

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Р.В. Москаленко

*В статье дан анализ современного состояния и дальнейшего развития системы технического обслуживания и ремонта трансформаторов в агропромышленном комплексе. Также рассмотрен вопрос общей стратегии развития современных методов технической диагностики трансформаторов. Дана общая оценка перспективного метода диагностики (метод частотного анализа).*

*Ключевые слова: силовой трансформатор, диагностика, прогнозирование, мониторинг, метод частотного анализа.*

В энергетической отрасли России сложилась ситуация, когда 70% всего парка силовых трансформаторов выработали свой ресурс. Однако опыт эксплуатации показывает, что примерно 70-80% всех отказов связаны не с выработкой ресурса, а результате образования и развития различных дефектов, причём подавляющее их большинство связано с неудовлетворительным состоянием изоляции – бумажной или масляной. Темпы демонтажа и списания производственных основных фондов в 3,5-4 раза отстают от нормативных темпов списания электрооборудования из-за износа. Финансирование воспроизводства и обновления электрооборудования отстаёт от темпов его старения. Как следствие - повышаются риски аварийных ситуаций для обслуживающего

персонала. Надёжность работы силовых электротехнических комплексов во многом определяется работой элементов, составляющих их, и в первую очередь, силовых трансформаторов, обеспечивающих согласование комплекса с системой и преобразование ряда параметров электроэнергии в требуемые величины для дальнейшего ее использования, причём до 70% парка высоковольтных трансформаторов являются маслонаполненными. Высокая степень износа трансформаторов имеет потенциальную опасность как для обслуживающего персонала, так и для потребителей. На рисунке 1 и 2 показано распределение трансформаторов по годам эксплуатации (количественное и процентное соотношения), на примере Заринского района Алтайского края.

