

УДК 621.314.21

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Корнеев А.С., студент гр. ЭПм-19, I курс

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

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

Трансформатор – это один из самых распространённых, дорогих и значимых элементов электрической сети. В ходе эксплуатации трансформатора могут возникать поломки и дефекты, которые, без должного внимания, могут привести к аварии и выходу устройства из строя. Выход из строя трансформатора может повлечь за собой весомые последствия, такие как: ограничение электроснабжение или же полное его прерывание, что, в свою очередь, может стать причиной больших финансовых потерь или угрозы для жизни. Своевременно проведенная диагностика может увеличить срок службы и уменьшает вероятность отказа трансформаторного оборудования.

Основными задачами диагностики трансформаторного оборудования являются:

- выявление дефектов и повреждений;
- оценка функциональной исправности оборудования;
- определение возможности продолжения эксплуатации без ремонта;
- определение объема ремонта в случае его необходимости;
- оценка остаточного срока службы и мер продления срока службы.

Для того что бы получить информацию о том, в каком состоянии находится объект диагностирования, обычно используются диагностические характеристики – физические параметры, которые позволяют косвенно характеризовать работоспособность оборудования. Для диагностики трансформаторного оборудования используются диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров трансформатора и на измерении характеристик изоляции.

В некоторых случаях повреждения могут возникать из-за изменения параметров холостого хода, а также активного и индуктивного сопротивления обмоток трансформатора. В связи с этим, электромагнитные характеристики могут являться достаточно достоверными показателями состояния оборудования. К диагностическим характеристикам, основанным на электромагнитных параметрах, относятся:

- коэффициент трансформации;
- ток и потери холостого хода;
- сопротивление короткого замыкания;
- потери короткого замыкания;
- сопротивление постоянному току.

Срок службы трансформатора определяется состоянием его изоляции. При нарушении изоляции трансформатор может начать работать в ненормальном режиме или же вовсе выйти из строя. Контролируя состояние изоляции, можно обнаружить и предупредить развитие дефекта. К диагностическим характеристикам изоляции трансформатора можно отнести:

- тангенс угла диэлектрических потерь;
- сопротивление изоляции;
- абсорбционные характеристики изоляции.

Диагностика трансформаторного оборудования должна обеспечивать выявление как можно большей части дефектов, которые существуют в объекте контроля и опасны в эксплуатации. Многообразие видов дефектов и различные условия их развития порождают потребность в применении разнообразных и многочисленных средств и методов контроля состояния, используемых как во время работы трансформатора, так и в то время, когда трансформатор выведен из работы.

Непрерывная контроль состояния – измерение и контроль интегральных параметров, которые характеризуют состояние узлов трансформатора во время его работы. Дефекты, развивающиеся с большой скоростью, требуют непрерывного контроля состояния. Обычно для непрерывного контроля состояния трансформатора применяются методы контроля температурного режима трансформатора и контроль состояния масла.

В процессе работы трансформатор выделяет тепло и при наличии дефектов и повреждении могут возникать местные перегревы, которые способствуют повышению температуры выше рабочих значений. Изоляция под действием перегрева подвергается ускоренному старению, теряет свои изоляционные свойства или даже прожигается. Для контроля температурного режима используется методы прямого и косвенного измерения температуры, а также тепловизионный контроль. При применение прямого метода измерения температуры используются точечные или распределенные датчики, связанные с измерительной схемой оптоволоконным кабелем, что позволяет размещать датчики в любом потенциале, без оглядки на влияние электромагнитных помех. Косвенные методы являются менее трудозатратными и менее точными. Одним из примеров косвенного метода является измерение температуры верхних слоев масла. Одним из самых эффективных и экономичных методов обследования является тепловизионный контроль, имеющий наиболее быстрый возврат вложений и возможность выявления дефектов на ранней стадии их развития.

Состояние масла, концентрация и состав растворенного в масле газа может характеризовать состояние трансформатора, указать на наличие дефектов и повреждений. Хроматографический анализ газов в масле способен выявить такие дефекты, как: частичные разряды; разряды низкой и высокой энергии; термические дефекты при повышенных температурах. Кроме того, химический состав масла может указать на наличие дефектов изоляции по наличию частиц целлюлозы или концентрации фурановых соединений в масле.

Периодический контроль состояния трансформатора – измерение и контроль параметров состояния оборудования при выводе в ремонт, ревизиях и отключении. Данный метод контроля имеет большое значение в работе с медленно развивающимися дефектами, так как для выявления таких дефектов требуется больше времени для снятия и анализа параметров. Обследование выведенного из работы оборудования позволяет применять более сложные методы обследования и производить определение дальнейшей работоспособности трансформаторного оборудования, исходя из анализа работы и предыстории состояния объекта.

