ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-СТЕРЖНЕВОЙ ФАРФОРОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

АВТОРЫ:

ВОРОТНИЦКИЙ В.Э.,
Д.Т.Н.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ДМИТРИЕВ И.Н.,
К.Т.Н.,
ЭТОиР
ОАО «МРСК УРАЛА»

МЛОТОК А.В.,
ФИЛИАЛ
ОАО «МРСК УРАЛА» -
«ЧЕЛЯБЭНЕРГО»

ДЕМИН А.Н.,
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Механическое состояние опорно-стержневых изоляторов в значительной степени определяет надежность высоковольтных разъединителей. Стоимость таких изоляторов составляет относительно небольшую долю от общей стоимости электроустановки, но выход из строя хотя бы одного изолятора приводит к отключению всей ВЛ.

Ключевые слова: фарфоровый опорно-стержневой изолятор, высоковольтный разъединитель, неразрушающий контроль механического состояния.

ПС 330 кВ Восточная

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСИ

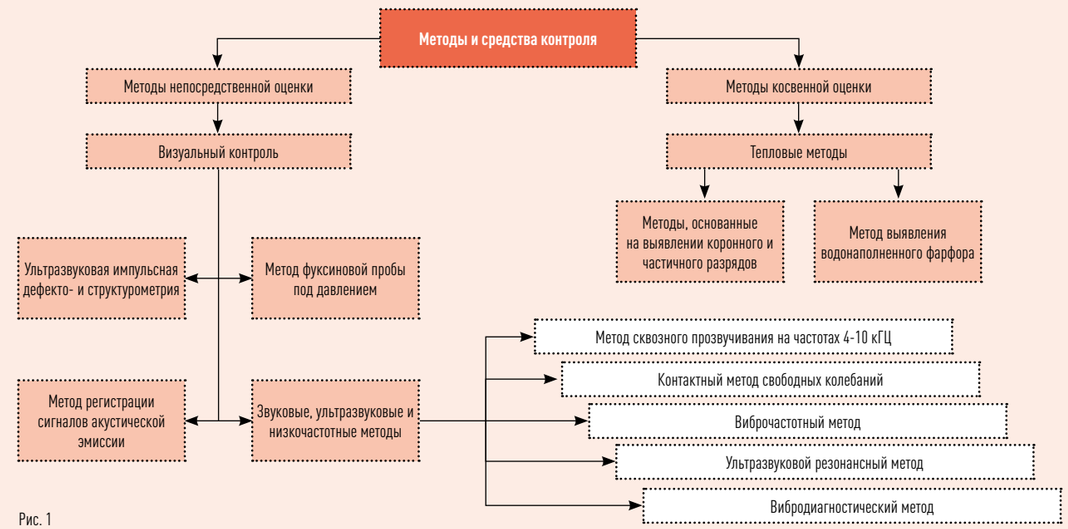

Рис. 1

Как показала практика эксплуатации разъединителей, важнейшей частью, влияющей на надежность их работы, являются опорно-стержневые фарфоровые изоляторы (ОСИ). Повреждаемость высоковольтных разъединителей из-за поломок ОСИ по-прежнему остается высокой, а по мере старения изоляторов вероятность их выхода из строя только увеличивается.

По данным ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», существенная часть отечественных разъединителей с ОСИ выпуска 90-х – начала 2000-х годов выполнена из фарфора довольно низкого качества. Это также подтверждается практикой эксплуатации разъединителей – в 70% случаев основной причиной их разрушения является плохое качество изготовления ОСИ, обусловленное нарушением основных технологических режимов процесса производства фарфора. Поломки ОСИ приводят к отключениям потребителей и несчастным случаям.

Ввод в действие в 2003 и 2008 гг. новых редакций ГОСТ Р 52034 «Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В», предъявивших более жесткие требования к техническим характеристикам ОСИ, заставил отечественные заводы-изготовители разработать и запустить в производство ОСИ новых серий с улучшенными характеристиками [1]. Улучшение характеристик было обеспечено за счет применения высокоглиноземного фарфора подгруппы не ниже 120 по ГОСТ 20419-83 (для изготовления изоляционной части изолятора), высокопрочного чугуна ВЧ 45, ВЧ 50 (для изготовления арматуры взамен серого чугуна), а также за счет внедрения антикоррозионного термодиффузионного цинкового покрытия на арматуру (горячий цинк) и защиты цементных швов силиконовым герметиком. Заводы-изготовители также усовершенствовали технологию изготовления ОСИ и систему контроля качества. Всё это позволило установить срок службы для модернизированных изоляторов не менее 30 лет до замены при соблюдении требований нормативной документации. При этом в течение всего периода эксплуатации обслуживание изоляторов должно быть полностью исключено. Модернизированные изоляторы сохранили ранее существовавшие присоединительные размеры и являются взаимозаменяемыми с ранее серийно выпускаемыми.