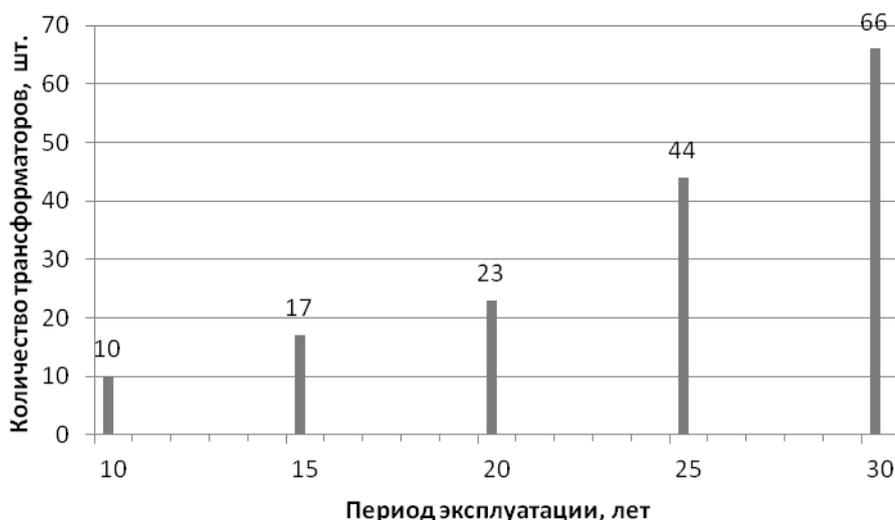


Рисунок 1 – Распределение трансформаторов по годам эксплуатации

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

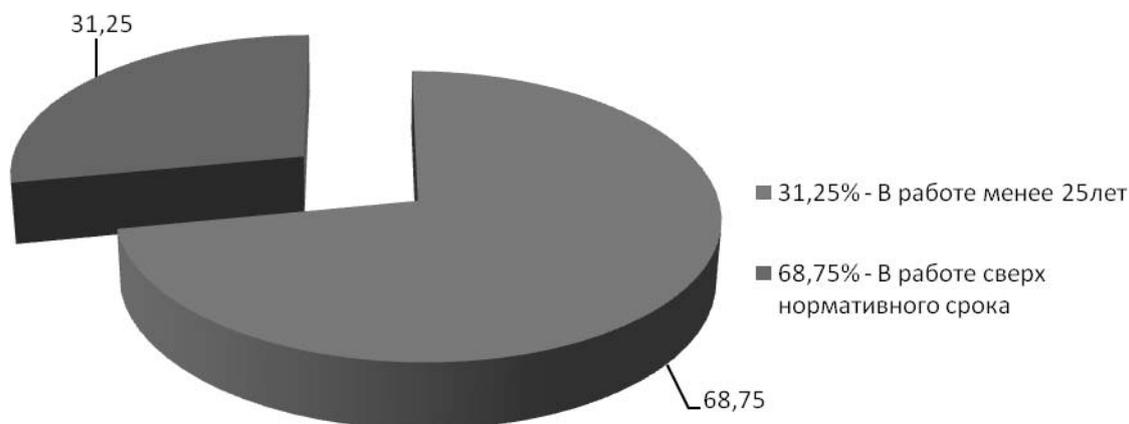


Рисунок 2 – Соотношение трансформаторов по годам эксплуатации

Анализ представленных данных показывает, что основная часть трансформаторов выработала нормативный срок службы, а в течение ближайших 5-10 лет этот показатель увеличится ещё на 25%. Характер повреждаемости трансформаторов по годам эксплуатации показывает, что основными причинами их отказов являются витковые замыкания, износ и старение обмоток, плохое состояние трансформаторного масла, дефекты монтажа, заводской брак. Так как в ближайшее время не ожидается существенного обновления парка трансформаторов, в связи с чем становится актуальной проблема продления их эксплуатации при существующих нагрузках.

Основным критерием общей оценки предельного состояния трансформаторов является техническое состояние изоляции обмоток и трансформаторного масла. Так как основная часть трансформаторов располагается на открытом воздухе, существенное влияние на надёжность изоляции оказывают климатические условия эксплуатации, такие как: перепады температуры окружающей среды (в течение суток может составлять 20-30 градусов), осадки и атмосферные перенапряжения. Поскольку изоляционная система трансформатора является композиционной, климатические факторы, оказывают влияние сперва на жидкую изоляцию, а затем и на твёрдую изоляцию обмоток. Ещё одним немаловажным фактором, влияющим на разрушение изоляции является качество электроэнергии. К примеру, поток гармонических со-

ставляющих, при нагрузке трансформатора, близкой к номинальной, могут вызвать отказ трансформатора, вследствие общего нагрева и нагрева отдельных обмоток трансформатора. Дополнительные потери, вызывающие перегрев трансформаторов при наличии высших гармоник, возникают из-за скин-эффекта меди обмотки, а также в связи с увеличением потерь на гистерезис и вихревые токи в магнитопроводе трансформатора. А такой показатель качества электроэнергии, как несимметрия напряжения (при отклонении в 2%), сокращает срок службы трансформаторов на 4%, при несинусоидальном напряжении с  $K_u=7\%$  срок службы сокращается ещё на 5,5% и т.д.[1]. При этом отказ силового трансформатора в работе может привести к аварии в энергосистеме с масштабными последствиями. Одним из главных путей поддержания эксплуатационной надёжности является организация качественного технического обслуживания трансформаторов. Актуальность разработки систем технической диагностики заключается в следующем: рост количества трансформаторов с истёкшим нормативным сроком эксплуатации приводит к увеличению числа отказов; низкая эффективность тестового контроля, проводимыми методами, регламентированными ГОСТ, не позволяет обеспечить надёжную работу трансформаторов; решение задачи выявления быстро и медленно развивающихся дефектов на ранней стадии развития.

Один из способов продления эксплуатации силовых трансформаторов – техническая диагностика электрооборудования, в том числе и силовых трансформаторов, которая позволяет: своевременно предупредить возникновение аварийных ситуаций; значительно снизить затраты на ремонты; оценить действительное состояние электрооборудования; подготовить к вводу в работу систем непрерывной диагностики. Как показали исследования, основными причинами отказов в работе трансформаторов являются: износ силовых обмоток, низкое качество технического обслуживания и ремонта, несоблюдения периодичности и объема выполнения профилактических мероприятий, недостаточный уровень исполнения средств оценки технического состояния и диагностики. Эффективность функционирования силовых трансформаторов, обеспечение их безотказности и долговечности связаны с анализом и оценкой показателей надёжности. Для оценки и поддержания требуемой надёжности трансформаторов очень важным является мониторинг. Он включает в себя комплексное обследование и диагностику, которые предотвратят аварийные отказы и позволяют прогнозировать возможность дальнейшей безаварийной работы силовых трансформаторов. Одним из способов продления эксплуатации силовых трансформаторов является (ППР) диагностика технического состояния силовых трансформаторов. Современные методы технической диагностики силовых трансформаторов позволяют проводить диагностику без их отключения. Значительная часть отказов трансформаторов может быть предотвращена путем использования современных методов диагностики технического состояния. Диагностика трансформаторов позволяет: принимать оценку состояния функционирующего электрооборудования на основе результатов измерений и испытаний; отслеживать «линию жизни» электрооборудования и др.. Оценка состояния трансформаторов выполняется с помощью замеров и испытаний.

Система диагностики, предотвращая аварийные отказы, позволяет прогнозировать возможность дальнейшей безаварийной работы силовых трансформаторов в течение определенного промежутка времени. Выявленный в ходе диагностики дефект оценивают, локализируют и устраняют. Существуют способы продления эксплуатации силовых трансформаторов после окончания их нормативного срока службы. Для этого необходимо

применять методы технической диагностики при эксплуатации, которая своевременно обнаруживает возможные и скрытые дефекты трансформаторов, а также выявляет причины их возникновения, определяет необходимость и объем ремонта. Значительная часть, отказов трансформаторов, связанных с различного рода дефектами может быть предотвращена путём использования современных методов технической диагностики силовых трансформаторов при эксплуатации.

