



Нач. отдела
АСУТП ФГУП «Гран»
Г.В. Лобынцев

Электронно-оптические дефектоскопы в энергетике

Г.В. Лобынцев

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ВНЕШНЕЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЛ И ОРУ

Задачами профилактического контроля является обнаружение ее дефектов и оценка степени снижения изолирующей способности конструкций, т.е. определение напряжения их перекрытия. Для решения этих задач используют традиционные, регламентированные нормативными документами, и новые, ненормативные методы контроля. Рассмотрим сущность, основные достоинства и недостатки применяемых методов.

НОРМИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Периодичность контроля изоляции традиционными методами устанавливается системами планово-предупредительного ремонта, но не должна превышать 8-летнего срока. Анализ повреждаемости изоляции ВЛ указывает на необходимость сокращения периодичности профилактического контроля. Регламентируются следующие виды профилактического контроля.

Визуальный осмотр. Как известно, при аварийных отключениях ВЛ и оборудования подстанций место повреждения устанавливается внешним осмотром изоляции на участках ВЛ. Предполагается, что гирлянды, на которых произошло перекрытие, могут быть выявлены по разрушенным изоляторам или по следам воздействия дуги. Однако опыт показывает, что на самом деле из-за быстрого действия релейной защиты, сокращающей время воздействия дуги на изоляторы, образование на изоляторах сколько-нибудь заметных с земли следов не происходит. В целом, недостатком этого метода является низкая надежность выявления дефектов.

Измерение сопротивления изоляции. Метод применяется для контроля фарфоровых, подвесных и опорно-штыревых изоляторов. Суть метода заключается в измерении сопротивления изоляторов с помощью мегаомметра постоянного тока с напряжением 2,5 кВ. Этот метод позволяет определять только абсолютно нулевые изоляторы. Погрешность метода обусловлена использованием низкого испытательного напряжения. Эти обстоятельства, а также необходимость отключения линии

и трудоемкость операции контроля являются принципиальными недостатками метода.

Контроль многоэлементной изоляции с помощью штанги. Несомненное достоинство данного метода – производство измерений под рабочим напряжением. Изоляторы бракуются, если напряжение на них оказывается ниже, чем указано в таблице. Измерение штангой требует значительных трудозатрат, это небезопасно, так как требует работы на высоте и вблизи токоведущих частей под напряжением. Кроме того, метод имеет и принципиальные методические погрешности.

Подводя итоги обсуждения традиционных методов контроля высоковольтной изоляции ВЛ и ОРУ, отметим еще раз их основные недостатки: большие трудозатраты, трудность обеспечения безопасности работ, недостаточную метрологическую надежность контроля, в ряде случаев – необходимость отключения линии для проведения работ.

НЕНОРМИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Все описываемые ниже методы являются методами косвенной оценки степени снижения изолирующей способности изоляционных конструкций.

Наиболее интересными и имеющими практическое применение являются методы: тепловизионного контроля, метод контроля по интенсивности поверхностных частичных разрядов (ПЧР), к которым относятся методы регистрации акустического излучения ПЧР, регистрации электромагнитного излучения и регистрации оптического излучения ПЧР. Из всего ряда ненормированных методов контроля наиболее предпочтителен метод регистрации оптического излучения ПЧР, так как он лучше всего разработан в качестве количественных критериев оценки снижения, изолирующей способности изоляционных конструкций и обеспечивает наибольшую чувствительность.

1. Регистрация оптического излучения ПЧР. Регистрировать оптическое излучения ПЧР можно с помощью фотоэлектронных умножителей (ФЭУ), обладающих высокой чувствительностью к оптическому излучению или с помощью электронно-оптических преоб-

разователей (ЭОП), обладающих специальными характеристиками для регистрации оптического излучения ПЧР. Кроме всего прочего, ЭОП в отличие от ФЭУ позволяет наблюдателю не просто регистрировать интенсивность оптического излучения, но и видеть сам объект излучения, что в свою очередь сильно облегчает процесс регистрации оптического излучения ПЧР.