В свете указанного очевидно, что основным путем повышения надежности эксплуатируемых высоковольтных разъединителей с фарфоровыми ОСИ является применение новых модернизированных изоляторов. Однако количество таких ОСИ, находящихся в эксплуатации в настоящий момент, составляет не более 20% от общего числа. Соответственно, основная доля ОСИ, находящихся в эксплуатации, приходится на изоляторы предыдущих серий,

значительная часть из которых к тому же имеет сверхнормативный срок службы. Наметившаяся в последнее время тенденция по ускоренной замене ОСИ старых серий и с истекшим сроком эксплуатации, к сожалению, была заторможена последствиями экономического кризиса 2008 г. Также не вызывает оптимизма и заявленное сокращение инвестиционных программ ведущих отечественных энергокомпаний и, соответственно, прогнозируемое снижение темпов внедрения модернизированных ОСИ.

В таких условиях, как показала практика работы многих отечественных энергопредприятий, эффективным способом предупреждения аварий и поломок ОСИ является контроль их состояния в условиях эксплуатации, постоянное выявление внешних и внутренних дефектов ОСИ. Это также соответствует циркулярам РАО «ЕЭС России» «О предупреждении поломок опорно-стержневых изоляторов разъединителей 110–220 кВ» № Ц9-04-97 (Э) от 29.12.1997 г. и № Ц01-01 (Э) от 14.05.2001 г., «Методические указания по контролю механического состояния фарфоровых опорно-стержневых изоляторов разъединителей 110 кВ и выше и фарфоровых покрышек высоковольтных воздушных и масляных выключателей в условиях эксплуатации», утвержденным 30.12.2004 г. РАО «ЕЭС России» и согласованным с ОАО «ФСК ЕЭС», и приказу ОАО «ФСК ЕЭС» «О мерах по предупреждению повреждений разъединителей и выключателей из-за поломок изоляторов» № 209 от 20.07.2006 г. Ввод в действие этих документов значительно активизировал работу энергопредприятий по применению методов и средств диагностики технического состояния ОСИ, привлек внимание разработчиков к решению этой актуальной проблемы.

ПРИБОР УДС 2ВФ-ЦИВОМ-ЭП С НАБОРОМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ

Рис. 2

К настоящему времени разработано достаточно большое количество соответствующих методов и приборов, классифицировать которые можно следующим образом (см. рис. 1).

ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

Такой контроль позволяет при внешнем осмотре (в том числе и под напряжением) выявить около половины наружных трещин ОСИ. Эффективность такого контроля может быть повышена за счет сосредоточения внимания на изоляторах «группы риска», выделяемых по результатам обследования другими методами контроля, а также с учетом статистики отказов. Визуальный контроль изоляторов «группы риска» с целью выявления малозаметных трещин фарфора необходимо производить при любой возможности и с особой тщательностью.

В процессе визуального осмотра особое внимание следует уделять изоляторам, статистика отказов которых является неблагоприятной.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИМПУЛЬСНАЯ ДЕФЕКТО- И СТРУКТУРОМЕТРИЯ ОСИ

Этот метод разработан в ООО «ЦИВОМ», г. Санкт-Петербург. Ультразвуковой неразрушающий контроль (УЗНК) позволяет выявлять наиболее распространенные дефекты производственного и эксплуатационного происхождения в ОСИ, как смонтированных (при отключенном напряжении), так и россыпью. Могут контролироваться изоляторы, смонтированные в аппараты на любые классы напряжений (имеется опыт УЗНК ОСИ в аппаратах на 35, 110, 330, 500, 750 кВ), а также смонтированные в разъединителях, «треногах» выключателей, шинных мостах, стойках [3].

Аппаратурное обеспечение изоляторов базируется на серийном дефектоскопе УДС 2ВФ-ЦИВОМ-ЭП, обладающем целым рядом специально разработанных датчиков и приспособлений (рис. 2).

Рис. 3. Внешний вид цилиндра ФПД

Наиболее важным дефектом фарфоровых изоляторов, хорошо выявляемым с помощью УЗНК, является открытая микроскопическая пористость (ОМИП) фарфорового тела изолятора. Именно этот дефект в настоящее время является основной причиной разрушений изоляторов по вине изготовителей. ОМИП имеет чисто производственное происхождение, ввиду чего ультразвуковая структурометрия должна проводиться на заводе – изготовителе изолятора.

УЗНК изоляторов в эксплуатационных условиях позволяет выявлять макроскопические дефекты производственного характера «опасных» сечений и дефекты, возникающие в эксплуатации из-за впитывания влаги в зоны ОМИП.

Браковочные критерии УЗНК (особенно по дефекту ОМИП) устанавливаются для изоляторов данного «класса» (т.е. данного типа, завода-изготовителя и периода выпуска) с учетом особенностей технологии их изготовления и статистики отказов в эксплуатации.

Эксплуатационный УЗНК изоляторов не предполагает выявление околоповерхностных макроскопических дефектов, а при УЗНК ОСИ не выявляет дефекты стволовой части изоляторов (т.е. вне зоны «опасных» сечений и оконечностей). УЗНК не рассчитан также на выявление усталостных дефектов в качественно изготовленных изоляторах.

