

Оптический экспресс-анализ дает возможность определить окисленность масел и оценить глубину их термоокислительной деструкции, выявить и дифференцировать термические и разрядно-дуговые процессы в оборудовании, установить концентрацию в масле присадки ионов.

Оптические исследования изоляционных масел в фундаментальной ИК-области позволяют определять отдельные продукты окисления в маслах, оценить деградацию их углеводородной основы, концентрацию сработавшего ионнола.

1. РД 34.20.501-95 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» [Электронный ресурс] URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2785/#i813912 (дата обращения 18.09.2016).

2. РД 34.43.105-89 «Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел» [Электронный ресурс] URL: [http://www.transform.ru/sst/\\$rd/34.43.105-89.htm](http://www.transform.ru/sst/$rd/34.43.105-89.htm) (дата обращения 18.09.2016).

3. Некоторые аспекты тепловизионной диагностики электрооборудования [Электронный ресурс] URL: http://www.geo-engine.ru/article/article_7.html (дата обращения 18.09.2016).

4. Диагностика электрооборудования [Электронный ресурс] URL: <http://teplovizo.ru/diagnostika-elektrooborudovaniya.htm> (дата обращения 18.09.2016).

5. Хроматографический анализ – Эксплуатация силовых трансформаторов [Электронный ресурс] URL: <http://leg.co.ua/instrukcii/pidstanciyi/ekspluataciya-silovyh-transformatorov-5.html> (дата обращения 18.09.2016).

6. Использование методов оптической спектроскопии для диагностики минеральных изоляционных масел [Электронный ресурс] URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33055> (дата обращения 18.09.2016).

УДК 621.314.24.004

Д.Е. Ленский, Ю.В. Мясоедов

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ 3-1150 КВ:
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА**

В статье рассматриваются виды, методы цифровой диагностики высоковольтного оборудования, а также выявляется наиболее эффективный способ диагностики.

Ключевые слова: цифровая диагностика, online контроль оборудования.

**MODERN DIAGNOSTIC METHODS FOR THE TRANSFORMER SUBSTATIONS
EQUIPMENT OF KV 3-1150 VOLTAGE CLASS: TECHNICAL DIAGNOSTICS**

The article discusses types and digital diagnostics methods for high voltage equipment, and identifies the most effective diagnostic method.

Key words: digital diagnostics, online control equipment.

Техническая диагностика – это контроль работоспособности и исправности обследуемого объекта по результатам специально проводимых испытаний, измерений, наблюдений.

Результатами диагностики являются: 1) прогноз о сроках (длительности) сохранения рабочих качеств и свойств в течение последующей эксплуатации, указывается дата следующего контроля; без прогноза диагностика не может считаться полноценной; 2) выявление вида дефекта или повреждения,

его масштабов, места расположения, причины появления, что служит основой для принятия решения о восстановительном ремонте (составе ремонта, объемах, сроках проведения, т.п.) или полной замене оборудования.

Применительно к технологически сложному оборудованию трансформаторной подстанции диагностика означает контроль работоспособности каждого функционального узла или элемента оборудования, каждой его системы.

Диагностика оборудования трансформаторной подстанции высокого напряжения реализуется в следующих формах: периодический контроль с выводом контролируемого объекта из работы (offline); периодический контроль под рабочим напряжением (online); непрерывный автоматический (online) контроль (мониторинг); комплексное диагностическое обследование.

Периодический контроль под рабочим напряжением наименее затратный, но он не обеспечивает обнаружения быстро развивающихся дефектов.

Контроль с выводом оборудования из эксплуатации предоставляет большие возможности для обследования, но нарушает режим работы сети.

Автоматический контроль дает независимые от квалификации персонала результаты, позволяет отслеживать динамику изменения контролируемых параметров в реальном времени, а также рассчитывать сложные математические модели состояния конструктивных элементов оборудования.

Комплексное диагностическое обследование подразумевает формирование агрегированного результата на основании предыдущих трех форм диагностики. Принятие решения о состоянии оборудования является наиболее полным, однако период формирования результатов состояния слишком продолжителен и не позволяет своевременно реагировать на динамику изменения состояния оборудования.

Наиболее перспективной формой диагностики является непрерывный автоматический (online) контроль или непрерывный контроль.

Вместе с тем ни одна из форм диагностики не обладает абсолютными характеристиками, позволяющими максимально точно и эффективно определить тенденцию развивающегося дефекта, спрогнозировать безотказную работу при заданных условиях эксплуатации, рассчитать риски и эффективность использования оборудования при превышении номинальных эксплуатационных характеристик.

В настоящее время основными документами, регламентирующими выполнение диагностики, являются:

РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования»;

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (2003г.);

Правила устройства электроустановок (7-е издание);

Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 – 800 кВ (РД 34.20.504-94). Методические указания по контролю состояния электрооборудования (81 нормативно-технический документ (НТД) согласно приказу от 29.05.2008 № 210 «Об утверждении Реестра действующих в ОАО «ФСК ЕЭС» нормативно-технических документов (НТД) электросетевой тематики»).

Эти документы содержат нормы, а также положения из ряда стандартов и РД, определяющие правила и методики проведения отдельных испытаний. Вместе с тем, по мнению многих специалистов, указанные НТД и некоторые связанные с ними документы значительно устарели, а достижения последних лет отражены не в полной мере.

