

ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Пилюгин Г. А.

Научный руководитель ст. преподаватель Петухов Р. А.

Сибирский федеральный университет

Политехнический институт

Почти 25 % силовых трансформаторов (около 1500 единиц), достигли нормированного срока эксплуатации – 25 лет или приближаются к нему. Речь идет о трансформаторах 110 – 500 кВ с уменьшенными размерами изоляции, на которые нельзя распространить оптимистический опыт эксплуатации конструкции 60-х и 70-х годов, находящиеся в эксплуатации более 40 – 50 лет [1].

Согласно ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» силовые трансформаторы также подлежат обязательной экспертизе промышленной безопасности как технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, к которым мы обязаны относить и энергохозяйство.

В течении эксплуатации силовых трансформаторов необходимо проводить диагностику и обслуживание с целью безопасной и безотказной работы на протяжении всего «жизненного цикла» трансформатора (25 – 30 лет). В идеальном случае, диагностика и обслуживание должны показывать медленное и постепенное старение изоляции силовых трансформаторов, которая нормально происходит во время эксплуатации. Обнаружение дефектов в начальной стадии позволяет поддерживать трансформаторы в надежной работе, помогает в определении его «жизненного цикла» и облегчает планирование замены трансформатора в эксплуатации.

Отказы трансформаторов из-за старения не превышают 10 % от общего числа, причем возникают обычно либо из-за неудачной конструкции обмоток, либо из-за ненормальных режимов. Вместе с тем проблема надежности старых трансформаторов высших классов напряжения не только существует, но и становится в последние годы определяющей.

Анализ повреждаемости показывает, что ряд трансформаторов, особенно со сниженным уровнем изоляции без специальных мер может не только не прожить, но и не дожить до нормированного срока. Главными причинами отказов являются: снижение электрической прочности изоляции из-за увлажнения, загрязнения, накопления продуктов старения; деформация обмоток под действием токов КЗ, нарушение прессовки и крепления обмоток; снижение электрической прочности внутренней изоляции вводов (особенно при воздействии коммутационных импульсов), нарушение конструкционной изоляции остова, деградация поверхности контактов РПН и отводов, также одной из причин повреждаемости является снижение импульсной прочности изоляции, приводящее к перекрытию обмоток ВН при грозовых перенапряжениях [1].

Принятые методы и критерии диагностики зачастую оказываются недостаточными для оценки фактического состояния оборудования и, тем более, для предсказания уровня его надежности на несколько лет вперед.

На основании практических данных полученных в ходе проведения экспертиз промышленной безопасности силового маслонаполненного оборудования, на объектах относящихся к I категории надежности, были определены наиболее частые дефекты трансформаторов (Рис.1.).

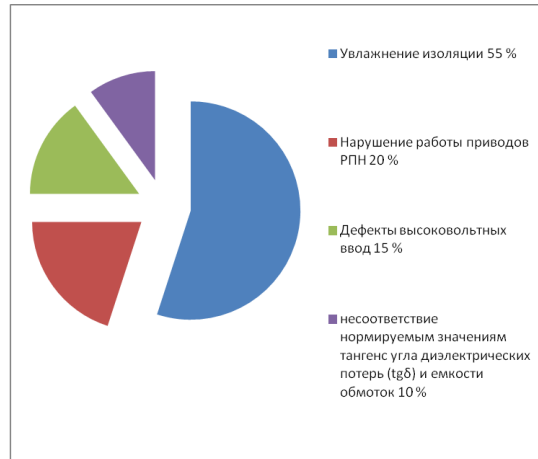


Рис. 1. Основные дефекты трансформаторов

При исследовании следующих типов трансформаторов ТДН-16000/110, ТДТН-16000/110/35, ТДН-10000/110, основными дефектами являются увлажнение изоляции, нарушение работы приводов РПН, дефекты высоковольтных вводов трансформаторов, несоответствие нормируемым значениям тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg} \delta$) и емкости обмоток.

Эффективная программа диагностических испытаний позволяет снизить вероятность возникновения дефектов, вызывающих выход из строя силовых трансформаторов, к минимуму.

Опыт эксплуатации, а также результаты исследования моделей изоляции, в частности ее ресурсные испытания, привели к заключению, что главными факторами, определяющими надежность трансформаторов после длительной работы, является изменения обратимого характера, и для гарантированного продления срока службы прежде всего требуются диагностические испытания которые позволяют выявить дефекты и неисправности силовых трансформаторов: измерение сопротивления изоляции; измерение тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg} \delta$) изоляции обмоток; измерение емкости обмоток; измерение сопротивления обмоток постоянному току; проверка коэффициента трансформации; проверка группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов; измерение потерь холостого хода; оценка состояния переключающих устройств; испытание бака на плотность; тепловизионный контроль состояния трансформаторов и вводов; испытание трансформаторного масла; испытание вводов; метод частичных разрядов.

Для выявления дефектов в периоды между испытаниями предлагается включить в состав эффективной программы предупредительную диагностику в реальном времени. Предупредительная диагностика позволяет постоянно оценивать состояние силовых трансформаторов, задача которой выявить увеличение избыточного давления внутри бака силовых трансформаторов [2].

Практически все повреждения трансформаторов, а в особенности повреждение изоляции и переключающих контактов РПН, вызывают образование разрядов внутри бака при работе. Разряды за счет высокой температуры разлагают изоляцию и увеличивают температуру масла в области горения, что приводит к увеличению давления внутри бака. Изменение давления при таких процессах незначительное по сравнению с короткими замыканиями внутри трансформатора, при которых резко увеличивается давление. Отследить незначительное изменение давления внутри бака

силовых трансформаторов стандартными средствами газовой защиты невозможно, ввиду их низкой чувствительности.

Для решения данной проблемы предлагается для диагностики развивающихся дефектов в реальном времени использовать индикатор давления масла встроенный в бак силового трансформатора. Принцип работы устройства для постоянного наблюдения за силовым трансформатором основан на контроле давления масла которое определяется следующим уравнением:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

где ρ – специфическая плотность масла;

g – гравитация;

h – высота столба масла.

Индикатор давления масла устанавливается на месте вентиля для слива трансформаторного масла.

Эффективная программа в комплексе с постоянным контролем позволяет снизить скорость последующего ухудшения состояния изоляции силовых трансформаторов, и свести вероятность выхода из строя к минимуму. В настоящее время силовые трансформатор занимают одно из первых мест, как оборудование без которого не возможно осуществлять работу энергохозяйства. С этой точки зрения обязательная диагностика позволит контролировать состояние работы силовых трансформаторов на всем сроке службы. Задача плановой диагностики выявить состояние силового трансформатора, и в случае обнаружения дефектов провести работы по их устранению, а постоянный контроль позволит повысить эффективность контроля.

На основании выше сказанного можно сделать следующий вывод, что предложенная эффективная программа диагностики маслonaполненных силовых трансформаторов обеспечит надежную и бесперебойную работу оборудования, снизит эксплуатационные затраты, и позволит автоматизировать процесс контроля состояния оборудования.

Список литературы

1. Соколов В. В., Гурин В. В. Продление срока службы силовых трансформаторов: НИЦ – «ЗТЗ-Сервис», Запорожье, 1994.
2. Боянич Б, Поляк М.: Измерительные трансформаторы – диагностика как предпосылка надежной работы: Кончар – Электротехнический институт, Загреб.
3. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
4. "Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. шестое издание" (утв. РАО "ЕЭС России" 08.05.1997).