МЕТОД ФУКСИНОВОЙ ПРОБЫ

Для установления и корректировки браковочных критериев по дефекту ОМИП используется метод фуксиновой пробы под давлением (ФПД) на образцах, отбираемых из разрушенных изоляторов. Метод ФПД нормирован действующими стандартами на высоковольтный фарфор и необходим также для предъявления рекламаций изготовителям изоляторов с ОМИП. ООО «ЦИВОМ» разработан переносной вариант установки для испытаний образцов фарфора методом ФПД – цилиндр высокого давления (рис. 3), позволяющий в эксплуатационных условиях проводить испытания в полном соответствии с требованиями стандартов на высоковольтный фарфор. Масса установки ЦВД-250-3 – 15 кг, рабочий объем камеры 500 мл, давление 150–250 атм.

МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ (АЭ)

Этот метод позволяет:

- выявлять опасные (растущие в процессе силового нагружения) дефекты ОСИ, (вне зависимости от места расположения дефектов) при монтаже и ремонтах;
- то же самое – в эксплуатации на отключенных одноколонковых разъединителях 35, 110 и 220 кВ.

Существенной особенностью метода АЭ является невысокий уровень силового воздействия (не более 40% от величины минимальной разрушающей нагрузки, нормированной для данного типа изоляторов). Это достигается за счет использования оригинальной методики испытаний, основанной на регистрации дефекта с учетом так называемого «эффекта Кайзера» при повторном нагружении дефектного изолятора [3].

В ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» разработан (а на предприятии «Сигма - /О/» производится) на основе методики регистрации сигналов АЭ прибор ПАК-3М с универсальным нагружающим устройством УКИ-1 (см. рис. 4).

В предлагаемом варианте аппаратурно-методического обеспечения предусмотрена возможность нагружения ОСИ к центру и от центра полюса разъединителя, соответствующего нагрузкам, действующим при эксплуатации.

Представляется целесообразным регулярно применять метод АЭ для мониторинга изоляторов, эксплуатируемых в тяжелых режимах, имеющих длительный срок эксплуатации и неблагоприятную статистику отказов. В любом случае следует производить регистрацию сигналов АЭ при любых механических испытаниях ОСИ и гидравлических испытаниях покрышек. Применительно к ОСИ акустико-эмиссионному контролю в обязательном порядке должны подвергаться [2]:

- вновь поступающие на энергопредприятия изоляторы 110 кВ серии ИОС (как в составе разъединителей 110–220 кВ, так и отдельных партий);
- изоляторы любых типов по истечении гарантийного срока на разъединители 110–220 кВ;

ВНЕШНИЙ ВИД ПРИБОРОВ АЭ-КОНТРОЛЯ ПАК-3М И УКИ-1

Рис. 4

– изоляторы любых типов при проведении среднего ремонта разъединителей 110–220 кВ;
– изоляторы любых типов при обнаружении на них сколов фарфора, дефектов армировочных швов или контактной системы разъединителя, которые могли бы привести к снижению механической прочности изоляторов и (или) к существенному увеличению нагрузок на них;
– изоляторы, отобранные из резерва (после длительного хранения) для замены.

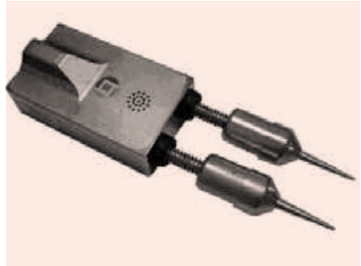

Рис. 5. Внешний вид прибора МИК-1

Как показали результаты обследований ОСИ с помощью УЗНК и АЭ-контроля с участием представителей ООО «ЦИВОМ» и ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», эти методы хорошо дополняют друг друга. Методика и аппаратура АЭ-контроля ОСИ получили широкое распространение на электрических станциях и подстанциях РФ. Указанные выше методы подтвердили свою эффективность на практике, с их помощью к настоящему времени проверены сотни тысяч изоляторов.

ЗВУКОВЫЕ И НИЗКОЧАСТОТНЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ МЕТОДЫ

К звуковым и низкочастотным ультразвуковым методам относятся: метод сквозного прозвучивания, свободных колебаний, вибрационный (резонансный). Эти методы принципиально позволяют выявлять лишь достаточно крупные дефекты, размер которых сопоставим с размером поперечного сечения изолятора. Такие дефекты, как правило, «прорастают» на поверхность изолятора и могут быть выявлены визуально.

Виброчастотный метод представлен разработкой НПО «Логотех» – метод и аппаратура МИК-1 (рис. 5) виброакустической диагностики [4].

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ

Техническое состояние опорно-стержневого фарфорового изолятора определяется по его амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) (рис. 6).

Основным критерием сохранения работоспособности изолятора является неизменность во времени его жесткости, то есть АЧХ.

