

Особливості експлуатації високовольтних електричних вимикачів
Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі звертається увага на те, що в наш час в експлуатації знаходиться багато високовольтних вимикачів різних виробників та конструкцій, які відрізняються дугогасним середовищем та принципом дії. Це ускладнює їх експлуатацію. На основі аналізу пошкоджень високовольтних вимикачів доведено, що мають місце не лише пошкодження застарілих оливних чи повітряних вимикачів, а і нових елегазових вимикачів. Зазначається, що під час експлуатації вимикачів потрібно враховувати їх технічний стан, який визначається шляхом використання сучасних методів та засобів діагностування. Підкреслюється, що за результати діагностування ВВ мають враховувати визначення ризиків під час експлуатації діагностованих вимикачів.

Ключові слова: високовольтний вимикач, повітряний вимикач, елегазовий вимикач, пошкодження вимикачів, ризики.

Abstract

The paper draws attention to the fact that nowadays there are many high-voltage switches in operation of different manufacturers and designs, which differ in the arc-quenching environment and the principle of operation. This complicates their operation. Based on the analysis of damage to high-voltage circuit breakers, it is proved that there are not only damage to obsolete oil or air circuit breakers, but also new SF6 circuit breakers. It is noted that during operation of switches it is necessary to consider their technical condition which is defined by use of modern methods and means of diagnostics. It is emphasized that the results of the diagnosis of explosives should take into account the definition of risks during the operation of the diagnosed switches.

Key words: high-voltage switch, air switch, SF6 switch, damage of switches, risks.

Вступ

В наш час в експлуатації знаходиться багато високовольтних вимикачів (ВВ), які поділяються за напругою електроустаткування, за призначенням, за дугогасним середовищем, за конструкцією та за іншими ознаками. Експлуатація вимикачів передбачає їх технічне обслуговування, поточні, розширені та капітальні ремонти, огляди, випробовування, on-line та off-line діагностування і т.п.

Одним з призначень ВВ є увімкнення та вимкнення високовольтного обладнання, відключення великих струмів під час коротких замкнень, струмів перевантажень і т.п.

Отже, відмова ВВ під час експлуатації спричиняє зростання ризиків, пов'язаних з небезпекою, з пошкодженням відповідального обладнання, пов'язаних з порушенням оптимальних та економічних режимів експлуатації електроенергетичних систем, технологічних процесів різних галузей в промисловості та агропереробному комплексі України. Пошкоджене високовольтне обладнання має бути швидко відключене найближчим вимикачем. Однак, навіть сучасні елегазові ВВ можуть пошкоджуватись. Неякісне діагностування елегазових ВВ викликає зростання ризиків пов'язаних з їх відмовою під час експлуатації. Отже, тема «Особливості експлуатації високовольтних електричних вимикачів», їх діагностування та визначення ризиків експлуатації несправних ВВ, внаслідок неякісного їх діагностування є актуальними.

Результати досліджень.

Результати досліджень пошкоджуваності ВВ показані на рис. 1. З рис. 1 видно, що пошкоджуваність елегазових вимикачів складає лише 7,1 %, від загальної кількості пошкоджень ВВ, однак кількість елегазових вимикачів, які в наш час знаходяться в експлуатації, значно менша ніж оливних або вакуумних.

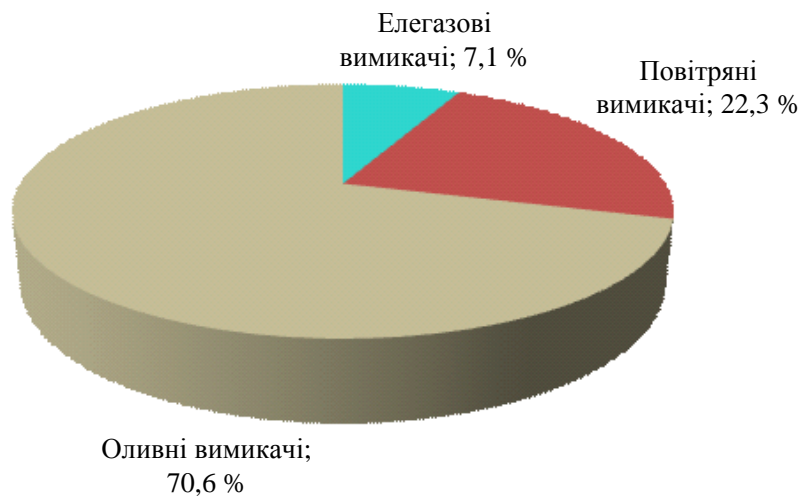


Рис. 1. Пошкоджуваність високовольтних вимикачів.

