | 1 | | | | | 0,005 |
| | ВВШ-110 | 22 | 2 | | | | | 0,008 |
| | ВВН-110 | 87 | 10 | | | | | 0,010 |
| | ВВБМ-110Б | 29 | 2 | | | | | 0,006 |
| Маломасляні | ВМТ-110 | 14 | 3 | | | | | 0,019 |
| | У-110 | 31 | 4 | | | | | 0,012 |
| | МКП-110 | 16 | 3 | | | | | 0,017 |
| | МКП-110М | 27 | 2 | | | | | 0,007 |
| Елегазові | ВГТ-110 | 2 | 3 | | | | | 0,3 |
| Разом | | 669 | 30 | 22 | 14 | 63 | 7 | |

Відмова високовольтного вимикача може виникнути або в статичному його стані, коли вимикач знаходиться під напругою і через нього протікає робочий або номінальний струм, при оперативних перемиканнях, або коли вимикач комутує коротке замикання. Інформація щодо відмов вимикачів в залежності від стану вимикача на момент відмови подана в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Розподіл відмов відповідно стану вимикача

| Відмова | Розподіл відмов ,% за рівнем напруг, кВ | | | | | |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|---------|
| | 110 | 220 | 330 | 500 | 750 | 110-750 |
| В статичному стані | 30 | 18,2 | 28,6 | 19 | 28,6 | 22,8 |
| При оперативних перемикаваннях | 20 | 36,3 | 50 | 42,9 | 42,8 | 37,5 |
| При комутації КЗ | 50 | 45,5 | 21,4 | 38,1 | 28,6 | 39,7 |
| Разом | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Високовольтні вимикачі контролюються і приводяться в дію за допомогою пристроїв релейного захисту та автоматики. Відмова вимикача може бути спровокована порушенням роботи пристроїв РЗА. Розподіл відмов вимикачів із-за порушень роботи РЗА поданий в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Розподіл відмов вимикачів через порушення роботи РЗА

| Відмова | Розподіл відмов ,% за рівнем напруг, кВ | | | | | |
|--------------------------------|---|------|------|------|-----|---------|
| | 110 | 220 | 330 | 500 | 750 | 110-750 |
| В статичному стані | 23,5 | 31,2 | 22,2 | 40,2 | 60 | 36,7 |
| При оперативних перемикаваннях | | 31,2 | 22,2 | 22,8 | 20 | 20,9 |
| При комутації КЗ | 76,5 | 37,6 | 55,6 | 37 | 20 | 42,4 |
| Разом | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

При експлуатації високовольтних вимикачів можливі випадки, коли пошкоджується і сам вимикач і пристрої РЗА. Статистика по таким випадкам подана в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Розподіл відмов у випадку відмови вимикача та пристроїв РЗА

| Відмова | Розподіл відмов ,% за рівнем напруг, кВ | | | | | |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|---------|
| | 110 | 220 | 330 | 500 | 750 | 110-750 |
| В статичному стані | 27,7 | 23,7 | 26,1 | 31,6 | 41,7 | 29,8 |
| При оперативних перемикаваннях | 12,8 | 34,2 | 39,1 | 31 | 33,3 | 29,1 |
| При комутації КЗ | 59,5 | 42,1 | 34,8 | 37,4 | 25 | 41,1 |
| Разом | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Відмова вимикача може призвести до відключення живлення споживачів. У деяких випадках це може викликати серйозні аварійні ситуації.

Структура відмов вимикачів за кількістю втрачених приєднань подана в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5. Структура відмови вимикачів по кількості втрачених приєднань

| Напруга, кВ | Відмови, які призводять до втрати приєднань, % | | Відмови, які не приводять до втрати приєднань, % | Разом,% | Всього відмов, шт. |
|----------------|--|------|--|---------|--------------------|
| | 1 | >1 | | | |
| 110 | 38,3 | 34 | 27,7 | 100 | 47 |
| 220 | 23,7 | 47,4 | 28,9 | 100 | 38 |
| 330 | 39,2 | 30,4 | 30,4 | 100 | 23 |
| 500 | 51 | 23,9 | 25,1 | 100 | 155 |
| 750 | 41,7 | 33,3 | 25 | 100 | 12 |
| 110-750 | 43,6 | 29,8 | 26,6 | 100 | 275 |

5.2 Існуючі методи і моделі оцінки технічного стану та ресурсу працездатності високовольтних вимикачів

Надійність функціонування енергосистем значною мірою залежить від надійної роботи високовольтних вимикачів, більшість з яких відпрацювала свій нормативний ресурс. При розробці стратегії керування парком вимикачів, енергетичним компаніям необхідно враховувати ризик виникнення аварійної ситуації в енергосистемі при відмовах вимикачів та приймати рішення щодо ремонту або заміни вимикачів.