Существующие на сегодня способы контроля безопасного состояния внутренней изоляции МТ делятся на две категории – с периодическим или постоянным методами диагностирования параметров изоляции. Несомненно, в перспективе большинство трансформаторов будут оснащены системами непрерывного мониторинга, однако высокая стоимость оборудования, индивидуальная настройка систем на каждый отдельный трансформатор, сервисное обслуживание и т.д. ставят под сомнение перспективу повсеместного внедрения таких систем в ближайшее время. Нельзя не учитывать и тот факт, что в основу этих систем входят современные методы диагностирования, которые не всегда дают полное представление о происходящих процессах. У методов периодического контроля существующая система анализа не позволяет выявлять быстроразвивающиеся дефекты.

В связи с этим представляется необходимым модернизировать существующие системы диагностики путём внедрения современных физических методов, что позволит более полно выявлять дефекты оборудования. Довольно перспективным в плане совершенствования, является метод низковольтного частотного анализа, который используется в качестве чувствительного диагностического средства для обнаружения отклонений в геометрии обмоток до и после испытания, после КЗ, при транспортировке и т.д.. Отличительной чертой этого метода является то, что диагностику можно проводить на работающем оборудовании (экономический эффект).

МЧА предполагает подачу низковольтного сигнала в широком диапазоне частот определенной формы для построения диаграмм спектральной плотности на предмет асимметрии обмоток. В результате проведения нескольких измерений для одной схемы соединений, полученные спектры сравниваются пофазно и для обмоток каждой фазы с целью определения наиболее асимметричной

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

обмотки анализируются полученсравниваются пофазно и для обмоток каждой фазы с целью определения наиболее ассиметричной обмотки анализируются полученные результаты. Исходя, из идентичности фазных обмоток трёхфазного трансформатора данный метод способен определить ненормальные отличия обмоток при пофазном сравнении из спектрограмм, но и также различия обусловленные конструктивными особенностями (отклонение ёмкостей обмоток относительно бака трансформатора и т.д.). Всякая значительная деформация приведёт к увеличению значения ассиметрии в сравнении с показаниями, полученными для обмоток без деформаций. Изменение температуры и состояния масла не влияют на способность определять деформации обмоток, т.к. данные изменения в равной степени влияют на все обмотки. Многие диэлектрические и механические дефекты в силовых маслонаполненных трансформаторах вызваны механическими изменениями в структуре обмоток. Эти изменения или смещения проводников обмотки могут быть результатом транспортировки, воздействием токов КЗ или процессами старения изоляции. Определение этих смещений прежде, чем возникнет дефект изоляции, способно уменьшить внеплановые эксплуатационные расходы и предоставить возможность повышения надёжности системы путем предотвращения аварийных отключений. Дополнительно ко всему, определяемый дефект может указать фазу обмотки, нуждающуюся в ремонте. МЧА может рассматриваться в качестве наилучшей методики для создания базы данных измерений, в связи с тем, что спектрограммы обмоток всех трех фаз могут изменяться с течением времени

эксплуатации из-за перепадов температуры и влагосодержания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баталыгин, С.Н. Комплексное обследование силовых трансформаторов/ С.Н. Баталыгин, Г.М. Михеев, В.М. Шевцов // Материалы XXVI сессии Всероссийского семинара «Кибернетика электрических систем по тематике «Диагностика электрооборудования». – Ч.1. – г. Новочеркасск, 2004. – С. 14-15.
2. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования [Текст]: АО "фирма ОРГРЭС". – Москва, 1998г. – 493с.
3. Туйгунова, А.Г. Влияние факторов климата на надёжность изоляции силовых трансформаторов тяговых подстанций [Текст] / А.Г. Туйгунова// Проблемы развития железнодорожного транспорта: материалы НПК КрасЖД – филиал ОАО "РЖД" и КриЖТ ИрГУПС, 22 декабря 2009 г./ Под ред. А.И. Орленко. – Красноярск: Изд-во КриЖТ ИрГУПС, 2009 г. – Т,2, - С. 37-40.
4. Чичинский, М.И. Повреждаемость маслонаполненного оборудования электрических сетей и качество контроля его состояния/ М.И. Чичинский. – М.: Энергетик,-2000,-№11.
5. Дробышевский, А.А. Диагностика деформаций обмоток силовых трансформаторов и реакторов методом низковольтных импульсов / А.А. Дробышевский, Е.И. Левицкая, Д.В. Андреев, В.Р. Бельцер – М.: Электротехника, -1997,-№3.
6. Соколов, В.В. Актуальные задачи развития методов и средств диагностики трансформаторного оборудования под напряжением. – М.: Известия РАН. Энергетика,-1997,-№1.

*Москаленко Р.В., аспирант, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8 (3852) 29-07-76*