

# ДОСЛІДЖЕННЯМ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ГОЛОВНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ З УРАХУВАННЯМ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Досліджені методи діагностування ізоляції трансформаторів традиційними методами й новітніми - за характеристиками часткових розрядів і результатами хроматографічного аналізу вільних газів у маслі. Комплексне використання традиційних і нових методів профілактики дає ефективні результати.*

**Ключові слова:** силові трансформатори електричних станцій і мереж; профілактика стану ізоляції, характеристики часткових розрядів, газові хроматограми.

## *Abstract*

*The methods of diagnosing insulation of transformers by traditional methods and the latest ones - according to the characteristics of partial discharges and the results of chromatographic analysis of free gases in oil - were investigated. Complex use of traditional and new methods of prevention gives effective results.*

**Keywords:** power transformers of electrical stations and networks; insulation state prevention, characteristics of partial discharges, gas chromatograms.

## **Вступ**

Основним напрямком удосконалення системи контролю стану трансформаторів електричних станцій і систем є застосування методів виявлення дефектів без виводу із роботи, тобто під робочою напругою [1]. Внаслідок того, що в умовах контролю під напругою немає необхідності у вимиканні трансформатора, що діагностується, то підвищується надійність і економічність роботи енергосистеми в цілому як за рахунок відмови від так званих ремонтних схем із неповним складом обладнання, так і за рахунок скорочення об'єму оперативних перемикань, котрі і самі по собі є першопричиною відмови обладнання і нещасних випадків з персоналом. Таким чином, дослідження ефективності традиційних і нових методів профілактики ізоляції [2].

Метою роботи є аналіз ефективності нових методів профілактики ізоляції силових трансформаторів для оперативного реагування на можливі дефекти.

## **Результати дослідження**

Необхідність створення ремонтних схем, яка диктується режимом роботи обладнання, часто є передумовою проведення випробування тільки в певні сезони або час доби (під час зниження навантаження і т.п.) З іншого боку, контролю під робочою напругою дає практичну можливість необмежено широкого варіювання періодичності випробувань в залежності від фактичного стану трансформатора і ефективності прийнятого методу профілактики.

Профілактика ізоляції трансформатору в умовах, коли він перебуває під робочою напругою і навантаженням, максимально наближають умови випробувань до умов роботи в експлуатації (трансформатор нагрітий, розподіл напруги по елементам відповідає експлуатаційному). Це підвищує ефективність виявлення дефектів на ранній стадії їх розвитку. Деякий із елементів контролю трансформаторів і вводів під робочою напругою (вимірювання часткових розрядів, аналіз газів, що розчинені в маслі, випробування низьковольтними імпульсами, інфрачервона дефектоскопія) не мають таких же ефективних аналогів для випробувань, які пов'язані з виводом трансформатора із роботи.

В майбутньому система контролю під робочою напругою дозволить перейти до безперервного

контролю стану трансформатора, що забезпечить підвищення його надійності з одночасним скороченням витрат по профілактиці.

Кожен з видів дефектів призводить до утворення характерного складу газів. Відношення концентрацій окремих пар цих газів мають певні значення для різних видів дефектів, що дозволяє, використовуючи ці відношення, визначати тип основних дефектів. Всі схеми визначення типу дефекту за відношеннями окремих газів можуть бути застосовані до всіх видів обладнання. Використовувати діагностичні схеми, які будуються на відношеннях газів (табличні та графічні), з прийнятною достовірністю результату рекомендується, якщо концентрації окремих газів, або хоча б один з них, в мкл/л перевищують наступні:  $H_2 = 50$ ,  $CH_4 = 15$ ,  $C_2H_4 = 15$ ,  $C_2H_6 = 15$ ,  $C_2H_2 = 3$ ,  $CO = 200$ ,  $CO_2 = 1000$ . Визначення типу дефекту за допомогою трьох основних відношень газів  $C_2H_2/C_2H_4$ ,  $CH_4/H_2$  та  $C_2H_4/C_2H_6$  в табличній формі наведено в таблиці 1.

