

---

УДК 621.314

Н.В. РОЖЕНЦОВА, к.т.н., доцент КГЭУ  
А.Р. ГАЛЯУТДИНОВА, магистрант КГЭУ  
г. Казань

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

С развитием производства и промышленности в России увеличивается потребление электрической энергии. И как следствие, растёт нагрузка на электроэнергетическое оборудование. Большинство силовых трансформаторов эксплуатируются с превышением назначенного ресурса (срока службы). Для обеспечения требуемого уровня надежности работы системы электроснабжения особое внимание должно быть уделено контролю технического состояния эксплуатируемого оборудования.

Основными задачами диагностики силовых трансформаторов являются своевременное обнаружение и поиск дефектов, определение возможности увеличения срока эксплуатации, определение объема ремонта при его необходимости, оценка остаточного срока службы, а также разработка рекомендаций по продлению срока службы. [1]

В данной статье дается краткий обзор 3 методов диагностики и их применение для оценки состояния трансформаторов.

1) Система двухступенчатых профилактических испытаний. Данная концепция основана на применении наиболее эффективных методов либо внедрении новых методов диагностики.

Первый этап - «индикация состояния» - целью которой является выявление исправного оборудования с помощью методов, не требующих отключения оборудования. Основу таких испытаний составляют анализы проб масла (измерение содержания продуктов разрушения материалов, влаги, примесей, продуктов старения масла). Второй этап - «диагностика состояния». В ходе этого выполняются специальные испытания и проверки, с помощью которых определяют причину обнаруженного дефекта.

Преимущество этого метода – выявление повреждений на начальной стадии развития и оценка общего состояния трансформаторного оборудования, недостаток – периодичность выполнения контроля (не реже 1 раза в год).

2) Концепция функциональной диагностики – это методология, разработанная рабочей группой СИГРЭ, оценивает состояние оборудования после длительной эксплуатации, и основывается на следующих позициях:

1. Трансформатор представляется в виде маленьких функциональных подсистем, состояние которых обеспечивает выполнение основных функций: передачу электромагнитной энергии, сохранение электрической прочности изоляции, механической прочности обмоток и целостности токоведущей системы.

2. Основой системы контроля и диагностики является функциональная модель дефектов, определяющая вероятные дефекты или чувствительные зоны в данной конструкции при данных условиях эксплуатации на базе анализа особенностей конструкции и причин отказов в эксплуатации. [1]

3. Оценка состояния оборудования представляется в форме системы запросов о состоянии его функциональных подсистем с учетом возможного сценария развития дефектного состояния в отказ.

4. Программа технического обследования основана на выявлении вероятных дефектов путем использования групп методов, характеризующих конкретный дефект.

5. Две диагностические процедуры требуются для того, чтобы подтвердить наличие дефекта и оценить его количественно.

3) Комплексное обследование выполняется с целью проверки функциональной работоспособности всех подсистем трансформатора и определения необходимости выполнения капитального ремонта трансформатора.



Рис. 1. Блочная схема комплексной функциональной диагностики

На рис. 1 приведены блочная схема и перечень проверок при комплексной функциональной диагностике.

Таблица 1. Перечень проверок при функциональной диагностике

<b>Общее состояние</b>
<p>Теплоотдача и исправность охладителей                  Перегрев масла и обмоток                  Внешние нагревы в зонах концентрации поля рассеяний                  Шумы и вибрация                  Симптомы аномалий, вызывающих разрушение изоляционных материалов                  Симптомы аномального внутреннего нагрева, искрения или разрядов</p>
<b>Электрическая изоляция - степень старения масла и изоляции</b>
<p>Оценка возможных источников прямого проникновения воды                  Оценка возможных источников аномального загрязнения (металлические частицы из системы охлаждения, контактора регулирования напряжения под нагрузкой и др.)                  Уровень загрязнения масла влагой и механическими примесями                  Степень увлажнения твердой изоляции                  Появление частотных разрядов при рабочем напряжении                  Степень увлажнения витковой изоляции (возможность выделения пузырьков пара при перегрузке)                  Характер процесса старения (нормальный-аномальный) и степень старения масла                  Возможность выделения осадка в период между испытаниями                  Возможность ускоренной деструкции витковой изоляции</p>
<b>Механическое состояние</b>
<p>Симптомы локального ослабления прессовки магнитопровода                  Вероятность аномального снижения усилий прессовки обмоток                  Симптомы деформации обмоток, подвергающихся опасным воздействиям при КЗ</p>
<b>Состояние РПН</b>
<p>Правильность установки и последовательность работы                  Симптомы аномального механического износа компонентов                  Симптомы захламления и перегрева контактов, включая контакты контактора                  Уровень загрязнения масла влагой и примесями</p>
<b>Состояние высоковольтных вводов</b>
<p>Наличие перегрева контактов, локальных перегревов и разрядов                  Наличие локальных дефектов в остове                  Наличие внутренних частотных разрядов                  Возможность заметного старения бумажно-масляной изоляции                  Возможность прямого проникновения воды</p>

Достоинством этой методологии является то, что не требуется обязательной информации о предшествующих характеристиках, а также возможность оценить состояние оборудования в рабочих условиях. Недостаток – не для подготовленного персонала, требуется понимания конструкции оборудования и наличия информации о предшествующих критических режимах.

После проведения измерений результаты сравниваются с паспортными данными трансформатора. Удовлетворительными считаются такие измерения, у которых отклонение значений не превышает 2 %. [2]

Считаю, что при модернизации системы диагностирования силовых трансформаторов важную роль играет системный подход к оценке состояния трансформаторов, т.к. у каждого метода диагностики есть свои преимущества и недостатки. И только опираясь на результатах различных измерений, изучая конструктивные особенности диагностируемых систем, можно повысить достоверность полученных измерений.

Таким образом, при нынешнем развитии энергетики вопросы диагностики силовых трансформаторов остаются актуальными.

#### Список литературы:

1. Валеев И.М., Макаров В.Г. Общая электроэнергетика. [Текст] Учебное пособие – Казань : Издательство КНИТУ, 2017. – 124 с.
2. Роженцова Н.В., Ларионов С.Н., Ларионова А.М., Вагапов Г.В. Диагностика электрооборудования промышленных предприятий. Методические указания к лаб. раб. – Казань: Издательство КГЭУ, 2010. – 35 с.