

ОПЫТ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЛЬВОВ Е. В., начальник отдела диагностики филиала ОАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Сибири

Рассматриваются методики диагностики и контроля состояния силового трансформаторного оборудования. Дается оценка традиционных методик. Выделяются основные преимущества новых систем мониторинга и диагностики. Приводятся основные требования к вновь создаваемым системам мониторинга и диагностики.



РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Контроль и диагностика состояния силового трансформаторного оборудования в процессе работы в прошлом рассматривались как контроль состояния устройств защит силового трансформаторного оборудования (газовое реле, струйное реле, устройство сброса давления, отсечной клапан, указатель уровня масла), высоковольтные испытания и измерения, периодического контроля газосодержания в масле по результатам периодического хроматографического анализа (ХАРГ). По результатам ХАРГ на основании РД определялись возможные дефекты, в том числе и быстроразвивающиеся. Данный способ контроля в большинстве случаев был неэффективен для быстроразвивающихся дефектов, возникающих в интервалах времени между взятиями проб на анализ и приводил к аварийным отказам трансформаторного оборудования, каждое из которых сопровождалось последующим проведением расследования причин отказов. В процессе расследования проводились вскрытия и визуально выявлялись места повреждений, однако по причине отсутствия информации о состоянии, предшествовавшем аварийной ситуации, комиссия, как правило, не могла сделать исчерпывающие выводы об истинных причинах выхода из строя оборудования.

Современный уровень развития автоматизированных систем позволил существенно расширить возможности и функциональность контроля текущего состояния силового трансформаторного оборудования, являющегося наиболее дорогостоящим из основного энергетического оборудования, с помощью систем мониторинга и диагностики (СМ) трансформаторного оборудования.

Многим хотелось бы знать, можно еще эксплуатировать трансформаторное оборудование или уже пора вывести его из работы, чтобы избежать внеплановых отключений. Без СМ оператор узнает о возникшей проблеме только при срабатывании предупредительной или аварийной сигнализации. В этом случае обязателен вывод оборудования из работы для детального изучения причины. В большинстве случаев СМ позволяет избежать этого и сделать отключения плановыми. Для этого нужно больше данных, чем может дать сигнализация, основанная на прямых измерениях.

В соответствии с технической политикой ОАО «ФСК ЕЭС» в целях повышения наблюдаемости подстанций и постепенного перехода к подстанциям без постоянного обслуживающего персонала в ОАО «ФСК ЕЭС» осуществляется оснащение СМ большого количества, как нового трансформаторного оборудования, так и старого, отработавшего большую часть своего ресурса.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ

Для регламентирования поставляемых систем в ОАО «ФСК ЕЭС» разработан и утвержден стандарт организации СТО 56947007-29.200.10.011-2008 «Системы мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Общие технические требования», описывающий общие требования к СМ и рассматривающий различные варианты и способы реализации мониторинга трансформаторного оборудования.

Функционально СМ должны обеспечивать:

- непрерывное измерение, регистрацию и отображение основных параметров силового трансформаторного оборудования в нормальных, предаварийных и аварийных режимах;
- оценку и прогноз технического состояния контролируемого оборудования на основе математических моделей.

Основная задача данных систем – контроль текущего состояния трансформаторного оборудования в процессе его работы и предоставление диагностической информации экспертам-диагностам для дальнейшего анализа условий работы оборудования за любой период эксплуатации. Для расширения контрольных функций трансформаторное оборудование, помимо штатных устройств защиты, оснащают дополнительными устройствами:

- датчиками температуры с аналоговыми выходами Pt100 или 4–20 мА (верхних и ниж-



Блок мониторинга, устанавливаемый рядом с контролируемым объектом

них слоев масла, обмотки, на входе/выходе охладителей и т.п.);

- приборами газосодержания и влагосодержания в масле;
- приборами контроля изоляции высоковольтных вводов;
- регуляторами напряжения с расширенными диагностическими функциями РПН;
- указателями потока масла;
- датчиками виброускорения.

Увеличение объема и характера информации о текущем состоянии трансформаторного оборудования дает возможность реализовывать в СМ сложные диагностические алгоритмы, основанные на методиках ГОСТ и МЭК. Например, нагрузочную способность без ущерба для общего срока службы, прогноз старения изоляции и сокращение срока службы из-за локальных перегревов или кратковременных превышений напряжения.

Безусловно, что точность данных методик невелика по сравнению с математическими моделями, учитывающими конструктивные особенности трансформаторного оборудования и реализованные совместно с заводами-изготовителями трансформаторного оборудования. Однако это уже серьезный прорыв для получения большого количества информации для анализа работы трансформаторного оборудования в реальных условиях.

