

# МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРІВ ВИЩИХ КЛАСІВ НАПРУГИ

**Клепко К.В., студентка, Паненко О.М., асистент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем*

**Вступ.** Основними задачами діагностики трансформаторного обладнання є виявлення дефектів і пошкоджень, оцінка функціональної справності обладнання, визначення можливостей продовження терміну експлуатації без проведення ремонтних робіт, визначення об'єму ремонту при його необхідності, оцінка залишкового терміну служби, а також виробіток рекомендацій щодо продовження терміну служби.

Одна з основних причин, яка призводить до аварії силових трансформаторів – недостатня електродинамічна стійкість обмоток при коротких замиканнях. Аналіз пошкоджень трансформаторів в експлуатації вказує на те, що для трансформаторів потужністю вище 10 МВА основний вид пошкоджень при короткому замиканні це втрати радіальної стійкості обмоток. Враховуючи все це, важливо розвивати засоби і методи контролю і діагностики механічного стану обмоток трансформаторів в експлуатації. В наш час, крім традиційних, починають використовувати нові методи тестової діагностики, яка дозволяє з різним ступенем достовірності знаходити недопустимі пошкодження обмоток.

**Мета роботи:** дослідження методів діагностики стану обмоток трансформаторів вищих класів напруги.

**Матеріали і результати досліджень.** Розглянемо методи діагностики трансформаторів вищих класів напруги. До методів діагностики [2], які враховують чутливість обмоток до зміни механічного стану належать: вимірювання опору короткого замикання, метод низьковольтних імпульсів (НВІ), метод частотного аналізу спектрів сигналів обмоток.

Вимірювання опору короткого замикання, є традиційним вимірюванням на відключеному трансформаторі, що регулярно проводиться технічним персоналом. Також до цих вимірювань можна віднести вимірювання тангенсу і опору ізоляції обмоток і вводів, опір обмоток постійного струму та втрати неробочого ходу [1].

Метод низьковольтних імпульсів [2, 3].

Ідея методу полягає у тому, що на обмотку розшинованого трансформатора подається короткий прямокутний зондуєчий імпульс низької напруги (100-600 В), який триває 1 мкс, і одночасно спостерігається струм на вимірювальних шунтах, підключених до інших обмоток. Таким чином, виникає перехідний процес на обмотках, за рахунок реакції на дію прямокутного імпульсу. Також проводиться завчасно паспортизація реакції робочого трансформатора на НВІ. Потім, порівнюючи результати осцилограм, записаних до короткого замикання і після короткого замикання, можна визначити стан обмоток трансформатора. Якщо на осцилограмах присутні зміни, це свідчить про механічні або електричні пошкодження.

Навіть при невеликих механічних переміщеннях в обмотках можуть значно змінюватися ємності окремих елементів (міжвиткові і міжкатушечні ємності, ємності на сусідній концентр або магнітопровід), а при значних деформаціях – і індуктивності деформованих елементів. Це призводить до зміни власних частот коливань, що показують осцилограми імпульсних токів і напруги. До недоліків метода НВІ можна віднести те, що висока відтворюваність результатів вимірювань можлива тільки при забезпеченні повної ідентичності вимірювань, інтервал часу між якими може складати роки. Інтерпретація результатів вимірювань потребує високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Метод частотного аналізу спектрів сигналів обмоток [2].

Порівняно з методом НВІ, більшу перевагу віддають саме методу частотного аналізу спектрів, причиною цього є те, що цей метод менше залежить від схеми вимірювання, тобто від взаємного розміщення вимірювальних кабелів, впливу ошиновки поблизу об'єкту за умов діючої підстанції і т.д. Це дозволяє кількісно оцінити залишкові деформації, які виникають в обмотках.

Схема проведення випробувань схожа з попереднім методом. Від спеціального генератора на ввід однієї з обмоток подається зондуючий (синусоїдальний або імпульсний) сигнал, а з ввів інших обмоток реєструються відклики – реакції обмоток на дію сигналу. У випадку подачі імпульсного сигналу (до 600 В) аналізують амплітудно-частотний спектр відкликів. У випадку синусоїдального сигналу знімають амплітудно-частотну характеристику при зміні частоти сигналу (10 В). Зміни в геометрії обмоток внаслідок деформацій, зміщення, розпресуванні призводять до змін відповідних ємності і індуктивності, що в свою чергу, призводить до зміни власних резонансних частот обмоток. Характер змін частотної характеристики відклика залежить від величини і характеру деформацій. Аналіз спектра зазвичай проводять в діапазоні 20Гц – 2 МГц.

