

УДК 621.3

### Современные методы определения состояния трансформаторов в эксплуатации

Чернюк Д. В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ПОНОМАРЕНКО Е. Г.

В работе рассмотрены пять методов определения состояния трансформаторов в эксплуатации, а именно: метод частотной зависимости  $\text{tg}\delta$ ; метод частотного анализа (МЧА); хроматографический анализ трансформаторного масла; тепловизионное обследование; вибродиагностика.

Основными задачами метода измерения частотной зависимости  $\text{tg}\delta$  являются измерение влажности целлюлозы и проводимости масла. Один из решающих факторов ухудшения изоляции в эксплуатации – увлажнение. Главным источником увлажнения является атмосферная влага, проникающая под действием градиента давления, особенно через ослабленные уплотнения. Старение целлюлозной изоляции также может образовать значительное количество влаги, особенно если изоляция работает при повышенной температуре и значительно изношена.

Метод частотного анализа (FRA – Frequency Response Analysis) является наиболее чувствительным методом диагностики механического состояния обмоток трансформаторов. Принцип метода частотного анализа заключается в том, что от специального генератора на ввод обмотки (или в нейтраль) подается зондирующий сигнал (импульсный или синусоидальный), а с вводов других обмоток регистрируются отклики - реакции обмоток на воздействие зондирующего сигнала.

Отклики обмоток анализируются путем:

- 1) различия между откликами отдельных фаз трансформатора;
- 2) различия между откликами трансформаторов аналогичной конструкции;
- 3) изменения резонансов, полюсов (для данного метода необходимо предыдущее измерение).

Двухканальный АЦП записывает по каналу 1 сигнал, подаваемый на ввод обмотки, по каналу 2 – реакцию обмотки на приложенное воздействие. Далее рассчитывается передаточная функция как отношение спектров входного и выходного сигналов. Степень отличия передаточных функций, рассчитанных до и после воздействия на трансформатор электродинамических сил короткого замыкания или других механических воздействий, производится с помощью разных средств анализа.

В последнее десятилетие для диагностики состояния трансформатора получил широкое распространение и показал удовлетворительные результаты хроматографический анализ растворенных в масле газов. От электротехнического персонала и электромонтеров требуется правильно отобрать пробу масла и доставить ее в лабораторию, а после выполнения анализа – правильно истолковать его результаты и принять решение о дальнейшей эксплуатации трансформатора.

Существует два наиболее распространенных способа выделения газов из масла.

В первом случае отбор пробы масла производится в стеклянные шприцы объемом 5 или 10 мл. Применяется в случае выделения растворенных в масле газов с помощью вакуума.

Во втором случае для повышения точности результатов отбор пробы масла производится в маслоотборник. Однако при этом требуемый объем масла составляет несколько литров, что усложняет отбор и транспортировку пробы.

В настоящее время с помощью хроматографического анализа можно определить две группы повреждений силовых трансформаторов:

- 1) дефекты твердой изоляции: перегревы и ускоренное старение твердой электрической изоляции; частичные разряды в бумажно-масляной изоляции;

2) перегревы металла и частичные разряды в масле: дефекты токоведущих частей; дефекты контактных соединений; дефекты магнитопровода; дефекты конструктивных частей, в том числе с образованием короткозамкнутых контуров.

С помощью тепловизионной техники в силовых трансформаторах можно выявить ряд дефектов. После настройки постоянного температурного режима записи тепловизора ведётся покадровая регистрация термоизображений, начиная с верхней части крайней фазы (например, «А») по направлению к фазе «С», с наложением кадров друг на друга около 10 % размера.

Достигнув поверхности бака фазы «С», объектив сканера опускается ниже, и далее покадровая съёмка продолжается в противоположном направлении, и таким образом процесс съёмки ведётся, пока не будет записана вся поверхность, включая расположенные под его днищем маслонасосы, маслопроводы и другие узлы. Термографической съёмке подвергается вся доступная для этого поверхность бака по периметру.

Далее осуществляется склеивание результатов съёмки в единый развернутый «тепловой» план. Участки плана с повышенными температурами нагрева сопоставляются с технической документацией на трансформатор, которая характеризует конструктивное расположение отводов обмоток, катушек, зон циркуляции масла, магнитопровода и его элементов и т. п. При этом фиксируется работа систем охлаждения, оценивается зона циркуляции масла, создаваемая каждой из них. Следует обращать внимание на образование аномальных тепловых зон на поверхности бака трансформатора из-за смещения потоков масла.

С физической точки зрения вибрация на поверхности бака мощного трансформатора качественно и количественно хорошо коррелируется с состоянием прессовки обмотки и магнитопровода. Изменение степени прессовки в процессе эксплуатации приводит к изменению общей вибрационной картины, усилению вибрации, изменению ее частоты, появлению модулированных колебаний.

На практике достаточно часто техническое состояние активной части трансформатора контролируется следующими вибрационными характеристиками: виброускорение, виброскорость и виброперемещение. Для количественного описания вибросигналов наиболее широко используются виброперемещение и виброскорость.

Для измерения вибрации используется переносной вибронализатор в режиме измерения виброускорений, виброскоростей или среднеквадратичных значений виброперемещений.

При обследовании датчик последовательно устанавливается в каждом секторе, и снимаются показания прибора.

Результаты, полученные при вибрационном обследовании трансформатора, сравниваются между собой, а также с результатами предыдущих измерений. Для реакторов также производится сравнение с предельно допустимыми значениями.

### Литература

1. Современные методы оценки технического состояния и прогнозирования ресурса высоковольтного трансформатора / М. Г. Баширов [и др.] ; Филиал ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Салават, 2016. – 4 с.
2. Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации» [Электронный ресурс] / Обзор современных способов диагностирования силовых трансформаторов и автотрансформаторов. – 2018. – Режим доступа : <http://web.snauka.ru/issues/2012/09/16794>. – Дата доступа : 22.11.2018.
3. Энергетика [Электронный ресурс] / Современные методы диагностики силовых трансформаторов. – 2018. – Режим доступа : <http://forca.ru/stati/podstancii/sovremennye-metody-diagnostiki-silovyh-transformatorov.html>. – Дата доступа : 22.11.2018.