Достаточный опыт МЭС Сибири по эксплуатации систем мониторинга различных производителей, как российских, так и зарубежных, показывает, что для эффективного внедрения и дальнейшего развития данного направления необходимо менять идеологию построения СМ и требований, предъявляемых к данным системам. Большинство про-

Справка

В МЭС Сибири системами мониторинга и диагностики оснащено следующее оборудование:

- 31 фаза шунтирующих реакторов 500 кВ, в том числе 6 фаз управляемых шунтирующих реакторов;
 - 14 фаз автотрансформаторов 500 кВ;
 - 2 автотрансформатора 220 кВ.
- При комплексной реконструкции подстанций 220 – 500 кВ до 2010 года планируется оснастить более 30 силовых трансформаторов 220 – 500 кВ.

изготовителей СМ разработали свои системы с учетом того, что оперативный персонал имеет квалификацию эксперта-диагноста и способен по текущей диагностической информации от СМ делать какие-то заключения о состоянии эксплуатируемого оборудования для последующего принятия решения. В действительности получается так, что на оперативный персонал ложится дополнительная нагрузка по непрерывному контролю текущих параметров состояния трансформатора, не представляющих для него диагностическую ценность в связи с отсутствием соответствующей квалификации. Тогда как экспертам-диагностам в диагностических службах МЭС Сибири приходится буквально по крупинкам собирать информацию различными способами, чтобы иметь представление о состоянии вверенного им оборудования. В данной ситуации предпочтительным решением может быть передача диагностической информации от СМ непосредственно до экспертов-диагностов на ПМЭС (МЭС), однако не всегда такая возможность технически реализуется.

Очень важное значение имеет обеспечение достоверности и целостности получаемой СМ информации. По своей сути системы мониторинга относятся к измерительно-вычислительным комплексам и являются одной из подсистем АСУ ТП подстанции.

Обеспечение достоверности получаемой информации достигается целым рядом мер, таких, как, использование приборов и датчиков, имеющих сертификат о соответствии типу систем измерения (СИ) и внесенных в реестр систем измерения Госстандарта РФ, построение СМ на базе промышленного оборудования, внесенного в реестр СИ Госстандарта РФ, привязка по времени всех событий с использованием GPS, подключение интеллектуальных приборов по цифровым интерфейсам.

Обеспечение целостности диагностической информации достигается вводом в эксплуатацию СМ уже при проведении предпусковых испытаний трансформаторного оборудования для фиксирования всех режимов и условий работы, а также возможных негативных воздействий за весь жизненный цикл единицы оборудования.

Достоверность и целостность полученной информации о текущем состоянии трансформаторного оборудования определяет качество диагностики и в совокупности с данными комплексных диагностических обследований на отключенном оборудовании, позволяет проводить полный комплексный анализ состояния оборудования

и не только определить дефекты на ранней стадии развития, но и выявить причину их возникновения.

Помимо контроля и диагностики трансформаторного оборудования, СМ контролируют техническое состояние приборов и датчиков. Современные интеллектуальные приборы, такие, как приборы газового анализа, приборы контроля изоляции вводов, регуляторы напряжения с расширенными диагностическими функциями, позволяют выполнить интеграцию в СМ по цифровым интерфейсам, обеспечивая достоверность получаемой информации, а также расширенный контроль технического состояния самих приборов.

Одним из наиболее информативных приборов для контроля состояния трансформаторного оборудования является прибор газового анализа трансформаторного масла, устанавливаемый на трансформаторное оборудование и измеряющий содержание растворенных газов и влаги в масле. На сегодняшний день на рынке представлены приборы, так называемые анализаторы, определяющие 1–2 газа и влагосодержание в масле, а также промышленные хроматографы, обеспечивающие полноценный хроматографический анализ растворенных газов (ХАРГ) и измерение влагосодержания. Использование промышленных хроматографов в СМ позволяет на основании РД 153-34.0-46.302-00 контролировать появление и развитие быстроразвивающихся дефектов, тем самым обеспечивая постоянный контроль за трансформаторным оборудованием. С точки зрения экономической обоснованности промышленными хроматографами целесообразнее оснащать старое трансформаторное оборудование, находящееся на учащенном контроле. Тогда как новое трансформаторное оборудование целесообразнее оснащать анализаторами.

ВЫВОДЫ

На основании полученного опыта эксплуатации СМ можно сделать следующие выводы:

1. СМ должны не только обеспечивать информацией оперативный персонал подстанции, но и передавать информацию о состоянии оборудования экспертам-диагностам на ПМЭС (МЭС).
2. СМ должны обеспечивать достоверность и целостность получаемой информации.
3. СМ должны обеспечивать сохранение данных диагностики на отключенном оборудовании для обеспечения единой диагностической базы данных.