Під терміном «технічний стан» розуміють сукупність параметрів, які характеризують зміну властивостей обладнання в процесі експлуатації.

Новим напрямком в розвитку системи технічного обслуговування та ремонту є розробка підходів, які засновані на індивідуальному спостереженні за реальними змінами технічного стану обладнання в процесі експлуатації. Тому важливою задачею експлуатації електричних станцій та електроенергетичних систем є поступовий перехід від системи планово- попереджувальних ремонтів на ремонти по технічному стану на основі використання результатів діагностики електрообладнання. Для цього необхідно розробити методи та засоби отримання діагностичної інформації, а

також математичні моделі оцінки технічного стану, що дозволяють врахувати всі фактори, що впливають на зношення електрообладнання.

Надійність та ефективність функціонування електрообладнання електроенергетичних систем визначається його технічним станом, що може бути встановлений за допомогою різноманітних технічних засобів та методів діагностики, безпосередньо чи опосередковано при вимірюваннях фізичних величин та параметрів, що характеризують його працездатність. Однак, в більшості випадків вони не дають комплексної, якісної та кількісної оцінки технічного стану всього електрообладнання або окремої одиниці, а фіксують лише окремі дефекти та їх ознаки. При цьому, як правило, по результатам діагностування важко визначити конкретну причину дефекту. Важливою ціллю є створення комплексного методу по визначенню технічного стану, який здатен поєднати різносторонню діагностичну інформацію, та на базі цієї інформації дати кількісну оцінку технічного стану електрообладнання.

Ресурс це об'єм роботи, на який розраховується вимикач. По закінченню ресурсу безпечна і надійна робота вимикача не гарантується.

Нормативний ресурс – ресурс вимикача при його роботі в нормативних (розрахункових, проектних) умовах.

Нормативний залишковий ресурс – це ресурс електричного вимикача, за якого він зможе спрацювати за нормальних умов експлуатації з моменту розрахунку та до переходу в граничний стан.

Фактичний спрацьований ресурс – це ресурс, який спрацьовується вимикачем за його роботи в конкретних умовах експлуатації.

Фактичний залишковий ресурс – це ресурс вимикача, який він зможе спрацювати за конкретних умов експлуатації з моменту розрахунку та до переходу в граничний стан.

Технічний ресурс – сумарне напрацювання об'єкту від початку експлуатації та до переходу в граничний стан. Напрацювання визначається як тривалість або об'єм роботи обладнання. Граничним називається стан об'єкта, за якого подальша експлуатація повинна зупинитись через неусувне

порушення вимог безпеки, чи через неусувне зниження рівня працездатності чи недопустимого зниження рівня експлуатації.

Напрацювання ресурсу може вимірюватись у безперервних одиницях, або у дискретних. Вибір одиниць вимірювання напрацювання кількості комутацій, який здійснюється апаратом, обумовлено тим, що зношення апарату визначається кількістю виконаних операцій, але не часом, за якого обладнання експлуатувалось в стаціонарному режимі. Під час знаходження комутаційного обладнання у ввімкненому стані, коли воно знаходиться під напругою, процес спрацювання ресурсу проходить менш інтенсивніше, чим при виконанні операції вимкнення струму навантаження чи струму короткого замикання. У цьому випадку перехідний опір контактів високовольтного вимикача поступово збільшується, починає горіти дуга, яка призводить до сильного нагріву як контактної системи, так і дугогасильної камери. Процес супроводжується ерозією розплавлених частинок металу з поверхні контактів, руйнуванням матеріалу дугогасильної камери. В процесі виконання комутаційної операції виникає зношення приводу вимикача. Підтверджується це практичними даними. Згідно статистики експлуатації, в схемі двох робочих системи шин з обхідною, шиноз'єднувальною вимикач, обхідний вимикач (ОВ) й лінійний вимикач (ЛВ) протягом міжремонтного періоду здійснюють не однакову кількість комутацій. При проведенні капітального ремонту часто виявляється, що технічний стан ШЗВ та ОВ є набагато кращим, ніж стан ЛВ, які виконують набагато більше комутацій.

