

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ПОШКОДЖУВАНOSTI ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ

Матеєнко Ю.П., к.т.н., доцент, Корсун О.С., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. На сьогоднішній день до 60 % електрообладнання ЕЕС України або експлуатується понад нормативний строк експлуатації, або підходить до граничного терміну експлуатації. До такого обладнання відносяться і високовольтні (елегазові) вимикачі, які вже відпрацювали по 14–16 років та наближаються до термінів проведення капітальних ремонтів.

Високовольтні вимикачі (ВВ) як один з основних компонентів передачі "генерація-споживання електричної енергії" відіграють визначальну роль у забезпеченні надійного та безпечного функціонування електроенергетичних систем (ЕЕС) у нормальних та аварійних умовах їхньої експлуатації. Вони використовуються для конфігурування ЕЕС і керування потоками електроенергії, відключення пошкоджених частин ЕЕС і обмеження розвитку подальших аварій. Через знос та старіння, що відбуваються в процесі експлуатації, вплив робочих струмів у різних режимах ЕЕС та вплив навколишнього середовища, неякісне чи несвоєчасне технічне обслуговування (ТО) в цьому надто складному за конструкцією обладнанні виникають різного роду пошкодження. Високовольтний вимикач є складним за своєю конструкцією механіко-електричним обладнанням. Сукупна кумулятивна дія зазначених факторів спричиняє ослаблення механічних кріплень, погіршення ізоляційних властивостей, поломки котушки вмикання/вимикання, ерозію та (або) поломки основних контактів, воронки і розширення сопел дугогасних камер та інші пошкодження. Це призводить до зниження робочих характеристик та надійності вимикачів, що з часом може стати причиною повної відмови у виконанні ними своїх функцій, зменшення строку служби і передчасного виведення з експлуатації. А також до аварій, пов'язаних із втратою ізоляційних характеристик вимикача. Надійність роботи вимикачів безпосередньо пов'язана з терміном експлуатації. Від тривалості експлуатації вимикача залежать допустимі значення режимних факторів та їх кількість. Зростаючий характер кривої пошкоджуваності вимикачів з часом після відпрацювання ним нормованого терміну експлуатації схожий на залежності старіння інших видів високовольтного обладнання.

Зростання пошкоджуваності при роботі за межами нормованого терміну експлуатації збільшує витрати на поточний ремонт обладнання, збільшує вірогідність аварійного виведення з роботи вимикача з-за цього [1].

Мета роботи. Дослідження та аналіз причин пошкодження високовольтних вимикачів напругою 330–750 кВ.

Матеріали і результати досліджень. Першочерговою вимогою до високовольтних вимикачів, які встановлені в розподільних пристроях, є надійність. Від вдалого проведення комутаційних операцій залежить подальша робота підстанції та енергосистеми в цілому. До показників надійності можна

віднести: інтенсивність відмов λ , 1/рік; період нормальної експлуатації T_0 , років (годин); ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$. Інтенсивність відмов підтверджується досвідом експлуатації, а оцінку показників надійності виконують на основі аналізу статистики відмов в експлуатації [2]. Високовольтні вимикачі мають три найбільш характерні періоди роботи (рис. 1.).

