

В ПОМОЩЬ ПРОИЗВОДСТВЕННИКУ

Ультрафиолетовая и инфракрасная дефектоскопия изоляционных конструкций

АРБУЗОВ Р. С., ЛАВРОВ В. Ю., ТОЛЧИН В. М., инженеры, ОВСЯННИКОВ А. Г.,
доктор техн. наук, Новосибирская СПБ "Электросетьсервис"

Профилактические испытания и диагностирование электрооборудования высокого напряжения — важное звено в обеспечении стабильной работы энергосистем. Среди прочих предпочтение отдается способам диагностирования оборудования, находящегося под напряжением в нормальном эксплуатационном режиме. Каждый из этих способов, в свою очередь, имеет предпочтительные области применения.

Для обнаружения развитых дефектов оборудования достаточно использовать один наиболее приемлемый способ дефектоскопии. Однако совместное использование двух и более способов диагностирования одного и того же объекта может повысить достоверность и чувствительность контроля. Особый эффект дает одновременное применение независи-

мых или принципиально различных по физическому механизму способов диагностирования. Например, комплексное обследование силового трансформаторного оборудования невозможно представить без совместного применения различных видов физико-химического анализа проб масла, измерения сопротивления, токов абсорбции и диэлектрических потерь электрического и акустического методов регистрации частичных разрядов (ЧР) и т.п.

В статье приведены данные обследований внешней изоляции оборудования методами ультрафиолетовой (УФ) и инфракрасной (ИК) дефектоскопии. Ультрафиолетовая диагностика основана на локации очагов коронных и поверхностных ЧР. Отсутствие каких-либо разрядных процессов — необходимое условие, а в



а)



б)

Рис. 1. Внешний вид камер для УФ (а) и ИК (б) диагностики

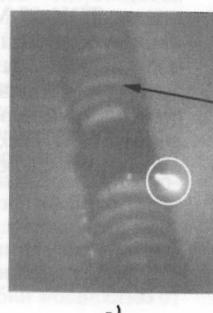


а)

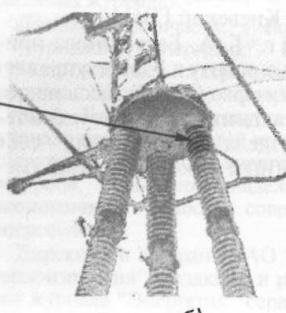


б)

Рис. 2. Трецины фарфоровых элементов изоляционных конструкций:
а — в опорных изоляторах; б — в фарфоровой покрышке



а)



б)

Рис. 3. Опорный изолятор с водонаполненным фарфором

некоторых случаях и достаточный показатель нормального состояния внешней изоляции.

Напротив, по мере снижения изолирующей способности конструкций вследствие загрязнения и увлажнения поверхности интенсивность ЧР увеличивается. Появление различного рода дефектов также приводит к ухудшению изоляции и усилиению разрядных процессов на ней. Поэтому сам факт возникновения коронных и поверхностных ЧР (или увеличения их интенсивности) можно использовать для выявления дефектной или сильно загрязненной внешней изоляции, поврежденных проводов, шин и т.п.

Инфракрасная диагностика основана на локации мест в оборудовании с неоднородностями распределения температуры, которые появились вследствие изменения физических свойств материала (например, увеличение $\text{tg } \delta$ изоляции) или электрической связи между токоведущими частями оборудования.

Авторы статьи более пяти лет использовали параллельно эти два метода для дефектоскопии опорно-стержневых изоляторов разъединителей и шинных опор, а также вентильных разрядников на подстанциях РАО "ЕЭС России" и "ФСК ЕЭС". С помощью прибора "Филин-6М" (рис. 1, а) выполнялась УФ диагностика, а с помощью тепловизора AGEMA Thermo vision® 550 (рис. 1, б) — ИК диагностика.

Цель контроля многоэлементных опорных конструкций — выявление пробитых изоляторов или изоляторов с внутренним дефектом. Большой интерес предоставляет возможность обнаружения трещин и микротрещин в стержневых фарфоровых изоляторах УФ и ИК методами под рабочим напряжением.

Микротрещины появляются на начальной стадии разрушения фарфора. Они несут скрытую угрозу для конструкции в целом. Когда погода сухая, поверхностные ЧР могут наблюдаваться в самих микротрещинах, если они расположены недалеко от места наибольшего потенциала в конструкции. Если микротрещины наполнены грязью, в сырую погоду поверхностные ЧР появляются рядом с ними из-за локального увеличения напряженности электрического поля.

Двукратный контроль конструкции в сухую и влажную погоду обеспечивает приемлемую надежность выявления мик-

Вид дефекта	Число отбракованных изоляторов ИОС посредством разных методов	
	УФ	ИК
Развитое повреждение армировочного шва	675	13
Извилистые трещины	82	8
Вертикальные трещины (обнаруживаются только в сырую погоду)	2	6
Водонаполненный фарфор	6	6
Общее число	765	33

ротрещин УФ методом. На рис. 2, а представлена типичная золограмма свечения поверхностных ЧР в трещинах опорного изолятора.

Кроме того, в сырую погоду вода проникает в открытую трещину и увлажняет фарфор. Под действием повышенной локальной плотности тока утечки происходит ее подсушивание, что приводит к локальному увеличению температуры в этой области на 1–2 °C, хорошо выявляемому с помощью тепловизора. На рис. 2, б показана термограмма разрядника с трещиной фарфоровой покрышки (контроль проводился при моросящем дожде).