Якщо розрахунковим шляхом отримана оцінка спрацьованого ресурсу, то, порівнюючи ці значення з допустимими межами його зміни, можна дати рекомендації о необхідності виводу вимикача в ремонт чи о продовженні його експлуатації. Не менш важливою задачею є задача прогнозування залишкового ресурсу вимикача, якщо відомі умови та режими експлуатації на майбутньому інтервалі напрацювання.

Розв'язання вказаних задач ґрунтується на оцінці спрацьованого або залишкового ресурсу вимикача.

Існуючі методи контролю відпрацьованого і залишкового ресурсу високовольтних вимикачів можна розділити на дві групи:

1. Оцінка спрацьованого і залишкового ресурсу на основі даних, що надаються виробником. Переважна більшість виробників надає дані по початковому ресурсу вимикачів, а також дані, необхідні для оцінки спрацьованого і залишкового ресурсу за умови роботи вимикача при номінальних (розрахункових) умовах роботи. Ці дані надаються як по комутаційному, так і по механічному ресурсу.

2. Оцінка спрацьованого і залишкового ресурсу на основі методів і засобів технічної діагностики, тобто на основі реального стану комутаційних апаратів за даними інструментального контролю.

Як комутаційний, так і механічний ресурс підрозділяються на початковий, спрацьований і залишковий. Дані по початковому ресурсу відображені в спеціалізованій нормативно-технічній документації, а також в інструкціях, що поставляються з конкретним вимикачем. Спрацьований ресурс відображає ступінь зносу деталей та вузлів конкретної одиниці обладнання. При цьому під спрацьованим комутаційним ресурсом для вимикача розуміють ступінь зносу дугогасильної камери, а механічний ресурс характеризується числом циклів включення - пауза - відключення, які виконуються без струму в головному колі вимикача.

Під залишковим ресурсом розуміють залишок ресурсу вимикача після певного періоду експлуатації і числа операцій з відключення і включення навантажувальних струмів і струмів короткого замикання (КЗ). На практиці необхідно знати ймовірність відмови вимикача при відключенні (включенні) ним струму, тобто чи витримає вимикач операцію відключення (включення) або відмовить. Під залишковим ресурсом слід розуміти такий рівень технічного стану вимикача, при якому при відключенні їм номінального струму відключення його наявний ресурс прийме від'ємне значення. В умовах експлуатації дуже важливо знати величину наявного ресурсу, оскільки даний

параметр відображає реальний стан вимикача і дозволяє провести корекцію міжремонтних періодів з урахуванням забезпечення безвідмовності роботи.

Існує декілька підходів для визначення залишкового комутаційного ресурсу вимикача. Механічний ресурс вимикача зазвичай задається в паспортних даних. Так як його величина характеризує роботу вимикача без струмового навантаження, то зазвичай немає необхідності розраховувати і прогнозувати його значення, за тим лише винятком, коли необхідно враховувати будь-які специфічні властивості експлуатації. Тому в існуючих підходах зазвичай розглядається лише комутаційний ресурс. При цьому розрахунки виконуються або за даними реальних значень струмів, що комутуються, або за їх імовірним значенням. Найбільш відомими підходами для визначення залишкового комутаційного ресурсу вимикачів є наступні.

Метод 1. За цим методом вироблений ресурс розраховується за відомими значеннями струмів шляхом округлення значень в заданих межах 30-60%, 60-100% від номінального струму відключення вимикача. У первісному вигляді цей метод давав вимоги до сумарного числа включень і відключень струмів КЗ. При цьому допустиме число відключень повинно було становити неменше $\frac{2}{3}$ сумарного числа комутацій. На сьогоднішній день після внесення в стандарт змін нормується тільки припустиме число відключень, що відповідає міжнародній практиці і стандартам МЕК. Для більшості вимикачів, в яких функції включення і відключення здійснюються однією й тією ж контактною системою, знос дугогасильного пристрою при включенні суттєво менше, ніж при відключенні, і ним можна знехтувати при нормальних умовах роботи вимикачів. Для деяких типів вимикачів, наприклад повітряних серії ВВН і ВВБ, у яких функції включення і відключення виконують різні контактні системи, доцільно допустиме число включень вказувати в технічній документації додатково до допустимого числа відключень. Однак криві залежності допустимої кількості відключень і включень лежать поруч, тому має сенс замінити їх однією універсальною кривою.