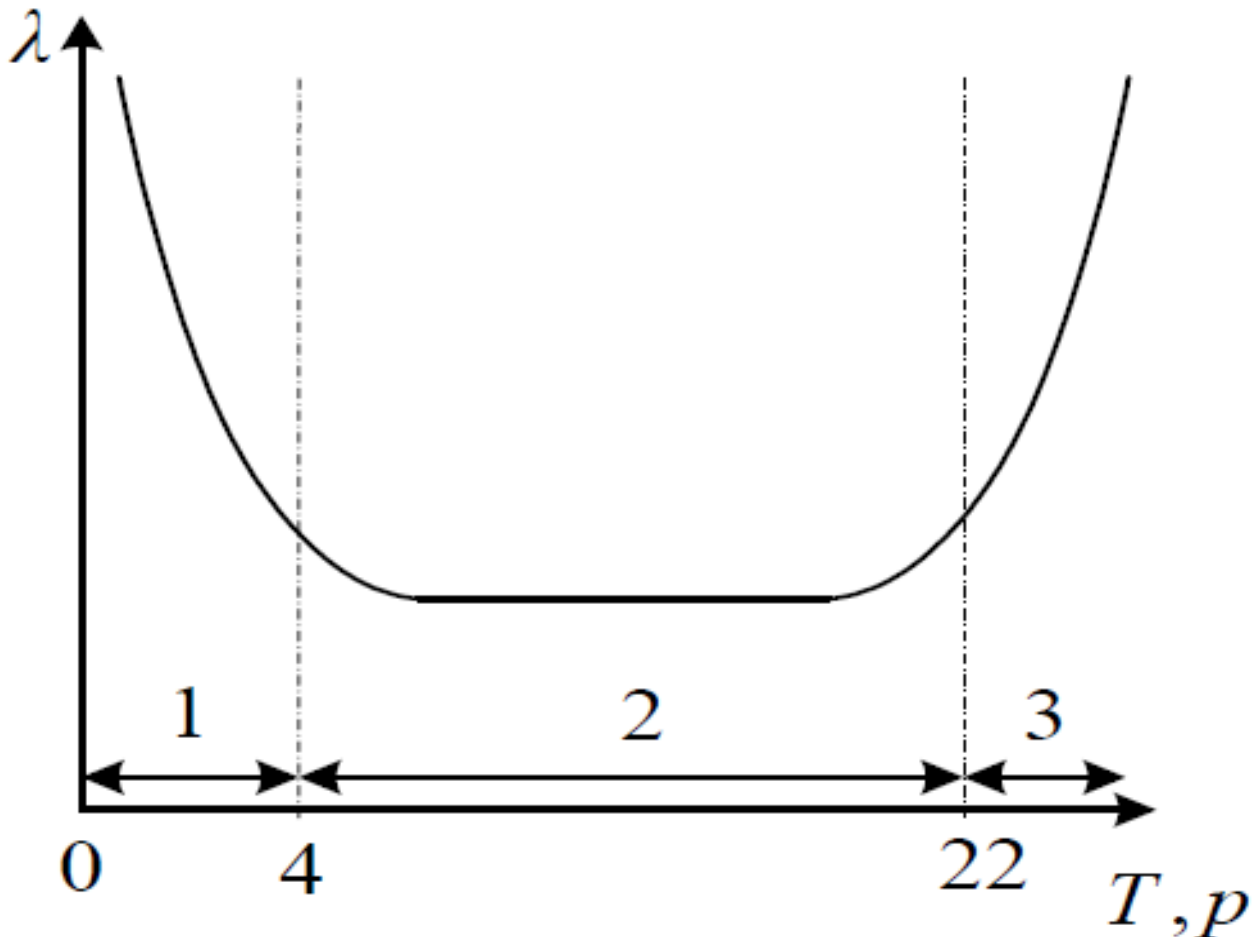


Рисунок 1 – Інтенсивність відмов високовольтних вимикачів:
 1 – припрацювання ($0 < t < t_1$); 2 – нормальна експлуатація ($t_1 < t < t_2$);
 3 – старіння чи зношеність ($t > t_2$).

Як показано на рис. 1 велика кількість відмов вимикачів виникає в перші роки експлуатації (період припрацювання) та в кінці терміну експлуатації (період старіння або зношеності) згідно з паспортним ресурсом. Період припрацювання характеризується інтенсивністю відмов викликаних відхиленням від вимог конструкторсько-технологічної документації. Період старіння або зношеності характеризується різким збільшенням інтенсивності відмов зумовлених зношеністю. Період нормальної експлуатації характеризується мінімальною і постійною інтенсивністю раптових відмов [3]. Термін експлуатації елегазових вимикачів значно менший ніж масляних і повітряних. Тому значення параметрів пошкоджуваності є набагато меншим. З метою оптимізації досліджень пошкоджуваності елегазових вимикачів та вдосконалення методів та засобів керування їх надійністю було виконано аналіз причин їх відмов [4].

