

УДК 621.314.21

## **ОБЗОР ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Чернослив А.А., студент гр. ЭПм-181, I курс

Научный руководитель Захарова А.Г., д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Важным и ответственным оборудованием на электрических станциях и подстанциях является силовой трансформатор. При их производстве используются дорогостоящие материалы и комплектующие, поэтому для надежной работы электрической сети необходимо знать техническое состояние силового трансформатора. Для всех материалов и комплектующих предъявляются очень высокие требования к качеству, что и определяет надежность самого трансформатора.

Несмотря на то, что трансформаторы являются важным оборудованием, в настоящее время большинство из них эксплуатируется со значительным превышением установленного ресурса, который составляет 25 – 30 лет [3]. Многие эксперты утверждают, что технически и экономически нецелесообразно менять силовой трансформатор по истечении ресурса. Это объясняется тем, что, если трансформатор эксплуатировался с условиями, принятыми при расчете, и нагрузки не превышали номинальных значений, вполне может быть, что состояние параметра, который определяет фактический срок службы трансформатора, при превышении установленного срока эксплуатации может оказаться достаточным для продолжения работы. Тем не менее, трансформаторы, которые отработали свой ресурс, должны быть подвержены тщательному контролю технического состояния для обеспечения требуемого уровня надежности.

В последние годы наблюдается огромный объем работы по развитию методов диагностики силовых трансформаторов, которые позволяют при комплексном их применении объективно оценить техническое состояние обследуемого объекта, своевременно обнаружить угрозы, дефекты и разработать перечень операций целесообразных для устранения неисправностей.

Диагностика силовых трансформаторов совершается путем испытаний по отдельным важным элементам конструкции электромагнитного оборудования. На сегодняшний день существует большое разнообразие методов диагностики силовых трансформаторов. Как бы то ни было, большинство предприятий применяют традиционные нормативные методы диагностики, к которым относятся следующие [5].

1. Измерение электромагнитных параметров трансформатора:

- измерение коэффициента трансформации.

При эксплуатации коэффициент трансформации изменяется только вследствие повреждения трансформатора, поэтому является одним из основных критерием оценки технического состояния трансформатора.

После измерения коэффициента трансформации результат сравнивается с данными из паспорта трансформатора или с данными, полученными на основании электромагнитного расчета. Испытание является успешным, если отклонение значений не превышает величину 2%.

- измерение тока и потерь холостого хода.

Величина тока и потерь холостого хода является важным критерием для оценки качества трансформатора. Значения данных величин сравниваются с паспортными данными: для однофазных трансформаторов они не должны превышать 10%, а для трехфазных 5% [2].

При диагностике потерь холостого хода можно выявить такие дефекты, как: старение магнитной системы, нарушение изоляции пластин магнитопровода, а также образование короткозамкнутых контуров в магнитопроводе. Однако данный критерий требует особого внимания при оценке состояния силового трансформатора. Это связано с тем, что при эксплуатации происходит постепенное увеличение потерь и в бездефектном оборудовании. Поэтому при анализе следует учитывать, что поврежденный трансформатор характеризуется значениями токов холостого хода, превышающих паспортные данные на 10% и более.

- измерение сопротивления и потерь короткого замыкания трансформатора.

По изменению сопротивления короткого замыкания можно определить деформацию обмоток. Оценка состояния обмоток производится путем сопоставления измерений данных по фазам с данными ранее производимых измерений. Отклонение значений не должно превышать допустимых 3%. С помощью оценки потерь короткого замыкания определяются наличие замыкания параллельных проводников в обмотках и деформация обмотки или ее частей.

- измерение сопротивления обмоток постоянному току.

При диагностике данным методом выявляются дефекты или повреждения контактов устройства РПН или присоединение вводов. В ходе диагностики можно выявить дефекты такие, как: обрыв или замыкание параллельных проводников, дефекты контакта, перегрев и эрозия контакта. При обрывах или замыканиях значение сопротивления обмоток изменяется на 2 – 3 %. При перегреве и эрозии контактов сопротивление заметно возрастает в разы. Для устранения эрозии требуется замена контактов или специальная механическая обработка.

## 2. Измерение характеристик маслобарьерной изоляции:

Трансформаторное масло является важным элементом трансформатора, за которым необходимо вести контроль состояния. Под воздействием больших температур и электрических факторов оно выделяет большое количество различных газов. Анализ трансформаторного масла может способствовать обнаружению на ранней стадий поломки и принять меры по предотвращению поломки дорогостоящего оборудования.

- физико-химический анализ трансформаторного масла (ФХА).

Физико-химический анализ трансформаторного масла является распространенным методом диагностики трансформаторов. По результатам данного метода делают вывод о состоянии масла, о его старении, увлажнении и загрязнении [7].

При проведении данной диагностики определяют пробивное напряжение, наличие механических примесей, массовую долю кислот и щелочей, температуру вспышки и содержание влаги.

- хроматографический анализ газов, растворенных в масле (ХАРГ).

Данная диагностика считается основным нормативным методом при диагностике силового трансформатора. Хроматографический анализ газов, растворенных в масле, позволяет на ранней стадии определить дефекты, развивающиеся в трансформаторе [1].

Используя данный метод диагностики, можно обнаружить такие повреждения как: перегревы токоведущих соединений и элементов конструкции остова; дефекты твердой изоляции, вызванные электрическими разрядами; дефекты РПН и высоковольтных маслонаполненных вводов [4].

Состояние оборудования оценивается по концентрации растворенных газов в масле и по скорости роста концентрации газов в масле.

- оценка влажности твердой изоляции;
- измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток;
- оценка состояния бумажной изоляции обмоток.

3. Тепловизионный контроль состояния трансформатора. Этот метод диагностики является вспомогательным, обеспечивающим получение дополнительной информации о состоянии силового трансформатора [6].

Надежность и бесперебойность работы электрических сетей является одной из главных задач электроэнергетики. И во многом надежность зависит от работы ее элементов, в первую очередь от силовых трансформаторов. Практически любой дефект, если его вовремя не устранить, может привести к серьезному нарушению работы трансформатора или выходу его из строя, что приведет к большим экономическим потерям. Чтобы этого не произошло, используют методы диагностики, которые своевременно помогают определить и исправить недочеты, тем самым уменьшая затраты на капитальный ремонт или покупку нового трансформатора.

#### Список литературы:

1. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 216 с.: ил. – (Основное электрооборудование в энергосистемах: обзор отечественного и зарубежного опыта).
2. Львов М. Ю. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше ОАО «Холдинг МРСК». Конференция ТРАВЭК. 2009.
3. Львов М.Ю. Об оценке состояния силовых трансформаторов с длительным сроком эксплуатации. // Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования. Выпуск 11. – СПб: ПЭИПК, 2000. С. 264 – 268.

4. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. РД 153-34.0-46.302-00 -М., 2001. – 26 с
5. Попов Г.В. Вопросы диагностики силовых трансформаторов / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2012. – 176 с.
6. Хальясмаа А.И. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А.И. Хальясмаа [и др.]. – Екатеринбург : Издательство Урал. ун-та, 2015. – 64 с.
7. Силовые трансформаторы. Справочная книга / Под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М.: Энергоатомиздат, 2004. – 616 с.