Частными случаями и критериями оценки технического состояния

ТИПИЧНЫЙ РЕАЛЬНЫЙ ВИД АЧХ ОСИ, УСТАНОВЛЕННОГО НА РАЗЪЕДИНИТЕЛЕ, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИБОРОМ МИК-1

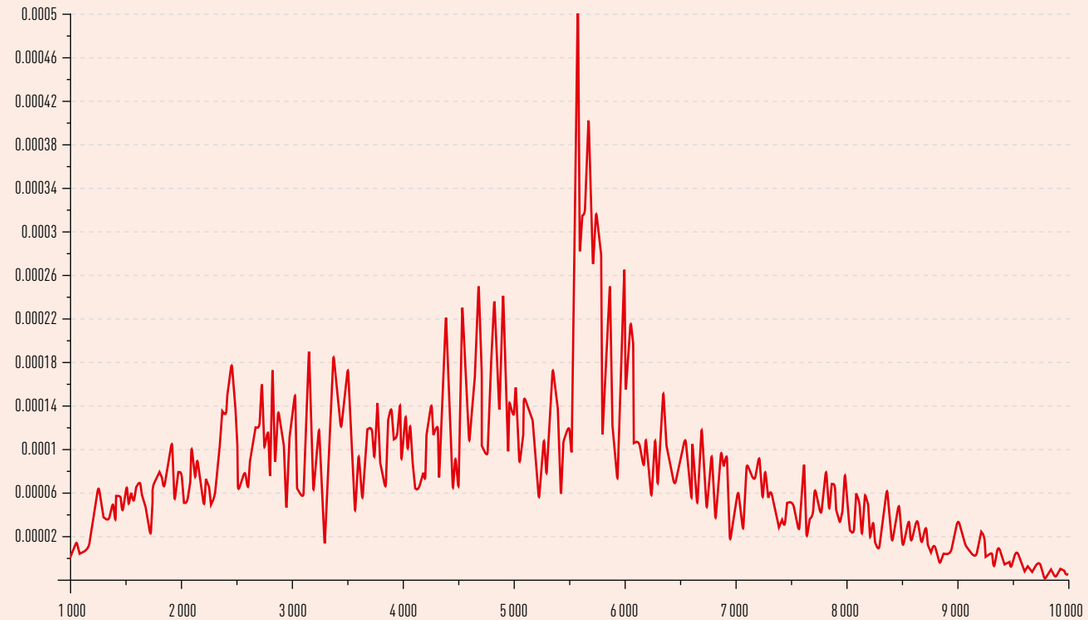

Рис. 6

изоляторов при первом измерении являются:

– изолятор в удовлетворительном состоянии:
  • наличие одного максимума на АЧХ в диапазоне частот 3000–8000 Гц;
– изолятор в неудовлетворительном состоянии (однозначная отбраковка):
  • наличие двух соизмеримых по интенсивности максимумов на АЧХ в диапазоне частот: 1000–2000 Гц – первый и 3000–8000 Гц – второй;
  • наличие одного максимума на АЧХ в диапазоне частот 1000–2000 Гц;
  • наличие двух соизмеримых по интенсивности максимумов на АЧХ в диапазонах частот: 3000–8000 Гц – первый и 8000–12000 Гц – второй;
  • наличие трех и более соизмеримых по интенсивности максимумов на АЧХ в диапазоне частот 1000–10000 Гц.

Все остальные случаи характеризуются как требующие периодических (не реже двух раз в год) обследований, причем второй – желательно после окончания перехода среднесуточной температуры через нуль.

Анализ проводится на основе осциллограммы с АЧХ изолятора. При этом, как показывают результаты реальных замеров, подавляющее число реально измеренных АЧХ изоляторов имеют множество выбросов, которые можно отнести как к «значительным», так и к «незначительным» в различных диапазонах частот. Анализ АЧХ проводится оператором на глаз, в силу чего даже при наличии практического опыта в значительном числе случаев ничего конкретного об изоляторе сказать нельзя. Изолятор обычно относят к группе «за которыми следует наблюдать» или «в неудовлетворительном состоянии». Также имели место случаи, когда из-за крайне слабой механической связи между отдельными частями изолятора возбуждение колебаний в части, отстоящей далее от места

ввода энергии, не происходило. Вследствие чего изолятор с минимальной механической прочностью воспринимался как изолятор в удовлетворительном состоянии и был допущен к эксплуатации. Фактически это говорит о наличии достаточно крупного дефекта, размер которого сопоставим с размером поперечного сечения изолятора. Такие дефекты, как правило, «прорастают» на поверхность изолятора и могут быть выявлены на конечной стадии визуально.

Однако, в сравнении с вышеописанными методами, данный метод может быть использован для контроля ОСИ под рабочим напряжением, что обуславливает его применение в условиях эксплуатации для диагностики как одноколонковых, так и составных изоляционных конструкций.

ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ МЕТОД

Этот метод представлен разработкой НПП «РОС» (г. Пермь). В основе метода лежит измерение и анализ различных вибропараметров: перемещения, скорости, ускорения, частоты, амплитуды колебаний, различные спектры, корреляционные и другие зависимости и пр.

Авторы метода исходят из того, что контроль вибрации – один из основных методов неразрушающего контроля технического состояния оборудования, диагностики неисправностей и прогнозирования оптимальных сроков и объемов ремонта. Любое оборудование, имеющее подвижные части, производит колебания или вибрацию, которая имеет свои уникальные характеристики. Вибрация, как и любой синусоидальный (динамический) процесс, может быть измерена и проанализирована специальными

Рис. 7. Внешний вид прибора «Корсар»

Рис. 8. Внешний вид прибора «МЕТАКОН-ЭКСПРЕСС»

приборами и диагностическим программным обеспечением [5]. Для проведения контроля ОСИ может использоваться виброизмеритель «Корсар» (рис. 7).