$$r_i = \frac{N_{\text{факт.}i}}{N_{\text{доп.}i}}$$

де $N_{\text{доп.}i}$ - допустима кількість комутацій струму конкретної величини (визначається відповідно до даних виробника); $N_{\text{факт.}i}$ - фактична кількість комутацій струму конкретної величини. Тоді спрацьований ресурс за всі комутації вимикача визначається так –

n

$$R_c = \sum_{i=1}^n \frac{N_{\text{факт.}i}}{N_{\text{доп.}i}}$$

де n - число різних значень струмів, що комутуються. Тоді залишковий ресурс визначається за формулою –

$$R_{\text{зал}} = 1 - R_c$$

Таким чином, даний метод дозволяє отримати чисельні значення ресурсу. Однак ці результати мають низьку достовірність і можуть служити лише для наближеної оцінки стану вимикача, а значить, на підставі даного метода недоцільно планувати їх ТОР.

Метод 2. Цей метод дозволяє уніфікувати методи визначення витрати комутаційного ресурсу і припустимої кількості відключень струмів, після яких вимикач повинен виведитись в ремонт. Витрата комутаційного ресурсу і кількість комутацій до виведення вимикача в ремонт визначаються по кривих залежності допустимої кількості відключень (включень) від струму, які будуються на підставі даних виробника.

Витрачення комутаційного ресурсу за одну комутацію струму I дорівнює оберненій кількості допустимих комутацій при даному струмі –

1

ρ_{oi}

$$\rho_{oi} = \frac{1}{n}$$

Витрата комутаційного ресурсу після кількох комутацій визначається шляхом підсумовування витрати ресурсу за кожну комутацію. Витрата ресурсу за K комутацій визначається так –

$$R_{oK} = \sum \rho_{oi}$$

До переваг цього методу варто також віднести розроблені критерії виведення в ремонт вимикача за технічним станом, а також можливість прогнозування ресурсу на основі імовірнісних даних про величини струмів короткого замикання.

На жаль, даний метод не враховує той факт, що ресурс вимикача після капітального ремонту не відновлюється до початкового значення і з продовженням експлуатації вимикача поступово зменшується.

Метод 3. В даному методі використовують отримані аналітичні залежності, які найбільш достеменно відображають ступінчасту залежність, побудовану за даними з нормативно-технічної документації для конкретного типу вимикача. Дослідження за допомогою методу найменших квадратів показали, що залежності допустимого числа комутацій від комутуваного струму з найкращим наближенням описуються гіперболічною залежністю, тому такий метод мав стати найкращим вирішенням проблеми визначення ресурсу вимикача. Залежності допустимої кількості комутацій від струму, що комутується, згідно з даним методом описується:

$$n = A + \frac{B}{I_{\text{відк}}^*}$$

де A, B – чисельні коефіцієнти, що отримані при апроксимації кривої;

$I_{\text{відк}}$ – гарантований струм відключення в долях від номінального струму відключення вимикача).

При цьому комутаційний спрацьований і залишковий ресурс вимикача визначається з формул -

$$R_c = \sum_{i=1}^{N_k} \frac{I_{\text{відк},i}^*}{A I_{\text{відк},i}^* + B} \frac{N}{K_i}$$

$$R_{\text{зал}} = 1 - R_c = 1 - \sum_{i=1}^{N_k} \frac{I_{\text{відк},i}^*}{A I_{\text{відк},i}^* + B} \frac{N}{K_i}$$

де R_c , $R_{зал}$ - спрацьований та залишковий ресурси відповідно; N_{Ki} - кількість відключень струмів КЗ конкретної величини; N_K - загальна кількість відключених струмів КЗ; A, B – коефіцієнти, що залежать від типу вимикача.