Досвід експлуатації високовольтних вимикачів свідчить про те, що існує ймовірність відмов як застарілих, так і нових типів і конструкцій вимикачів (рис. 2) [5].



Рисунок 2 – Діаграма відмов високовольтних вимикачів

Як видно з діаграми відмов (рис. 2) кількість відмов елегазових вимикачів набагато менша порівняно з масляними та повітряним. Тому зрозумілим є прагнення експлуатуючих організацій замінити застарілі типи вимикачів на нові і сучасні. Проте, слід враховувати те, що відмови елегазових вимикачів все ж таки існують.

В період з 1998 по 2019 рік в Південно-Західній електроенергетичній системі встановлено понад 125 елегазових вимикачів різних класів напруг та виробників. Під час експлуатації зустрічались такі причини відмов як: пошкодження котушок електромагнітів увімкнення та вимкнення; спалення двигуна заведення пружини; неправильна робота релейного захисту та автоматики; втрата тиску елегазу пов'язана з неякісним проведенням пусконаладжувальних робіт та з ущільненнями в картері дугогасильної камери; пошкодження обігрівальних пристроїв; несправності пристроїв сигналізації тиску елегазу. Під час проведення пусконаладжувальних робіт, які виконував шеф-інженер на вимикачі класу напруги 750 кВ, було зафіксовано нестабільну роботу приводу. Під час подання сигналу на увімкнення вимикач не при кожній операції фіксувався в увімкненому положенні. Причиною нестабільної роботи був дисбаланс між пружинами увімкнення та вимкнення [6].

При налагодженні вимикачів на ПС-330 кВ «Хмельницька» було ви-явлено нестабільну роботу приводу. Після подачі команди на увімкнення привід не

фіксувався в увімкненому положенні і самовільно вимикався. Причиною цього був недостатній натяг пружинки для фіксації заціпки вимкнення. При виконанні операції увімкнення короткочасно з'являлась «земля» в колах постійного струму. Причиною цього був малий зазор між захисним металевим кожухом та проводом резистора для динамічного гальмування двигуна. Встановлено витік елегазу з зворотного клапана газорозподільної системи. При плановому технічному обслуговуванні та перевірці захистів вимикачів через рік після введення в експлуатацію виникли дефекти при увімкненні вимикачів. Вимикачі не фіксувалися в увімкненому положенні і самовільно вимикалися. За вказівкою представника заводу-виробника було виконано регулювання приводу, а саме вкручування болта розщеплювача приводу [7].

Проаналізувавши експлуатацію елегазових вимикачів, які введені в роботу на підприємствах України, було встановлено такі причини відмов: обрив скло епоксидних тяг в дугогасильній камері; розірвання дугогасильних камер під час виконання неуспішного АПВ на елегазовому вимикачі LTB800E/4 з причини нездатності вимкнення вимикачем струму майже 500 А (холостий струм лінії); втрата тиску дугогасильного середовища; спалення електромагнітів вмикання та вимкнення; порушення кріплення ковзких контактів до дуттєвого циліндра, що в свою чергу призвело до пробою ізоляційного проміжку між рухомим та нерухомим контактами вимикача, який виконав 6718 циклів; зафіксовано відмови бакових елегазових вимикачів з причини блокування кіл управління, які спричинила мала потужність і низька надійність обігрівальних приладів баків [4, 5, 7].

Аналіз експлуатації високовольтних вимикачів на підприємствах України свідчить про те, що кількість елегазових високовольтних вимикачів з року в рік збільшується. Так в Південно-Західній електро-енергетичній системі за період з 1998 по 2019 рр. включно встановлено понад 125 вимикачів таких провідних виробників як ABB, Alstom, Siemens та ВГТ.

Велика кількість різних типів вимикачів змушує експлуатуючий персонал вивчати велику кількість технічної документації та різних методів і засобів для їх діагностування [6].

Тому актуальною є задача вдосконалення методів та засобів визначення технічного стану високовольтних вимикачів в умовах підвищення ефективності існуючих методів забезпечення їх безаварійної роботи.