Он позволяет производить измерения сигналов и спектров вибрации (перемещение, скорость, ускорение), хранение и передачу данных в компьютер для анализа и диагностики. Также существуют более сложные приборы, которые позволяют измерять и оценивать более сложные комплексные параметры вибрации. Указанный метод показал свою высокую эффективность для контроля и диагностики вращающихся деталей. Однако для выявления характерных дефектов фарфоровых изоляторов метод показал себя недостаточно эффективным в связи с тем, что не учитывает специфики дефектов и характера повреждаемости ОСИ.

СКВОЗНОЕ ПРОЗВУЧИВАНИЕ НА ЧАСТОТАХ 4–10 КГЦ

Этот подход реализован в приборе ПАК-2 и его последующих модификациях- «МЕТАКОН» и «МЕТАКОН-ЭКСПРЕСС» (г. Томск). Акустический импульс возбуждается в контролируемом изоляторе с помощью фиксированного удара и после прохождения импульса через изолятор принимается датчиком с резонансной частотой около 150 кГц (т.е. прозвучивание ведется в нерезонансной области). Возникающая при ударе сферическая волна проходит через изолятор, принимается датчиком с предусилителем и передается на пиковый вольтметр, фиксирующий максимальную амплитуду принятого сигнала. В случае если на пути сферической волны оказывается дефект достаточно большого размера, амплитуда принятого сигнала может измениться (уменьшиться или возрасти, в зависимости от взаимного расположения датчика и точки ввода акустического импульса) [6].

Приборы «МЕТАКОН» и «МЕТАКОН-ЭКСПРЕСС» (рис. 8) отличаются от исходного прибора ПАК-2 лишь системой регистрации и обработки результатов испытаний при сохранении принципиальной схемы метода и системы браковочных критериев.

Однако сколь угодно совершенная система обработки не может восполнить низкую достоверность обнаружения дефектов, присущих фарфоровым изоляторам. Это свойство является принципиальной особенностью данного метода. Указанное обусловлено следующим: частотам 4–10 кГц соответствуют длины звуковых волн в фарфоре 1,4–0,6 м, что при использовании метода сквозного прозвучивания в принципе позволяет выявить

дефекты размером около 10 см и более. Если же заметно сдвинуть границы частотного диапазона данного метода в сторону увеличения частот, исчезнет возможность возбуждения прозвучивающего импульса в любой произвольно выбранной точке изолятора. Последнее сводит обсуждаемый метод к обычному направленному сквозному прозвучиванию, используемому как один из вариантов УЗНК.

Приборы ПАК-2М и «МЕТАКОН» принципиально отличаются от прибора ПАК-3М, т. к. не используют АЭ-метод и, соответственно, не могут определять внутренние развивающиеся трещины в теле ОСИ.

КОНТАКТНЫЙ МЕТОД СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Этот подход реализован в приборах серии «Звук», разработанных ВНИИАШ (г. Санкт-Петербург), и с успехом применяется для контроля абразивных кругов. Применительно к ОСИ испытания данным методом проводятся на частотах около 20 кГц, что, как показал опыт опробования прибора «Звук-202» на изоляторах ИОС-110-1250, явно недостаточно для выявления характерных дефектов фарфоровых изоляторов.

Оригинальный вариант этого метода предложен ОАО «Волгоградэнергоремналадка». В отличие от других низкочастотных методов, этот вариант может применяться на изоляторах, находящихся под напряжением. Свободные колебания в контролируемом изделии возбуждают ударом изолированной штангой либо пулей из пневматического ружья; прием колебаний ведется с помощью направленного микрофона, результаты сопоставляются с базой данных с помощью компьютера. Реальная эффективность такого подхода должна быть установлена специальным исследованием. В любом случае методом могут быть выявлены лишь достаточно крупные дефекты, такие как малозаметные наружные трещины, не определяемые при осмотре с земли.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД

Обычно этот метод с успехом применяется для измерений толщины и выявления расслоений в конструкциях простой формы, имеющих малую толщину (оболочки, пластины и т.п.), для которых резонансная частота ультразвуковых колебаний может достигать сотен килогерц и даже единиц мегагерц, что и обеспечивает высокую чувствительность резонансного метода к дефектам этих конструкций. Для контроля изоляторов ультразвуковой резонансный метод (ультразвуковая толщинометрия) малопригоден в силу их сложной формы и относительно больших размеров.

МЕТОДЫ КОСВЕННОЙ ОЦЕНКИ

Эти методы (в том числе тепловые методы и методы, основанные на выявлении коронного и частичного разрядов) не получили заметного применения для контроля механического состояния ОСИ, т. к. информативные параметры, получаемые с их помощью, слабо зависят от параметров и характеристик ОСИ, приводящих к снижению прочности последних. Фиксируемые при этом коронные разряды или области нагрева тела изолятора повышенными токами утечки в местах образования трещин фарфора или армировочного шва должны быть взяты на контроль и уточнены электрическими испытаниями и вышеуказанными методами. Метод выявления водонаполненного фарфора в настоящий момент является пока методически и аппаратно неотработанным.

