

# ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ В СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація.** В роботі проведено дослідження дефектів в силових трансформаторах та виявлено основні причини їх виникнення. Розроблено узагальнену систему класифікації дефектів в силових трансформаторах.

**Ключові слова:** дефект, силовий трансформатор, ізоляція, діагностування.

**Abstract.** The investigation of defects in power transformers was shown in this work. Also it was found the main reasons for their appearance. I was developed a generalized classification system for defects in power transformers.

**Keywords:** defect, power transformer, isolation, diagnostics.

## Вступ

Останніми роками в Україні спостерігається збільшення споживання електричної енергії та, як наслідок, зростання навантаження на електроенергетичне обладнання. У той же час велика кількість потужних силових трансформаторів, які є важливим та дороговартісним обладнанням, експлуатуються з перевищенням призначеного ресурсу (розрахункового терміну служби). Багато фахівців відзначають, що замінювати трансформатор після закінчення його терміну експлуатації (25 - 30 років) в більшості випадків недоцільно [1-3]. Це спричинено тим, що, якщо умови роботи обладнання впродовж терміну експлуатації відповідали розрахунковому, а навантаження не перевищувало номінальних значень, велика ймовірність того, що стан його твердої ізоляції (основний параметр, що визначає реальний термін служби трансформатора) після завершення призначеного ресурсу залишається задовільним [4].

Для забезпечення необхідного рівня надійності роботи енергосистеми, при подальшій експлуатації обладнання, особливу увагу приділяють контролю його технічного стану. Таким чином, на сучасній стадії розвитку енергетики підвищується актуальність питань дефектів силових трансформаторів.

## Результати дослідження

Однією з основних складових частин сучасних електричних систем є силові трансформатори, сумарна потужність яких у зв'язку з багаторазовою трансформацією електричної енергії в 5-6 разів перевищує генераторну потужність. Силовий трансформатор - це електричний апарат, для виробництва якого потрібні дороговартісні матеріали: електролітична мідь, високоякісна холоднокатана електротехнічна сталь, трансформаторна олива високого ступеня очищення та ін.

Незважаючи на те, що проектування і виробництво силових трансформаторів в Україні проводилося на рівні, що не поступається кращим зарубіжним фірмам, в експлуатації вони вимагають виконання комплексу профілактичних заходів: хроматографічних аналізів масла, електричних випробувань, поточних і капітальних ремонтів та ін .

В зв'язку з тим, експлуатація силових трансформаторів проводилася і проводиться не завжди належним чином, а також через фізичне і моральне старіння обладнання, ймовірність аварій силових трансформаторів на сьогоднішній день досить висока. Це може призвести до:

- втрати об'єкта, як матеріальної цінності або потреби великих інвестицій на відновлення обладнання;
- ймовірності "ефекту доміно", коли аварійний процес впливає на сусіднє обладнання та навколишнє середовище;
- перервою в електропостачанні споживачів.

Остання обставина в умовах ринкової економіки може супроводжуватися значним збитком, що в підсумку може перевищити економічні втрати від перших двох причин. Проблема посилюється тим, що в сучасних електричних мережах обладнання вичерпало свій нормативний ресурс або знаходиться на стадії завершення свого терміну експлуатації. Таким чином, можна стверджувати, що будь-які дослідження і розробки, спрямовані на підвищення надійності експлуатації старіючого трансформаторного обладнання, є актуальними [5].

Забезпечення надійності роботи трансформатора в процесі його експлуатації досягається за рахунок застосування захисних і конструкційних елементів, а також проведення необхідного регламентного обслуговування шляхом відповідних випробувань. Аналіз класифікації дефектів в

будь-якому об'єкту може проводитися різними способами, кожен з яких, з одного боку, по-своєму інформативний, а з іншого боку, обмежений. В силових трансформаторах дефекти можуть класифікуватися наступним чином:

- за часом розвитку: раптові, уповільнені і т.д. ;
- за місцем прояви: торцеві котушки обмотки НН, нижня балка магнітопровода і т.д.;
- за функціональним принципом: підвищені поля розсіювання, значні циркулюючі струми і т.п.;
- за відхиленням характеристик матеріалів від нормованих значень і порушень технологічних процесів: порушення цілісності листів електротехнічної сталі, порушення геометричних розмірів охолоджуючих каналів обмоток, неправильне виконання транспозиції обмоток і т.д.;
- за прорахунками в проектуванні: неточність теплового розрахунку обмоток, неврахування підвищених полів розсіювання на кришці бака і т.д.;
- проявам процесів старіння: утворення шламу в маслі, тепла деструкція поздовжньої ізоляції і т.д.