В [1] зазначається, що під час експлуатації мали місце пошкодження елегазових ВВ з наступних причин: пошкодження котушок електромагнітів увімкнення та вимкнення; пошкодження електричного двигуна заведення пружини; помилкова робота релейного захисту та автоматики; втрата тиску елегазу пов'язана з неякісним проведенням пуско-налагоджувальних робіт та з ущільненнями в картері дугогасильної камери; пошкодження обігрівачів пристроїв; несправності пристроїв сигналізації тиску елегазу. Під час проведення пуско-налагоджувальних 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 [2].

Під час налагодження вимикачів на ПС-330 кВ «Хмельницька» було виявлено нестабільну роботу приводу. Після подачі команди на увімкнення привод не фіксувався в увімкненому положенні і самовільно вимикався. Причиною цього був недостатній натяг пружинки для фіксації зачіпки 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 укручування болта розщеплювала приводу [3]. В табл. 1 показані кількості відмов ВВ в залежності від видів ВВ.

Таблиця 1.

Кількості відмов ВВ

Вид вимикача	Клас напруги, кВ					Всього відмов по типам вимикачів
	110	220	330	500	750	
1 Повітряні	112	83	87	183	15	480/2977
2 Оливні	1760	674	-	-	-	2434/2977
3 Елегазові	27	28	1	6	1	63/2977

Проаналізувавши експлуатацію елегазових вимикачів які введені в роботу на підприємствах України також 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 по причині нездатності вимкнення вимикачем струму майже 500 А (холостий струм лінії); втрата тиску дугогасильного середовища; спалення електромагнітів вимкнення та увімкнення; порушення кріплення ковзаючих контактів до дуттєвого циліндру, що в свою чергу призвело до пробую ізоляційного проміжку між рухомим та нерухомим контактами вимикача який виконав 6718 циклів; зафіксовано відмови бакових елегазових вимикачів по причині блокування

кіл управління, які спричинила мала потужність і низька надійність обігрівачів баків [3, 4, 5]. Діаграма розподілу відмов для елегазових вимикачів зображена на рис. 2.



Рис. 2. Діаграма відмов елегазових вимикачів

На рис.3 показані : а - термограма дефектного елегазового вимикача, б та в – пошкоджені елегазові вимикачі, г та д – пошкоджені повітряні вимикачі