ОПЫТ ФИЛИАЛА ОАО «МРСК УРАЛА» – «ЧЕЛЯБЭНЕРГО»

Показательным в плане обсуждаемых проблем, является передовой опыт ОАО «МРСК Урала». За последние годы в филиале ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» накоплен значительный опыт применения различных методов и средств контроля фарфоровых ОСИ. В энергопредприятии имеются приборы АЭ-контроля ПАК-3М: в системе ЦЭС – 2 шт., МЭС – 1 шт., ТЭС – 1 шт., ЗЭС – 1 шт. и ОАО «ИДЦ» – 1 шт.; приборы виброакустического контроля МИК-1: ЦЭС – 2 шт., МЭС – 2 шт., ТЭС – 1 шт., ЗЭС – 1 шт. и ЧГЭС – 1 шт.; приборы УЗНК-контроля УДС 2ВФ-ЦИВОМ-ЭП: Челябэнерго – 1 шт.

На момент проведения массовых АЭ-испытаний с помощью прибора ПАК-3М изоляторы доставлялись к месту работы заранее в количестве 4–5% от числа установленных. Процент дефектных изоляторов от числа проверенных обычно не превышает 4–5%. При повторном испытании изоляторов через 4 года дефектов не зафиксировано. Установлена периодичность обследований не реже 1 раза в 4 года.

Почти все случаи разрушения изоляторов и отбраковки прибором ПАК-3 приходятся на изоляторы с 10–15 летней эксплуатацией.

Рис. 9. Механические испытания на изгиб до разрушения на стенде ЗАО «Энерьгия+21»

Рис. 10. Типичный внешний вид места разрушения ОСИ в районе фланца

В энергопредприятиях филиала ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» с 1989 по 2002 годы на станциях и подстанциях АЭ-способом было испытано 8724 изолятора, из которых забраковано 252 шт. (из них 56 шт. разрушились при нагрузке 20% от номинальной разрушающей нагрузки и 196 шт. – по показаниям прибора ПАК-М). В итоге, число забракованных ОСИ составило 3% от числа проверенных.

Следует заметить, что опыт ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» был использован сотрудниками ОАО «НТЦ электроэнергетики» при разработке соответствующих противоаварийных циркуляров.

С 2007 г. в филиале ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» используется виброакустический метод контроля ОСИ 35-110 кВ и прибор МИК-1. Обучено 15 специалистов СИЗП ПО. В среднем в год испытывается 7000 штук ОСИ 35-110 кВ. Отбраковка составляет 4–7% от числа испытанных. В 2011 г. и 2012 г. повреждались по 2 испытанных и забракованных данным методом ОСИ. Между датой отбраковки и повреждением ОСИ время эксплуатации составило в первом случае две недели, во втором – три недели, в остальных случаях – до года.

Метод УЗНК и прибор УДС 2 ВФ-ЦИВОМ-ЭП получили пока еще недостаточно широкое применение ввиду своей трудоемкости. УЗНК применяется для диагностики фарфоровых ОСИ и фарфоровых высоковольтных выключателей с 2007 года. Обучено и аттестовано 2 инженера. За этот период испытано 582 шт. покрышки ВМТ-110 кВ и 366 шт. (в т. ч. 305 шт. при сравнительных испытаниях) ОСИ.

С целью ранжирования методов и средств по эффективности применения и в соответствии с распоряжением № 46 от 13.07.2010 г. и приказом № 205 от 23.07.2010 г. филиала ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» в 2010–2011 гг. были проведены сравнительные испытания ОСИ 35–110 кВ, применяемыми в настоящее время методами диагностики. Дополнительно к применяемым в филиале ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» был привлечен вибродиагностический метод и виброизмеритель «Корсар».

Изоляторы были испытаны в реальных условиях существующей ПС в составе колонок разъединителей, поддерживающих колонок и опорных колонок ВЧ-заградителей и КС, а затем были подвергнуты механическим испытаниям на изгиб до разрушения (см. рис. 9) на стенде ЗАО «Энеръгия+21».

Было выявлено, что для большинства изоляторов основной причиной разрушения является развитие опасных трещин в районе фланцев изолятора (см. рис. 10).

Была выявлена также низкая механическая прочность ОСИ, выпущенных до 2003 г. Излом таких изоляторов зачастую происходил при приложении нагрузки менее 30% от минимального разрушающего усилия при отсутствии видимых дефектов.

Результаты проведенных испытаний подтвердили, что для диагностики фарфоровых ОСИ имеет смысл применять вышеуказанные методы:

- метод регистрации АЭ сигналов при силовом нагружении изоляторов;
- метод УЗНК;
- вибрационный метод.

На основании имеющегося опыта применения данных методов, а также по результатам сравнительных испытаний методов и средств контроля ОСИ было выпущено Информационное письмо филиала ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» от 17.05.2011 г., где излагаются принципы контроля ОСИ и описаны области применения методов АЭ-контроля, вибрационного контроля и УЗНК. В письме указывается, что для надежного прогнозирования развития дефектов, исключения падения токоведущих частей из-за излома изоляторов при оперативных переключениях, исключения необоснованной замены фактически исправных изоляторов, повышения качества ремонтов разъединителей и опорных конструкций 35–110 кВ следует установить:

1. Периодичность испытаний МИК-1 должна быть первые 2 года после каждого перехода «зима-лето», «лето-зима», а в дальнейшем 1 раз в 4 года, т.е. необходимо обеспечить 100%-ное обследование фарфоровых ОСИ 35–110 кВ прибором МИК-1 под рабочим напряжением в соответствии с методикой «лето-зима-лето», прилагаемой к прибору.

