

УДК: 621.311

*Воробьев Никита Алексеевич,
Студент 3 курса,
кафедра «Электрические станции им. В.К. Шибанова»
Институт «Электроэнергетики и электроники»
Россия, г. Казань*

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕФЕКТОВ ОБМОТОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

***Аннотация:** Статья посвящена анализу дефектов обмоток силовых трансформаторов, влияющих на работоспособность как трансформаторов в целом, так и его отдельных частей. Был проведен анализ наиболее распространённых неисправностей, встречающихся в процессе эксплуатации, и методы их диагностирования.*

***Ключевые слова:** обмотки трансформатора, дефекты обмоток, диагностика, вибрации, устойчивая работа, изоляция.*

***Annotation:** The article is devoted to the analysis of defects in the windings of power transformers that affect the performance of both transformers as a whole and its individual parts. The analysis of the most common malfunctions encountered during operation and methods of their diagnosis was carried out.*

***Keywords:** transformer windings, winding defects, diagnostics, vibrations, stable operation, insulation.*

Силовые трансформаторы и автотрансформаторы состоят из основных элементов: бак, вводы, устройство РПН и система охлаждения. Бак трансформатора из стали, заполнен трансформаторным маслом и имеет герметичное исполнение. Внутри бака основные элементы трансформатора - обмотка и магнитопровод. Рассмотрим дефекты, возникающие в обмотках,

причины их возникновения, методы определения, а также средства диагностики, при помощи которых они выявляются.

Количественное значение остаточной прессовки обмоток является важным эксплуатационным параметром. Этот параметр определяет динамическую устойчивость обмотки, особенно в переходных и аномальных режимах работы.

Распрессовка обмоток трансформатора происходит вследствие того, что с ростом рабочей температуры она увеличивает свои линейные размеры (распирается) более значительно, чем магнитопровод, т.к. они имеют различный температурный коэффициент линейного расширения. При снижении же рабочей температуры обмотка «уменьшается» в своих размерах быстрее, чем магнитопровод, поэтому усилие прессовки обмотки уменьшается.

Последствиями распрессовки обмоток трансформатора могут быть:

- радиальный (осевой) изгиб витков обмоток при воздействии динамических нагрузок (удары молнии, короткие замыкания и т.п.);
- истирание изоляции витков.

Нарушение геометрии обмоток силового трансформатора в результате воздействий при протекании больших токов или нарушения механизма прессовки является серьезным дефектом, приводящим к отказам из-за витковых замыканий или потери устойчивости обмотки.

При протекании по обмоткам трансформатора больших токов (например, токов внешних К.З.) возникают электродинамические силы, которые могут вызвать деформацию отдельных проводников, катушек или всей обмотки. Вероятность повреждений при таких воздействиях зависит не только от значения тока, но и от числа внешних К.З., создающих броски тока через трансформатор. Ослабление усилий прессовки приводит к повышенным вибрациям и как следствие к витковым замыканиям из-за истирания изоляции.

К числу опасных дефектов относятся осевые смещения отдельных катушек и радиальные их деформации. Более 80% повреждений мощных трансформаторов при коротких замыканиях связано с потерей радиальной устойчивости обмоток.

Диагностирование описанных дефектов возможно как электрическими, так и вибрационными методами контроля.

Деформация обмотки изменяет ее локальные (частичные) емкости, а также собственные и взаимные индуктивности ее элементов (катушек). При этом меняется частотная характеристика обмотки. Изменение взаимного расположения обмоток создает соответствующие изменения их взаимной индуктивности и, следовательно, сопротивления короткого замыкания ЗК. Существенные изменения частотной характеристики обмотки связаны, как правило, с осевыми деформациями. Изменение ЗК значимо при радиальных смещениях обмотки. Вибрация обмотки создает повышенную вибрацию бака трансформатора. Диагностическими признаками, связанными с вышеперечисленными дефектами, являются частотная характеристика обмотки, сопротивление короткого замыкания между обмотками и вибрационная характеристика трансформатора. Развитие дефектов вызывает соответствующие изменения указанных характеристик.

Для диагностики механических деформаций обмоток трансформаторов применяются следующие методы;

- метод измерения сопротивления короткого замыкания ЗК;
- метод низковольтных импульсов (метод НВИ);
- по вибрации на поверхности бака;
- метод частотных характеристик;
- метод короткого замыкания.

Метод короткого замыкания основан на измерении тока через одну из обмоток трансформатора при замыкании выводов другой [1]. Измерение производится при низком напряжении промышленной частоты (обычно 380

В). По результатам измерения рассчитывается значение сопротивления короткого замыкания Z_K .

При деформациях обмоток изменяются расстояния обмоток между собой и относительно магнитопровода, вследствие чего происходит изменение конфигурации магнитных потоков рассеяния, что приводит к изменению индуктивного сопротивления короткого замыкания Z_K . При отличии Z_K более чем на 3% от исходных данных или такое же отличие Z_K между фазами трехфазного трансформатора свидетельствует о наличии недопустимых деформаций обмотки.

На результат измерений влияет также качество выполнения перемычек между выводами трансформатора (переходные сопротивления контактов, сечения проводов).

Список используемой литературы:

1. Бабенко Р.Г. Оценка вероятности обнаружения дефектов при диагностике оборудования виброакустическим методом / Бабенко Р.Г., Никифоров В.Н., Пугачева О.Ю., Сиротина В.И., Чернов А.В., Ульянова Ю.Е. / Глобальная ядерная безопасность. – 2014. - №4(13). – С. 74-78.