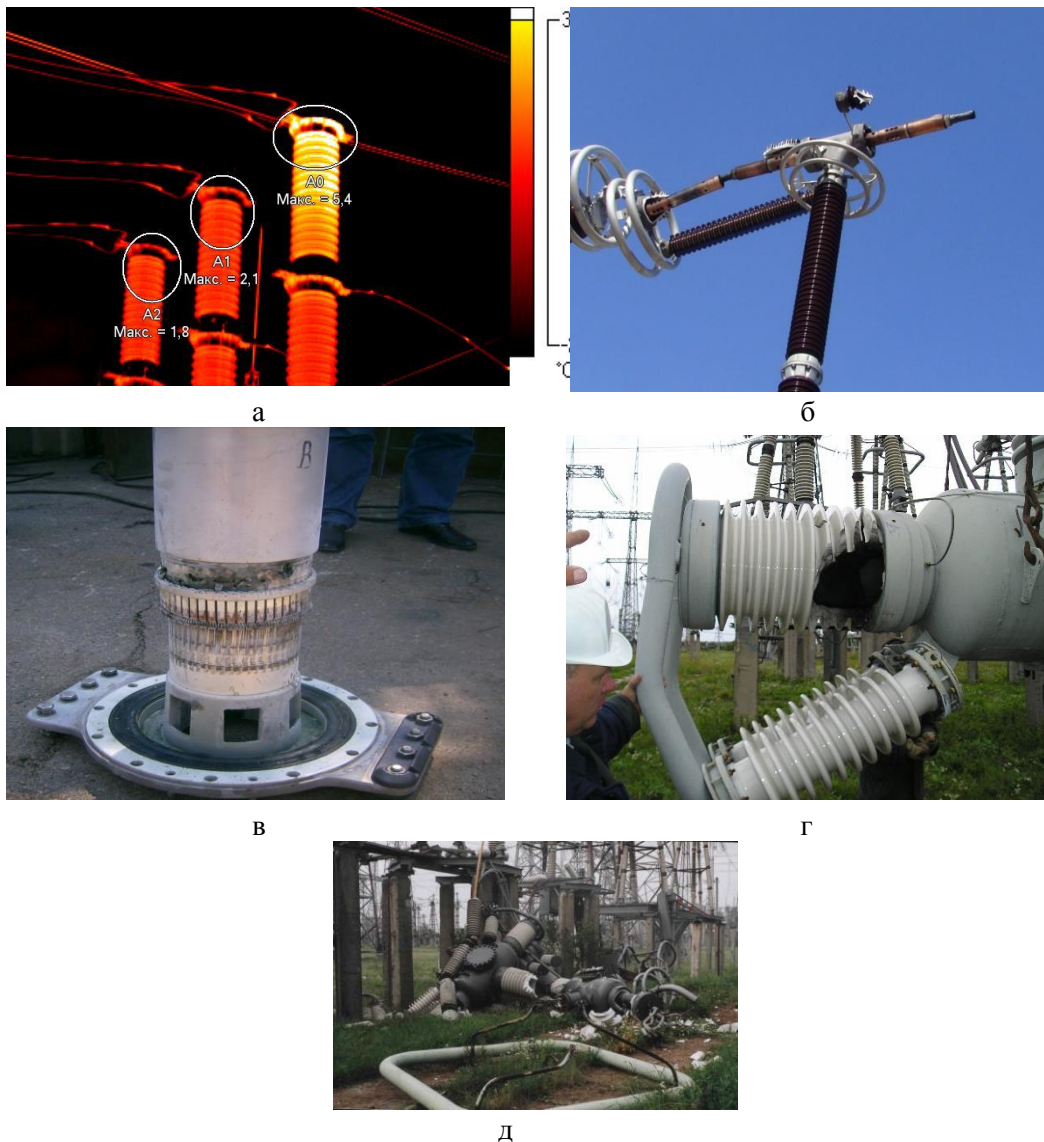


Рис. 3. Дефекти та пошкодження високовольтних вимикачів

Тому актуальним є вдосконалення, розробка та впровадження сучасних, інформативних систем визначення технічного стану ВВ [6].

Суть розрахунку ризиків зводиться до визначення сумарного ризику з врахуванням всіх факторів та порівняння його з прийнятним ризиком.

Загальні формули для компонентів ризику кожного виду втрат під час експлуатації ВВ з невідомим технічним станом. Або з погіршеним технічним станом наступні:

$$R1=RA1+RB1+RC1+RM1+RU1+RV1+RW1+RZ1, \quad (1)$$

$$R2=RB2+RC2+RM2+RV2+RW2+RZ2, \quad (2)$$

$$R3=RB3+RV3, \quad (3)$$

$$R4=RA4+RB4+RC4+RM4+RU4+RV4+RW4+RZ4, \quad (4)$$

У формулах (1) ÷ (4) використовуються: **компоненти ризику для вимикача під час відключення ВВ значних струмів коротких замкнень (кз)**, а саме: RA - компонент ризику нанесення шкоди живим істотам в результаті ураження електричним струмом в результаті неспрацювання вимикача або руйнування вимикача, RB - компонент ризику фізичного пошкодження суміжного з вимикачем високовольтного обладнання, викликаного неспрацюванням ВВ, яке може привести до вибуху або пожежі, до витoku електричного струму і наразити на небезпеку навколишнє середовище, RC - компонент ризику відмови внутрішніх систем ВВ, викликаного погіршенням його технічного стану (наприклад зношування головних контактів, зменшення тиску електричного струму і т.п.) під час увімкнення/вимкнення номінальних струмів; компоненти ризику для електрообладнання розподільного пристрою при короткому замкненні поблизу розподільного пристрою, RM - компонент ризику відмови внутрішніх систем ВВ, викликаного відключенням струмів коротких замкнень в циклі неуспішного АПВ; **компоненти ризику для вимикача та обладнання розподільного пристрою при короткому замкненні в обладнанні розподільного пристрою або поблизу**, а саме: RU - компонент ризику нанесення шкоди живим істотам внаслідок ураження їх електричним струмом або напругою кроку під час замкнень в обладнанні розподільного пристрою і неспрацюванні вимикача, RV - компонент ризику фізичного пошкодження обладнання розподільного пристрою (пожежа або вибух, викликані замкненнями та перевантаженнями електричного обладнання розподільних пристроїв та неспрацюваннями відповідних ВВ викликаних незадовільним технічним станом ВВ), RW - компонент ризику відмови ВВ, викликані пошкодженнями джерела живлення котушок увімкнення та вимкнення ВВ; **компоненти ризику для ВВ при короткому замкненні в лінії оперативного постійного струму**, а саме: RZ - Компонент ризику відмови внутрішніх систем ВВ, викликаний обривом або замкненнями в лініях оперативного постійного струму або напруги.

Висновки

1. В наш час в експлуатації знаходиться багато високовольтних вимикачів різних виробників та конструкцій, які відрізняються дугогасним середовищем та принципом дії. Це ускладнює їх експлуатацію.

2. Проведений аналіз пошкоджень ВВ свідчить про пошкодження не лише застарілих оливних чи повітряних вимикачів, а і нових електричних вимикачів.

3. Під час експлуатації ВВ потрібно враховувати їх технічний стан, який визначається шляхом використання сучасних методів та засобів діагностування.

4. Висновки за результатами діагностування ВВ мають враховувати визначення ризиків під час експлуатації діагностованих ВВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Рубаненко, О.Є. Координація впровадження та забезпечення надійності елегазових вимикачів в умовах експлуатації [Текст] / О.Є. Рубаненко, С. В. Мисенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 1. – С. 135–139.
- [2] Михайлюк, Р. І. «Досвід та перспективи експлуатації елегазових вимикачів у Південно-Західній енергетичній системі [Текст] / Р. І. Михайлюк, С. В. Мисенко, В. М. Кутін, О. Є. Рубаненко // Енергетика та електрифікація. – 2014. – №3. – С. 34–37.
- [3] Кутін, В.М. Досвід впровадження та забезпечення надійності елегазових вимикачів в умовах експлуатації [Текст] / В.М. Кутін, О.Є. Рубаненко, С.В. Мисенко // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 1. – С. 1–7.
- [4] Тарасевич, П.Й. Перспективи розвитку засобів виявлення високовольтних вимикачів напругою 110–750 кВ, що відмовили [Текст] / П.Й. Тарасевич // Електроенергетичні та електромеханічні системи. - Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", – 2009. – С. 91–96.
- [5] Андреев, Д.А. Анализ методов расчета коммутационного ресурса высоковольтных выключателей [Текст] / Д.А. Андреев, И.А. Назарычев // Вест. ИГЭУ. – 2008. – Вып. №2. – С. 69–84.
- [6] Richard Thomas. Controlled Switching of High Voltage SF6 Circuit Breakers for Fault Interruption. Thesis for the degree of licentiate of engineering. Sweden 2004. – 259 p.
- [7] О. В. Дідушок, “Мікропроцесорний пристрій для діагностування електромагнітного приводу вакуумного вимикача”, Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 6, с. 31 – 36, 2019. doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-147-6-31-36>.

Рубаненко Олександр Євгенійович – кандидат технічних наук, професор, кафедра ЕСС Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rubanenkoae@ukr.net

Лесько Владислав Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри ЕСС Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: leskovlad@ukr.net.

Поліщук Андрій Володимирович – студент групи ЕЕ-186, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: andrey.polishchuk2000@gmail.com.

Мельничук Дмитро Олександрович – студент групи ЕС-20м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: studgor@gmail.com.

Науковий керівник: **Рубаненко Олександр Євгенійович** — кандидат технічних наук, професор, кафедра ЕСС Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rubanenkoae@ukr.net