В качестве наиболее важных недостатков НТД следует отметить:

документы в соответствии со своими названиями содержат лишь перечни измерений разных параметров и нормы, но в них отсутствует информация по анализу всего комплекса результатов измерений;

не предусматривается анализ условий (режимов) работы контролируемого оборудования в предшествующий период эксплуатации (рабочие напряжения, токи, температуры, число и уровни перенапряжений, внешних к.з. и др.); без такого анализа во многих случаях невозможно или крайне сложно определить причины появления и развития дефектов;

оценки состояния оборудования или его элементов выполняются в основном путем сравнения результатов измерений с нормами, при этом нет требований, учитывающих анализ динамики изменения во времени (тренды) контролируемых величин, не предусматривается анализ корреляционных связей между результатами измерений величин, имеющих общие физические основы (например, сопротивление и тангенс угла диэлектрических потерь);

не указаны правила использования рекомендаций и норм фирм-изготовителей по контролю (в частности, значений испытательных напряжений) в тех случаях, когда они не совпадают с отечественными.

Устранить недостатки НТД путем доработки едва ли возможно, необходим новый комплекс нормативных документов.

Контроль работоспособности (исправности) оборудования необходим для решения практических задач, связанных его с эксплуатацией, с обеспечением высоких экономических показателей и показателей надежности работы электрических сетей высокого напряжения.

Первая задача – исключение или ограничение числа внезапных отказов, сопровождающихся значительным увеличением масштабов повреждения оборудования, негативными экономическими и экологическими последствиями. Эта задача актуальна прежде всего для диагностики маслонаполненного оборудования (силовых и измерительных трансформаторов 3-1150 кВ, шунтирующих реакторов). Для ее решения необходимы методы и технические средства контроля, обеспечивающие обнаружение опасных развивающихся дефектов на ранних стадиях и позволяющие проводить контроль часто или даже непрерывно (в случае быстро развивающихся дефектов).

Вторая задача появилась в связи с принятием новых «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (2003 г.), которыми отменена действовавшая ранее в течение ряда десятилетий система планово-предупредительных ремонтов со строгой регламентацией сроков и объемов ремонта всех видов электрооборудования. Согласно новым ПТЭ объем и сроки проведения ремонтов должны устанавливать руководители предприятий в зависимости от технического состояния оборудования, т.е. практически по результатам диагностики. Это обстоятельство предъявляет новые требования к методикам и техническим средствам диагностики.

Третья задача – достоверная оценка остаточного ресурса оборудования, отработавшего свой номинальный ресурс (обычно 25 лет). Актуальность этой проблемы обусловлена тем, что в электрических сетях высокого напряжения оборудование, отработавшее свой номинальный ресурс, составляет значительную долю. Так, в российских электрических сетях в настоящее время находятся в эксплуатации порядка 2500 силовых трансформаторов 110-750 кВ мощностью 120 МВА и более. Из них примерно половина уже отработала номинальный ресурс, а около 10% проработала более 40 лет. Такое положение таит в себе опасность лавинообразного роста числа отказов, обусловленных процессами старения. Оперативная замена всего оборудования с большим сроком эксплуатации невозможна прежде всего по экономическим причинам.

В таких условиях экономически целесообразные очередность, объемы и сроки замены старого оборудования могут быть установлены только на основании достоверных оценок остаточных ресурсов индивидуально для каждого из рассматриваемых объектов. Подход к замене старого оборудования новым по результатам оценки остаточного ресурса, а не по соотношению фактической и нормированной длительности эксплуатации даст существенный экономический эффект.

Целесообразность использования корректных оценок остаточных ресурсов высоковольтного оборудования можно проиллюстрировать на простейшем примере с применением элементов теории вероятности.

На основе изложенного можно сделать следующие выводы.

Оценка состояния оборудования посредством систем автоматического онлайн-контроля состояния оборудования является наиболее перспективным видом диагностики, обладающим значительными возможностями качественного измерения первичной информации, но, наряду с тем, требующим методической доработки с учетом современных мировых тенденций, нормативных документов.

Системы автоматического контроля состояния оборудования не дают подробных и глубоких диагностических заключений по сравнению с комплексным обследованием оборудования с выводом его из эксплуатации, но благодаря оперативности и непрерывности режима диагностики позволяют своевременно контролировать изменение технического состояния оборудования.

Актуальность диагностических заключений, получаемых от систем автоматического онлайн-контроля, значительно выше, чем по результатам комплексного обследования оборудования. Это объясняется непрерывным режимом сбора, обработки и анализа данных о состоянии оборудования.

Существует необходимость в разработке современной нормативно-технической базы online диагностики, с учетом накопленной статистической информации, а также лучших мировых практик.

Есть необходимость разработки и совершенствования системы удаленного контроля состояния оборудования трансформаторной подстанции.

1. Диагностика основного электрооборудования электростанций и электрических сетей [Электронный ресурс] URL: www.ntcpower.ru/innovative_projects/diagnosis_of_primary_electrical_power_plants_and_grids. (дата обращения 20.09.2016).

2. Современные методы диагностики силовых трансформаторов [Электронный ресурс] URL: <http://forca.ru/stati/podstancii/sovremennye-metody-dagnostiki-silovyh-transformatorov.html> (дата обращения 20.09.2016).