Тип дефекту	Код дефекту	$C_2H_2/C_2H_4$	$CH_4/H_2$	$C_2H_4/C_2H_6$
Нормальне старіння масла	не є дефектом	нх	0,1 – 1	<0,2
Часткові розряди	ЧР	нх	<0,1	<0,2
Розряди низької енергії	P1	>1	0,1 – 0,5	>1
Розряди високої енергії	P2	>1	0,1 – 1	>2
Розряди по поверхні та в товщі ізоляції (повзучий розряд)	P3	<1	0,3 – 0,5	>5
Термічний дефект $t$ 150 - 300°C	T1	нх	>1	<1
Термічний дефект $300^\circ C < t < 700^\circ C$	T2	нх	>1	1 – 4
Термічний дефект $t > 700^\circ C$	T3	<0,2	>1	>4

Перевищення певного рівня концентрації газів пов'язана з високою вірогідністю виникнення дефекту, що може призвести до відмови обладнання та може супроводжуватися необоротними пошкодженнями. Цей рівень може бути визначений як результат статистичної обробки результатів ХАРГ (хроматографічний аналіз розчинених газів) великої кількості обладнання, що зберігає працездатність й не виведено з експлуатації. Граничний рівень необхідно визначати для обладнання, яке згруповано за ознаками, що впливають на рівень газів (клас напруги, вид захисту, інше). Враховуючи численність причин, що впливають на результати вимірювання концентрації газів, для отримання статистично значущого результату такої обробки кількість одиниць обладнання, для якого визначається граничний рівень, повинно бути не менше 100. Визначення граничної концентрації газу, що відповідає дефектному рівню, може бути зроблено за допомогою інтегральної функції розподілення результатів вимірювання для обладнання визначеної групи.

### Висновки

В маслонаповнених трансформаторах вирішальним є стан масла, тому контроль головної ізоляції трансформаторів починається з контролю показників якості масла і порівняння результатів з гранично допустимими значеннями. Найважливішим показником вимірювання для контролю ізоляції є величина  $tg\delta$ . Для маслонаповнених трансформаторів іонізаційні криві  $tg\delta = f(U)$  - дають цінну інформацію про природу пошкоджень. Залежність  $tg\delta = f(U)$  ізоляції визначається за напруги від 0 до  $1,5 U_n$ . Ємність головної ізоляції складає декілька сотень [пФ]. Пошкодження викликає помітну зміну ємності обмотки, але для вимірювання цих змін необхідна дуже висока чуттєвість, яку практично забезпечити складно внаслідок великих впливів паразитичних ємностей. Ось чому вимірювання ємнісних характеристик з метою контролю головної ізоляції трансформаторів є додатковим.

Застосування аналізу ХАРГ в маслі ефективно тому, що тверді продукти розкладання ізоляції трансформаторів осідають в зоні дефекту (перегріву), а рідкі газоподібні розчиняються в маслі.

Комплексна оцінка вищенаведених методів профілактики дає ефективний результат.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Ч. 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад. Є. І. Бардик, П. Л. Денисюк, Ю. В. Безбереж'єв. – Електронні текстові дані. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012.

2. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова. К. : НАУ, 2018. 312 с.

**Качалка Микола Миколайович** — студент групи ЕС-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sobchuk3vntueduua@vntu.edu.ua

**Студілко Таїсія Вікторівна** — студентка групи ЕСМ-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sobchuk3vntueduua@vntu.edu.ua

**Собчук Наталія Валеріївна** — канд. техн. наук, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sobchuk3vntueduua@vntu.edu.ua

**Kachalka Mykola M.** — student of the ES-22mz group, Faculty of Electrical Power Engineering and Electro-Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sobchuk3vntueduua@vntu.edu.ua

**Studilko Taisiya Viktorivna** — student of ESM-22mz group, Faculty of Electric Power and Electro-Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sobchuk3vntueduua@vntu.edu.ua

**Sobchuk Nataliya V.** — candidate. technical of Sciences, associate professor of the department of electrical plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sobchuk3vntueduua@vntu.edu.ua