2. Особенности оптического излучения разрядных процессов и требования к устройствам для их регистрации. Требования к спектральным характеристикам

Одной из основных характеристик является спектр свечения ПЧР, который перекрывает диапазон от 200 до 1000 нм с максимумом излучения на длине волны, равной 337,1 нм. Спектр может быть линейчатым (разряды на чистых изоляторах) и смешанным (ПЧР в виде дужек на загрязненной и влажной изоляции).

Очевидно, что для надежной регистрации ОИ ПЧР необходимо, чтобы область спектральной чувствительности фотокатода (ФК) ЭОП перекрывала спектральную область излучения ПЧР. Для этого на заводе «Гран» по заказу СИБНИИЭ был разработан ЭОП, обладающий такими характеристиками.

3. Электронно-оптические дефектоскопы (ЭОД) для дистанционного контроля внешней изоляции ВЛ и ОРУ «Филин-3» и «Филин-5».

На базе этого ЭОПа в лаборатории приборов ПНВ отдела АСУТП завода «Гран» был создан первый в России электронно-оптический дефектоскоп «Филин-3», для которого СИБНИИЭ разработал методику электронно-оптической диагностики высоковольтной изоляции.

ЭОД «Филин-3» предназначен для дистанционного диагностического профилактического контроля состояния изоляции высоковольтного энергетического оборудования. Было изготовлено и продано различным организациям энергетики около 250 приборов «Филин-3».

Дефектоскопия прибора основана на регистрации поверхностных разрядов на изоляции высоковольтного оборудования и регистрации коронного разряда на элементах высоковольтной конструкции. Отсутствие короны и поверхностных разрядов, а также рост интенсивности разрядных процессов являются характерным признаком снижения изоляционных свойств высоковольтных конструкций. Разрешающая способность прибора в центре составляла 20 лин/мм, перед входом объектива устанавливался светофильтр с полосой пропускания в коротковолновой части спектра типа УФС-1, УФС-2. Благодаря установке светофильтров снижалась интенсивность фоновых бликов на наблюдаемых объектах, а также повышался контраст изображе-



ния ПЧР на экране усилителя яркости ЭОП. Дополнительное ослабление бликов, обусловленных действием посторонних источников света (луна, осветительные приборы), достигалось за счет импульсного режима пита-

ния усилителя яркости ЭОПа с частотой порядка 100 Гц, соответствующей частоте появления ПЧР на высоковольтном оборудовании и длительностью импульсов 1–6 мс., определяемых длительностью существования ПЧР в полупериоде напряжения в 10 мс. Оценка интенсивности свечения разрядов в «Филине-3» производилась сравнением с интенсивностью свечения опорного источника света на экране ЭОП визуальным путем вращения ручки настройки яркости опорного источника света, до соответствия яркости свечения ПЧР. Снимая показания лимба и используя нормы дистанционного профилактического контроля ВЛ и ОРУ, определяли дефектность изоляции.

Дефектоскопия прибором «Филин-3» проводилась при температуре окружающей среды от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности 99 %. Дальность расстояния до объекта определялась используемым объективом: при фокусном расстоянии 200 мм дальность составляла 50 м, а при фокусном расстоянии 1000 мм составляла 500 м, что очень важно при контроле ВЛ в горах и других труднодоступных местах.

ЭОД «Филин-3» при всех своих достоинствах обладал и рядом существенных недостатков.

– Низкая разрешающая способность ЭОПа требовала длиннофокусного объектива, что в свою очередь приводило к утяжелению прибора и сложности контроля свечения ПЧР (необходимость наблюдения со штатива).

– Низкая чувствительность ЭОПа снижала дальность наблюдения из-за помех на экране ЭОПа.

– Применение не кварцевого объектива также снижало дальность наблюдения из-за высоких световых потерь в объективе.

– Применение визуального измерения методом сравнения яркости реперной точки с яркостью свечения ПЧР вносило фактор субъективности в измерения, кроме этого, отсутствие измерения длительности свечения ПЧР исключало возможность дополнительного контроля изоляции ВЛ.