Проведений аналіз розглянутих вище методів з метою виявлення їх особливостей, переваг і недоліків показує, що у всіх розглянутих методах величини залишкового і спрацьованого комутаційного ресурсу фактично визначаються за одними і тим ж процедурами. Відмінності полягають лише в способі завдання і побудови залежності допустимого числа комутацій від величини комутуваного струму. Із цього випливає, що якщо вважати величину комутуваного струму експлуатаційним фактором, впливу якого піддається вимикач в процесі експлуатації, то всі ці методи враховують всього лише один цей фактор.

Практика експлуатації високовольтних вимикачів показує, що існує низка інших факторів, які суттєво впливають на ресурс працездатності високовольтних вимикачів, зокрема стан приводу, ізоляторів та пневмосистеми вимикача.

5.3 Аналіз проблеми оцінки післяремонтного технічного стану і ресурсу працездатності обладнання після ремонту

Збільшення кількості електрообладнання з вичерпаним терміном служби сприяє зростанню аварійності ЕЕС. На сьогодні існуюча система технічного і ремонтного обслуговування з чіткою регламентацією термінів і видів планових ремонтів не здатна забезпечити надійну роботу такого обладнання. Зношене електрообладнання після чергового ремонту може просто недопрацювати до наступного по плану ремонту. В зв'язку з цим актуальними є питання контролю та діагностування його технічного стану для забезпечення своєчасного виявлення дефектів і неполадок, як в режимі реального часу так і при проведенні планових і позапланових ремонтів.

Аналіз існуючих методів і засобів технічного діагностування, які на

сьогодні використовуються у вітчизняних енергосистемах показує, що як в теоретичному так і в практичному плані існує необхідність його суттєвого розвитку, зокрема, по двох напрямках:

- технічне діагностування повинно не тільки виявляти наявність дефектів в електрообладнанні але й визначати ресурс обладнання;
- технічне діагностування повинно агрегувати показники стану обладнання, тобто переходити від показників стану елементів обладнання до оцінки стану функціональних вузлів, від вузлів – до стану агрегатів, від агрегатів – до стану обладнання в енергопідприємствах.

При цьому технічне діагностування повинно забезпечити прогноз залишкового ресурсу на декілька років вперед.

За одиницю ресурсу зазвичай приймається початково закладений ресурс в нове обладнання – термін його роботи (або кількість комутацій для комутаційних апаратів) до відмови без ремонтів і технічного обслуговування, тобто в припущенні, що обладнання не відновлюється. Для обладнання, яке складається з декількох елементів (вузлів), кожний з яких може мати свій, відмінний від інших ресурс, не відновлювальна відмова передбачає повний технічний знос всіх вузлів, а під технічним ресурсом обладнання слід розуміти деякий еквівалент ресурсів всіх вузлів.

є комплексною ,потребує використання інших діагностичних параметрів та вимагає використання нечітких логічних алгоритмів.

Проаналізовано проблему оцінки післяремонтного технічного стану обладнання, вплив неповного відновлення на ресурс та розглянуто проблему врахування цього при розробці моделей оцінки технічного стану високовольтних вимикачів.

ВИСНОВОК

У даній магістерській роботі розглянуті оптимізація системи електропостачання шляхом заміни масляних вимикачів на вакуумні.

У дипломному проекті був зроблений розрахунок потужності електродвигуна компресора. За технічним даними компресора вибраний двигун типу СТДМП4000-2 потужністю 4000кВт, напругою 6кВ (ступінь захисту оболонки 1E_xp2BT3). Двигун був перевірений на входження в синхронізм. Перевірка за нагрівом не проводилася тому що двигун працює в тривалому режимі. Виконані схеми захисту електродвигуна турбокомпресора (схеми релейного захисту від ненормальних режимів роботи електродвигуна). Також були обрані 4 двигуна маслонасоса (ВАО-22-2 P=2,2кВт, U=380В, 2960об/хв.), 2 двигуна маслонасоса редуктора (В90L32 P=2,2кВт, U=380В, 1400об/хв.) і 2 двигуна вентилятора (В100S4 P=4кВт, U=380В, 1400об/хв)(1E_xd2BT3).