2. При проведении капитальных ремонтов разъединителей 35–110 кВ и при входном контроле ОСИ, подготовленных к установке, в обязательном порядке производить испытания ОСИ акустико-эмиссионным методом либо методом УЗНК.

3. Внести необходимые изменения в технологические карты на ремонт разъединителей 35–110 кВ с фарфоровыми ОСИ.

4. Организовать обучение ремонтного персонала СЛиП и РЭС производству измерений ПАК-3М.

5. Обеспечить внесение данных по результатам испытаний ПАК-3М или УЗНК в ремонтную документацию в виде протоколов.

6. При планировании капитальных ремонтов предусматривать приобретение не менее 4% ОСИ от испытываемых изоляторов для замены дефектных забракованных.

Реализация мероприятий в соответствии с этим Информационным письмом несомненно приведет к снижению повреждаемости фарфоровых ОСИ и повысит надежность функционирования высоковольтных разъединителей в ОАО «МРСК Урала».

Опыт внедрения рассмотренных выше методов диагностики показывает, что с целью дальнейшего повышения надежности эксплуатации фарфоровых ОСИ высоковольтных разъединителей в энергокомпаниях РФ необходимы разработка и последующее внедрение отсутствующей на сегодняшний день технологии контроля механического состояния ОСИ в условиях эксплуатации (от входного контроля ОСИ, эксплуатации и ремонтов – до их утилизации) в виде соответствующих методических указаний. Такая технология (основанная на комплексной, системной и обоснованной с научной и экономической точек зрения) должна дать рекомендации по достоверной и эффективной диагностике механического состояния указанных изоляторов.

Задачами такой разработки являются:

- выявление, систематизация и классификация опасных характерных дефектов фарфоровых ОСИ, которые влияют на их механическое состояние;
- сбор и анализ информации о методах и аппаратных средствах диагностики механического состояния фарфоровых ОСИ разъединителей;
- проведение сравнения методов и средств диагностики механического состояния фарфоровых ОСИ разъединителей с точки зрения определения механического состояния изоляторов и возможности оценки дальнейшей эксплуатации проверенного изолятора, включая проведение сравнительных испытаний, которые должны позволить выявить сильные и слабые стороны методов и средств диагностики, виды обнаруживаемых дефектов изоляторов, достоверность отбраковки, возможности использования на различных стадиях жизненного цикла изоляторов в процессе эксплуатации и т. п.;
- разработка технологии контроля механического состояния фарфоровых ОСИ разъединителей в условиях эксплуатации и оформление ее в виде методических указаний.

ИНФОРМАЦИЯ

ИЗ ЦИРКУЛЯРА РАО «ЕЭС РОССИИ» № Ц01-01 (Э) ОТ 14.05.2001 Г.

Поломки опорно-стержневых изоляторов разъединителей приводят к обесточиванию распределительных устройств, нарушению энергоснабжения потребителей, а также к несчастным случаям, в том числе со смертельным исходом. Максимум повреждений изоляторов в составе разъединителей приходится на 10–15-й год эксплуатации. За это время проявляются дефекты:

- связанные с несовершенством и нарушением технологии изготовления изоляторов и приводящие к снижению их механической прочности в процессе эксплуатации;
- монтажа, наладки и технического обслуживания разъединителей в процессе эксплуатации, приводящие к возрастанию нагрузок на изоляторы.

Наблюдаются и сезонные максимумы повреждений, отмечаемые в периоды с февраля по май и с августа по ноябрь (в зависимости от географического расположения энергопредприятия).

ИНФОРМАЦИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ

Электрическая прочность - способность материала выдерживать действие приложенного к нему электрического напряжения. За пределом этой способности происходит пробой. Фарфор и изделия из него имеют очень высокую электрическую прочность. Рабочее напряжение керамического изолятора должно быть меньше его пробивного напряжения. Поэтому у каждого керамического изолятора должен быть определенный запас электрической прочности, определяемый коэффициентом запаса электрической прочности изоляции, равный отношению пробивного напряжения к рабочему. Фарфоровые и фарфороподобные изолирующие изделия характеризуются средним пробивным напряжением (при 50 гц) в пределах 20-250 кв/см.

Перечисленные задачи должны решаться на основе строго научного и системного подхода к классификации методов и средств контроля дефектов, определению областей их применения в условиях эксплуатации, повышению достоверности и надежности выявления дефектов.

Очевидно, что в настоящее время назрела насущная необходимость в создании современной технологии контроля состояния фарфоровых ОСИ. В качестве первого шага в этом направлении следует считать разработку и издание соответствующих методических указаний. Учитывая наличие в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» и ОАО «МРСК Урала» научно-технического задела и практического опыта диагностики фарфоровых ОСИ, представляется рациональным привлечь указанные организации к разработке таких методических указаний.