Периодический контроль оборудования позволяет выявить конкретные дефекты и повреждения, характеризующие состояние оборудования гораздо более точно, чем интегральные параметры, полученные при непрерывном контроле, характеризующие совокупность имеющихся дефектов. Обычно при периодическом контроле выявляются такие дефекты, как старение и увлажнение твердой изоляции, дефекты электрических соединений, смещение обмоток.

Воздействие перегрева на увлажненную изоляцию гораздо сильнее ухудшает изоляционные свойства, чем на высушеннную. Именно поэтому контроль увлажнения изоляции является одной из первоочередных задач при обследовании. Как правило, увлажнение изоляции определяют методом титрации по Карлу Фишеру, гидридкальцевым методом или при помощи газохромографии.

Старение твердой изоляции в трансформаторе, отключенном от сети, определяют с помощью измерения степени полимеризации молекул целлюлозы (Degree of Polymerisation) – измерение вязкости раствора, содержащего деконструированные молекулы целлюлозы. Чем более изношена изоляция, тем больше сокращается длина молекулы целлюлозы. Чем больше деградация изоляции, тем целлюлоза становится более ломкой и менее устойчивой к механическим воздействиям.

Так же оценку увлажнения изоляции в отключенном трансформаторе можно проводить косвенными методами – при помощи измерения электрических характеристик и анализа поляризационных процессов в изоляции. Косвенные методы оценки увлажнения определяют степень старения изоляции лишь приближенно, но не требуют вскрытия трансформатора.

В диагностике нашли место несколько методов измерений поляризационных характеристик изоляции, различающиеся между собой как техникой измерения, так и степенью достоверности степени увлажненности изоляции. К трем наиболее широко распространенным относятся:

- метод измерения «восстановливающего напряжения» (Return Voltage Measurements);
- метод измерения токов заряда и разряда (Time Domain Polarization/Depolarisation Current);
- метод определения зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь изоляции от частоты (Frequency Domain Spectroscopy).

Из-за воздействия динамических сил при протекании токов КЗ по обмотки трансформатора может произойти распрессовка и смещение обмоток. Выявление данного дефекта производится несколькими методами:

– измерение и контроль сопротивления короткого замыкания Z_k - наиболее распространенный и простой метод, при деформации обмоток индуктивность рассеяния и значение полного сопротивления Z_k возрастают и могут быть зафиксированы при обследовании;

– снятие частотных характеристик (Frequency Response Analysis) в широком диапазоне частот – данный метод заключается в проведении сравнительного анализа между снятой заранее исходной и измеренной при обследовании характеристикой реактивной проводимости обмотки при подаче импульсов разной или плавающей частоты.

Также стоит отметить один из наиболее распространённых методов выявления дефектов изоляции, обладающий значительной чувствительностью – измерение частичных разрядов. При отключении от сети трансформаторе появляется возможность подачи более высокого напряжения, чем рабочее, что позволяет значительно увеличить чувствительность к наличию дефектов.

Диагностика и контроль состояния оборудования – важное условие обеспечения надежной безотказной работы. Надежная работа трансформатора обеспечивается только при своевременном выявлении возникающих при работе дефектов. Обнаружение дефектов на ранней стадии развития позволяет своевременно вывести трансформатор в ремонт, не давая развиться дефектам в значительные повреждения и выход из строя.

Список литературы:

1. Алексеев, Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов [Текст] / Б.А. Алексеев. – М.: НЦ ЭНАС, 2002. – 216 с.
2. Лила, В.Б. Экспертная система диагностики силовых трансформаторов / В.Б. Лила, А.В. Костюков // ИВД. 2013. №1 (24). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekspertnaya-sistema-diagnostiki-silovyh-transformatorov> (дата обращения: 31.10.2019).
3. Кунцевич, М.В. Диагностика трансформаторов / М.В. Кунцевич // Наука и техника Казахстана. – 2010. – №4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-transformatorov> (дата обращения: 31.10.2019).
4. Христинин, Р.М., Христинин А.Р., Христинин Е.В. Комплексная диагностика маслонаполненных трансформаторов / Лила Владимир Борисович, Костюков Александр Владимирович / Р.М. Христинин, А.Р. Христинин, Е.В. Христинин // Вестник КрасГАУ. 2007. №3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-diagnostika-maslonapolnennyh-transformatorov> (дата обращения: 31.10.2019).