Була обрана апаратура захисту двигунів. Т. к. двигун компресора високовольтний вибрали ячейку КРУ 2-10-20 і кнопковий пост керування КУ92 зі ступенем захисту оболонки 1E_xd2CT3 Розрахунок живильного кабелю до двигуна компресора здійснюємо по економічній щільності струму. Зробили перевірку за нагріванням ($I_p = I_n \leq I_{доп} \cdot K_1 \cdot n$), по втраті напруги, на термічну стійкість. Для двигуна компресора вибрали 2 кабелі марки ВБШВ 3×120 з $I_{доп} = 250A$. Для інших двигунів вибрали кабель марки ВВГ 3×1,5+1×1 з $I_{доп} = 19A$. Зробили вибір по довгостроково припустимому струму. Зробили перевірку за втратою напруги й за умовою захисту автоматичним вимикачем $I_{доп} = (K_3 I_3) / (K_1 K_2)$. У проекті проведені заходи щодо монтажу електрообладнання технології монтажу обладнання. Також в магістерській роботі вирішені питання модернізації системи електропостачання шляхом

заміни масляних вимикачів на вакуумні. Розглянули характеристику споживачів електроенергії й визначення категорії електропостачання. Властивості, стан і дії, що характеризують надійність систем електропостачання, а також розглянули споживачі електричної енергії та обсяги електроспоживання на ПАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот». Провели Аналіз недоліків масляних вимикачів, розобрали конструкцію, принцип дії вакуумних вимикачів й порівняння технічних характеристик вакуумних вимикачів різних марок. Зробили вибір вимикачів та розрахунок потужності з використанням ЕОМ і вибір електродвигунів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Х. : Точка, 2012. – 340 с. – [ISBN 978-617-669-015-3](#).
2. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / Шидловський А.К., Стогній Б.С., Кулик М.М. та ін. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
3. Зелінський В.Ц. Фізичні основи електричних апаратів. Навчальний посібник. - Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2001. –134 с.
4. Лежнюк П.Д., Лагутін В.М., Тептя В.В. Проектування електричної частини електричних станцій. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.
5. Тарасевич П. Й. Перспективи розвитку засобів виявлення високовольтних вимикачів напругою 110–750 кВ, що відмовили / П. Й. Тарасевич // Електроенергетичні та електромеханічні системи. – Л. : Вид-во Нац. університету «Львівська політехніка», – 2009. – С. 91–96.
6. Андреев Д. А. Анализ методов расчета коммутационного ресурса высоковольтных выключателей / Д. А. Андреев, И. А. Назарычев // Вестник ИГЭУ. – 2008. – № 2. – С. 69–84.
7. Досвід та перспективи експлуатації елегазових вимикачів у Південно-Західній енергетичній системі / Р. І. Михайлюк, С. В. Мисенко, В. М. Кутін, О. Є. Рубаненко // Енергетика та електрифікація. – 2014. – № 3. – С. 34–37.
8. Кутін В. М. Досвід впровадження та забезпечення надійності елегазових вимикачів в умовах експлуатації / В. М. Кутін, О. Є. Рубаненко, С. В. Мисенко // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 1. – С. 1–7.

9. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух ; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 457 с.
10. Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. 425 с.
11. Правила улаштування електроустановок. Правила улаштування електроустановок.. Розділ 1.7. Заземлення і захисні заходи безпеки. (ПУЕ – 2006), введений з 1.01. 2007 р. – Харків: Форт, 2010. – 736 с.
12. ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2002. 38 с.
13. ГКД 34.20.507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Київ: Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервноінвестиційний фонд розвитку енергетики», 2009. 598 с.
14. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2018). Вид. офіц. Харків: Форт, 2018. 458 с. 32. ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів.
15. Бардик Є. І. Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання [Текст] / Є. І. Бардик // Наукові праці Донецького національного технічного університету. — Серія «Електротехніка і енергетика», 2013. – Вип. 1. – С. 15–22.
16. Костерев М.В., Бардик Є.І. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем. Київ: НТУУ КПІ, 2010. – 131 с.
17. Бардик Є.І., Лукаш М.П. Електрична частина електричних станцій. Основне електрообладнання. – К. НТУУ "КПІ", 2011. – 220с. (учбовий посібник)

18. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій: Навчальний посібник/ Укл.: Є.І. Бардик, П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв./ – К.: НТУУ «КПІ», 2011 – 105 с.

19. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Частина 2: Навчальний посібник/ Укл.: Є.І. Бардик, П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв./ – К.: НТУУ «КПІ», 2012 – 82 с.

20. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Частина 3: Навчальний посібник/ Укл.: П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв, О.Г. Філатов./ – К.: НТУУ «КПІ», 2014 – 103 с.