Використовуючи цей метод, аналіз процесів, які виникають в обмотках силового трансформатора при короткому замиканні, стає більш простим і наглядним. Спектральний аналіз сигналів обмотки силових трансформаторів дає можливість оцінити зміни частотного спектру в результаті дії токів короткого замикання, а при НВІ по осцилограмам можлива лише якісна оцінка змін частоти і амплітуди, що не дає нам точного діагнозу пошкодження. Крім того, цей метод дозволяє підвищити достовірність і ефективність діагностичних вимірювань, дає можливість виявити деформації на ранній стадії.

Вимірювання останніми двома методами проводяться для трансформаторів при робочій напрузі в режимі найбільших навантажень або неробочого ходу. Крім них можна ще виділити декілька вимірювань при цих режимах [1]:

- вібраційне обстеження трансформатора, для визначення відносного рівня пресування обмоток і магнітопроводу, загальної міцності конструкції;
- визначення стану маслонасосів системи охолодження (методика реалізується за допомогою аналізу спектру коливань поверхні бака);

- термографічне обстеження бака трансформатора, вводів розширювача теплообмінників( радіаторів), термосифонних електричних двигунів і маслонасосів системи охолодження , контактних з'єднань.

До методів діагностики трансформаторів вищих класів напруги можна віднести ще такі методи вимірювання, як фізико-хімічний аналіз оливи з баку, маслозаповнених вводів, контактора РПН (вимірювання пробивної напруги, кислотного числа і таке інше) вимірювання систем неперервного контролю ізоляційних вводів і щоденні вимірювання основних показників роботи трансформатора [1]. Якщо за результатами попередніх вимірювань планується капітальний ремонт трансформатора , використовують визначення ступені полімеризації паперової ізоляції, прямі вимірювання вологостійкості і міцності.

**Висновки.** Комплексне діагностичне обстеження трансформаторів дозволяє об'єктивно оцінити стан і визначити дефекти у всіх системах трансформаторів, також і в активній частині (обмотках і магнітопроводі), вводах, системі охолодженні , системі регулювання напруги і тд. Дефекти трансформаторів можуть бути викликані природними факторами: робочими напругами і перенапругами, діями оточуючого середовища, хімічними реакціями, або викликані розвитком других дефектів, а також людським фактором: помилками при конструюванні, монтажі і ремонтах трансформаторів.

Метод контролю за допомогою НВІ має більш високу чутливість, ніж вимірювання опорів короткого замикання, так само як і метод частотного аналізу спектрів сигналів обмоток.

Щодо інших методів діагностики трансформаторів вищих класів напруги можна сказати, що вони є менш використовуваними на даний час, але також ефективними, як і методи діагностики стану обмоток силових трансформаторів.

Але завдяки сучасним технологіям, краще для виявлення дефектів і повного діагностування роботи трансформаторів використовувати метод НВІ, частотного аналізу спектрів сигналів обмоток. Або традиційний метод, це метод вимірювання опорів короткого замикання.

Тобто, серед методів контролю стану обмоток, які дозволяють визначати основні види вимірювань в обмотках трансформатора, легко доступний в експлуатації і не потребує складного обладнання тільки метод контролю опорів короткого замикання.

#### **Перелік посилань**

1. Долин А., Смекалов В. Силовые трансформаторы 35 кв и выше. Современные методы комплексной диагностики // Новости электротехники.- 2006, № 2.
2. Хренников А. Силовые трансформаторы. Методы диагностики механического состояния обмоток // Новости электротехники. – 2009, № 3 (57)
3. Прохоров А.В., Гольдштейн Е.И. Метод оперативного контроля состояния трансформаторного оборудования // Известия вузов. Электромеханика. – 2009. - № 4. – С. 31-34.