Діаграма розподілу відмов для елегазових вимикачів зображена на рис. 3.

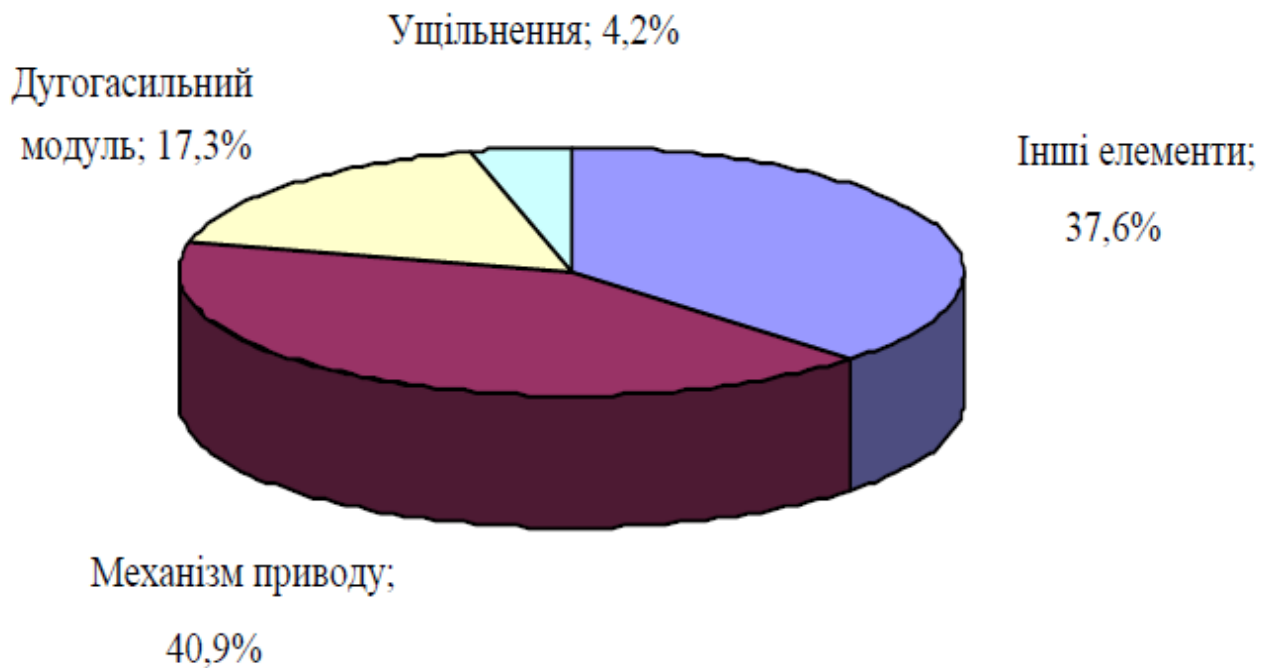


Рисунок 3 – Діаграма відмов елегазових вимикачів

Висновки. Отже основними причинами відмов високовольтних вимикачів виникає в перші роки експлуатації, а саме відхиленням від вимог конструкторсько-технологічної документації, а більшість вимикачів ЕЕС України експлуатується понад нормативний строк експлуатації, також більшість відмов високовольтних вимикачів могло б не бути завдяки завчасному проведенню заходів з усунення причин пошкодження на початковій стадії їх виникнення.

Перелік посилань

1. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: НЦ ЭНАС, 2002. - 216 с.
2. Гук Ю. Б. Основы надежности электрических установок / Ю. Б. Гук. – Л. : ЛГУ, 1976. – 192 с.
3. Проблемы надежности электроэнергетических систем / И. А. Александров, В. А. Веников, В. В. Могирев и др. // Энергетика и транспорт. – 1976. – № 1. – С. 38–45.
4. 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.
5. Андреев Д. А. Анализ методов расчета коммутационного ресурса высоковольтных выключателей / Д. А. Андреев, И. А. Назарычев // Вестник ИГЭУ. – 2008. – № 2. – С. 69–84.
6. 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.
7. 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.