Опорно-стержневые изоляторы, изготовленные с нарушениями технологии, например с водонаполненным или не-пропеченым фарфором, имеют низкие диэлектрические характеристики — увеличенные диэлектрические потери (значение tg δ достигает десятков процентов). Если изолятор с таким дефектом находится сверху (со стороны потенциала), на его нижнем фланце потенциал ненамного отличается от рабочего потенциала на верхнем фланце. В сравнении с исправными изоляторами в соседних колонках такие изоляторы отличаются от других наличием мощных коронных разрядов на нижних металлических фланцах.

При тепловизионном контроле изоляторы с нарушениями технологии изготовления можно выявить по наличию области с повышенной температурой по сравнению с аналогичными элементами. На рис. 3 представлены результаты наблюдения за опорно-стержневым изолятором с ухудшенными электрическими свойствами фарфора в разъединителе 500 кВ при УФ контроле (рис. 3, а) и ИК контроле (рис. 3, б).

За пять лет на подстанциях МЭС Урала, Сибири и Востока было обнаружено более 750 дефектных изоляторов. В таблице приведены объемы отбракованных изоляторов по видам дефектов и методам диагностики, с помощью которых они были выявлены.

Из приведенных данных видно явное преимущество УФ метода в обнаружении изоляторов с извилистыми трещинами и дефектами армировочного шва. Наоборот, ИК метод предпочтителен для выявления трещин со строго вертикальным расположением, т.е. вдоль оси изолятора и силовых линий электрического поля. Все

изоляторы с водонаполненным фарфором были определены посредством обоих методов. Хотя результаты контроля УФ и ИК методами совпадают не всегда, авторы считают, что проводить диагностику полезно обоими методами контроля, поскольку при этом происходит более детальное и глубокое обследование оборудования. Результаты диагностики в УФ области спектра дополняют данные из ИК области и наоборот.

При обследовании ВЛ с вертолета фиксирование излучений УФ, ИК и электромагнитными детекторами дает более полную картину ее состояния. С помощью УФ метода и детекторов электромагнитного излучения обнаруживают разрядные процессы на проводах, изоляции, грозотросе и арматуре, а ИК методом определяют места некачественного соединения проводов и некоторые дефекты полимерных подвесных изоляторов.

Авторами статьи исследуется возможность обнаружения дефектов опорных полимерных изоляторов с комбинацией указанных методов и направленной регистрацией спектра электромагнитного излучения сверхвысоких частот. На рис. 4 приведена термограмма дефектного полимерного изолятора. Данные методы

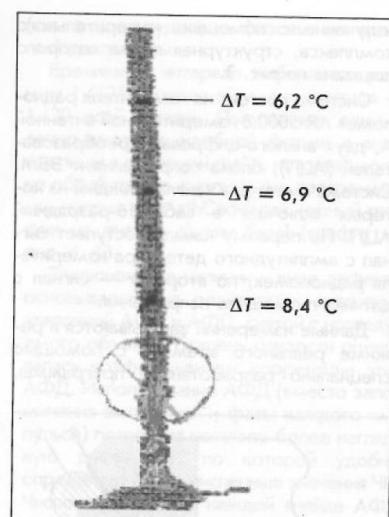


Рис. 4. Термограмма дефектного полимерного изолятора ВЛ 330 кВ

применяются при контроле изоляции класса 110 кВ и выше, хотя их эффективность проверена и для опорной изоляции классов 6, 10 и 35 кВ.

Идентификация дефектов внешней изоляции с использованием амплитудно-фазовых диаграмм

РЫБАКОВ Л. М., канд. техн. наук, ВАСЮНИН В. С., инж.,
Марийский государственный университет

За десятилетний период статистика наблюдений в распределительных сетях среднего напряжения по Республике Марий-Эл показала, что более 60 % оборудования отработало свой нормативный срок (25 лет). По степени надежности в убывающем порядке аппараты и элементы сетей распределяются следующим образом: изоляторы ВЛ, провода, опоры, разъединители, силовые трансформаторы.

В связи с этим вопросы диагностики распределительных сетей 10 кВ занимают важное место в современной энергетике. Необходимо отметить, что эффективность диагностирования электрооборудования в ее нынешнем состоянии явно недостаточна. Причина этому — слабое теоретическое обеспечение для создания технических средств диагностирования. Под теоретическим обеспечением подразумевается наличие математических моделей, программ обработки диагностической информации, формализованности процедуры постановки диагноза и их отображения.

Задача распознавания конкретных дефектов весьма сложна и в настоящее время решена лишь для ограниченного вида оборудования. Далее предлагается один из методов ее решения для внешней изоляции распределительных сетей 6–35 кВ. С его помощью определяются

дефекты в штыревых и натяжных изоляторах, в изоляции комплектных трансформаторных подстанций и силовых трансформаторов. Причем диагностирование ведется под напряжением антенным методом, т.е. без непосредственного контакта, что существенно снижает опасность работы для обслуживающего персонала и уменьшает трудоемкость диагностирования.

Подход к разрешению данной проблемы заключается в использовании методов распознавания образов. Для повышения эффективности технико-распознавательного подхода необходимо иметь базу данных нормализованных значений диагностических параметров к соответствующим признакам дефектов.

Дефекты в штыревом изоляторе ШФ-10Г моделировались в виде воздушных полостей различных объемов, представленных в таблице. Разряды в воздушном промежутке происходят между проводом (высоковольтным электродом) и заземленным электродом (рис. 1). На высоковольтный электрод подавалось напряжение ступенями по 5 кВ от 5 до 20 кВ с выдержкой времени 10 с. Измерения проводились измерителем радиопомех AR 5000 на частотах 3, 6, 10, 40, 57, 605, 885, 1000 Гц по схеме, показанной на рис. 2. За указанный промежуток времени измерялось высокочастотное (ВЧ)