ВЫВОДЫ

1. На сегодняшний день в эксплуатации наибольшее распространение получили три метода контроля механического состояния фарфоровых ОСИ высоковольтных разъединителей:

– метод регистрации АЭ-сигналов при силовом нагружении изоляторов;
– метод УЗНК;
– вибрационный метод.

Первые два метода имеют высокую сходимость результатов контроля и высокую достоверность отбраковки и подтвердили свою эффективность на практике. Применимы при проведении работ на отключенном оборудовании. Третий метод востребован энергоорганизациями исходя из возможности контроля под рабочим напряжением, нуждается в совершенствовании критериев отбраковки для повышения достоверности.

2. Результаты анализа методов и практики их применения энергопредприятиями свидетельствуют о необходимости использования сочетания методов при контроле механического состояния фарфоровых ОСИ. Применительно к условиям отдельных электросетевых компаний предпринимаются попытки создания комплексной методики контроля механического состояния ОСИ на основе использования сочетания трех вышеуказанных методов.

С целью качественного повышения надежности эксплуатации фарфоровых ОСИ в условиях сокращения инвестиционных программ и темпов ввода в эксплуатацию модернизированных изоляторов по ГОСТ Р 52034 «Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В» целесообразно проведение разработки и внедрения эффективной комплексной технологии контроля механического состояния фарфоровых ОСИ для условий эксплуатации в виде соответствующих методических указаний.

3. Многообразие существующих методов и технических средств контроля механического состояния фарфоровых ОСИ, а также постоянно растущее их число еще раз подтверждают актуальность проблемы в целом и стимулируют к поиску новых путей ее решения. Для выбора наиболее перспективных из них необходимы тщательный анализ этих методов, а также постоянный объективный и непредвзятый анализ их опытной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52034-2008. Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия.
2. Циркуляр РАО «ЕЭС России» «О предупреждении поломок опорно-стержневых изоляторов разъединителей 110-220 кВ» № Ц01-01 (Э) от 14.05.2001 г.
3. Методические указания по контролю механического состояния фарфоровых опорно-стержневых изоляторов разъединителей 110 кВ и выше и фарфоровых покрышек высоковольтных воздушных и масляных выключателей в условиях эксплуатации, согл. с ОАО «ФСК ЕЭС», утв. РАО «ЕЭС России» 30.12.2004 г.
4. Методические указания по контролю механического состояния опорно-стержневых фарфоровых изоляторов 110–220 кВ под рабочим напряжением, утв. ОАО «ФСК ЕЭС» 20.06.2005 г.
5. Описание прибора «Корсар». http://www.ros-diagnostics.ru.
6. Описание прибора «МЕТАКОН-ЭКСПРЕСС». http://www.metacon.ru.

реклама

ИНЖИНИРИНГ ЮНИТЕЛ

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПКУ СР24
ВАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА

Семейство оборудования ПКУ состоит из линейки обработки и передачи команд релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА), линейки преобразователей интерфейсов. Предназначено для организации каналов технологической связи как напрямую по волоконно-оптическим кабелям (ВОК), так и по цифровым сетям передачи информации (ЦСПИ). Позволяет эффективно реализовывать передачу команд РЗ и ПА и организовывать каналы с интерфейсами С37.94 для дифференциальных защит линий (ДЗЛ).

Применение семейства оборудования ПКУ позволяет:

- Уменьшить число мультиплексоров доступа в ЦСПИ, что приводит к снижению стоимости технических решений, в том числе за счет уменьшения числа лицензий для систем управления, увеличению надежности ЦСПИ и, соответственно, организованных по ней каналов РЗА и ПА, уменьшению расходов на эксплуатацию ЦСПИ и упрощению сетевых топологий;
- Разделить зоны ответственности и обслуживания служб РЗА и ПА и служб СДТУ;
- Обеспечить контроль каналов РЗА и ПА по ЦСПИ в АСУ ТП и системах центральной сигнализации объектов;
- Исключить несанкционированный доступ к системам РЗА и ПА из ЦСПИ, что упрощает обеспечение их информационной безопасности;
- Уменьшить число сигнальных кабелей, клемм и дискретных входов/выходов между УПАСК и промежуточной панелью контроля и управления и, как следствие, снизить стоимость, увеличить надежность, обеспечить постоянный контроль соединения между УПАСК и промежуточной панелью, уменьшить расходы на эксплуатацию;
- Высвободить место на объектах электроэнергетики;
- Применять типовые технические решения;
- Проводить техническое обслуживание УПАСК без прерывания других каналов;
- Упростить анализ срабатывания систем РЗА и ПА с учетом состояния их цифровых каналов при использовании формата COMTRADE;
- Исключить необходимость использования в ЦСПИ мультиплексоров доступа одного производителя при построении каналов РЗА и ПА.

Многочисленные успешно реализованные проекты подтверждают надежность оборудования семейства ПКУ.

СР24 ПКУ

ЗАО «Юнител Инжиниринг» • 111024 Москва • ул. 2-я Кабельная, д. 2, стр. 1 • +7 (495) 651-99-98 • info@uni-eng.ru • www.uni-eng.ru

Приглашаем на наш стенд № С4 на выставке «Релейная защита и автоматика энергосистем 2014», 27-29 мая ВДНХ, г. Москва