Для частичного улучшения характеристик ЭОД «Филин-3» в лаборатории ПНВ отдела АСУТП завода «Гран» был разработан новый прибор на старом ЭОПе – ЭОД «Филин-5». Для уменьшения потерь в объективе был создан новый кварцевый, зеркальный объектив с фокусным расстоянием 200 мм и пониженными весо-габаритными характеристиками. Разработана новая электронная схема прямого измерения яркости свечения ПЧР и его длительности, позволяющая исключить фактор субъективности в измерениях и расширяющая диапазон контроля изоляции ВЛ. Измерение яркости свечения ПЧР в «Филине-5» производилось с помощью фотодиода, установленного перед экраном ЭОПа, электрический сигнал с которого поступал на электронную схему, которая замеряла яркость и длительность свечения ПЧР и выводила измерения на цифровой светодиодный индикатор. Хотя в «Филине-5» были свои недостатки, связанные с применением несовершенных электронных компонентов, ухудшающих обзор экрана из-за больших габаритов фотодиода и усложняющих управление измерением, создание ЭОД «Филин-5» было шагом вперед в развитии электронной дефектоскопии в энергетике. Из-за известных событий в 90-е годы в промышленности «Филин-5» так и не вышел в свет, кроме нескольких опытных образцов.

Основные пути создания современных электронно-оптических дефектоскопов для энергетики. Учитывая актуальность данной темы в современных условиях строжайшей экономии электроэнергии во всем мире, что напрямую связано с потерями на линиях электропередач и заинтересованностью энергетиков в таких приборах, в отделе АСУТП завода «Гран» было решено продолжить работы по созданию совершенно

новых электронно-оптических дефектоскопов с учетом современных достижений в электронике.

В настоящее время в Новосибирске выпускается ЭОД «Филин-6», являющийся фактической модернизацией ЭОД «Филин-3». Отличие «Филина-6» от «Филина-3» заключается в том, что в нем стоит более современный, но дорогостоящий ЭОП, обычный объектив заменен на кварцевый и вместо обычного фотоаппарата он укомплектован цифровым, а в остальном они похожи как две капли воды, не считая стоимости прибора, которая зашкаливает аж за 5000 у.е. в средней комплектации.

Наша задача – создание совершенно нового поколения ЭОД с современной электроникой, выполненной на базе современных микроконтроллеров, способных не только автоматически проводить измерения всевозможных параметров свечения ПЧР с помощью чип-фотодиодов, но и анализировать и хранить информацию для дальнейшей обработки на ЭВМ. Для регистрации и дальнейшего анализа сделанных цифровых снимков разрабатывается программа обработки графических образов, которая будет использовать информацию, накопленную в микроконтроллере для совместной, автоматизированной обработки.

Вторая задача – обеспечить ЭОД дешевым и качественным ЭОПом. На заводе «Гран» разработан малогабаритный дешевый электронно-оптический преобразователь «Цей» с достаточно высоким уровнем необходимых параметров. Проведя его модернизацию в части расширения спектральной характеристики в ультрафиолетовый диапазон, его можно будет использовать в дефектоскопах. При необходимости сканирования изображения и передачи его в базу данных возможно провести дополнительную конструктивную доработку «Цея» и получить изображение на волоконно-оптической пластине.

ЭОП «Цей» уже сейчас изготавливается на современном автоматизированном комплексе вакуумной обработки с программным управлением, разработанным и введенном в промышленную эксплуатацию специалистами отдела АСУТП завода «Гран». Это даст возможность быстро наладить серийный выпуск ЭОПов для ЭОДов.

Список сокращений

ВЛ – воздушные линии электропередач.
ОРУ – открытое распределительное устройство.
ВН – высокое напряжение промышленной частоты.
ПЧР – поверхностные частичные разряды.
ОИ – оптическое излучение.
УФ – ультрафиолетовое оптическое излучение.

ИК – инфракрасное оптическое излучение.
ФК – фотокатод.
МКП – микроканальная пластина.
ФЭУ – фотозлектронный умножитель.
ЭОП – электронно-оптический преобразователь.
ЭОД – электронно-оптический дефектоскоп.