В автоматизованих системах діагностики [6] класифікація дефектів повинна сприяти послідовному залученню різних діагностичних методів для найбільш достовірного та економічного їх виявлення і оцінки ступеня небезпеки, а також для максимально точної локалізації місця дефекту.

Дослідження дефектів в силових трансформаторах та аналіз різних запропонованих класифікацій в [7-9] показав, що такі класифікації мають ряд недоліків. Зокрема, в [7] класифікація дефектів в силових трансформаторах зводиться до двох груп – теплових та електричних дефектів, що не враховує всього різноманіття можливих пошкоджень в трансформаторі. Логічна схема класифікації дефектів трансформаторів, яка наведена в [8] не пов'язує пошкодження з конкретними конструктивними елементами трансформатора. В [9] дефекти в значній мірі дублюються для кожної конструктивної системи трансформатора.

З урахуванням розглянутих класифікацій в роботі запропоновано використовувати узагальнену систему класифікації дефектів (рис.1), в якій виключені такі недоліки, розглянуті в [7-9]. Така система класифікації дефектів силових трансформаторів в більшості випадків виявляється достатньою для оцінки стану трансформатора на першому етапі діагностування.



Рис.1 - Узагальнена система класифікації дефектів силових трансформаторів

## Висновок

Запропонована узагальнена система класифікації дефектів силових трансформаторів, в якій зроблена спроба виключити виявлені в інших підходах недоліки, дозволяє розділити аномальні процеси, що визивають дефект, та конструктивні елементи трансформатора. Така система класифікації враховує ряд найчастіших дефектів силових трансформаторів та причин їх виникнення. Серед найпроблемніших визначено такі дефекти в силових трансформаторах, як: порушення ізоляції між паралельними вітками, витік оливи, порушення головної та поздовжньої ізоляції, порушення системи очищення оливи. Класифікація внутрішніх пошкоджень трансформаторів показала, що надійність сучасного трансформатора в значній мірі визначається його ізоляцією.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Современные методы комплексной диагностики силовых трансформаторов 35 кВ и выше [Электронный ресурс] // Информационно-справочное издание «Новости электротехники» – 2006. – №2(38). – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2006/38/16.php>.
2. Сазыкин В.Г. Организационные аспекты эксплуатации изношенного электрооборудования / В.Г. Сазыкин // Промышленная энергетика. – 2000. - №4. – С.28-35.
3. Эксплуатация силовых трансформаторов [Электронный ресурс] // Электроэнергетика - Режим доступа: [http://forca.com.ua/instrukcii/pidstancii/ekspluataciya-silovyh-transformatorov\\_5.html](http://forca.com.ua/instrukcii/pidstancii/ekspluataciya-silovyh-transformatorov_5.html).
4. Савваитов Д.С., Тимашова Л.В. Техническое состояние основного оборудования подстанций и ВЛ и мероприятия по повышению надежности. - Электрические станции, 2004, № 8. - С.14 - 18.
5. Объем и нормы испытаний электрооборудования: / Под общ. ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. - 6-е изд., с изм. и доп. РД 34.45- 51.300-00.М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. - 256 с.
6. Компьютерная система диагностики трансформаторного оборудования / Л.В. Виноградова, Е.Б. Игнатьев, В.Н. Ларионов и др.. / Повышение эффективности работы ТЭС и энергосистем: Труды ИГЭУ / ИГЭУ. – Иваново, 1997. – С.203-208.
7. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворённых в масле: / Утв. Департаментом научнотехнической политики и развития РАО "ЕЭС России" 12.12.2000; Разраб. департамент АО ВНИИЭ, ЗАО "Изолятор". Срок действ, установлен с 01.01.2001. - М.: АО ВНИИЭ, 2001. - 42 с.
8. Турин В. В., Соколов В. В. Обследование силовых трансформаторов в эксплуатации // Электротехника. - 1994. - № 9. - С. 43-18.
9. Классификация дефектов в силовых масляных трансформаторах / Л. Виноградова, Е. Б, Игнатьев, Т. Лхамсурэнгийн, Г. В. Попов //Высоковольтная техника и электротехнология / ИГЭУ. - Иваново, 1999. - С. 14-21.

**Хавтурко Віталій Васильович** — студент групи 1Е-14б, факультет електроенергетики, електромеханіки та електротехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Khavtyrko Vitalii Vasylovych** - student of 1E-14b group, Department of electricity, electromechanics and electrical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.