**Дисциплина: Эксплуатация электрооборудования, неразрушающий контроль технического состояния электрооборудования.**

**Лекция № 19. Проведение ультра фиолетового (УФ) обследования изоляции ВЛ и электрооборудования станций и сетей**

**1. Введение**

Существующей системой профилактического контроля внешней изоляции предполагаются периодические испытания повышенным напряжением, измерения сопротивления изоляции, контроль распределения напряжения по многоэлементным конструкциям, визуальный осмотр. Для некоторых видов изоляции (опорная стержневая, полимерная) или видов дефектов ВЛ (обнаружение мест перекрытия изоляции, повреждения проводов, арматуры и др.) методы контроля, кроме визуального осмотра конструкций, не регламентируются. Поэтому развитие дистанционных бесконтактных методов профилактического контроля является перспективным направлением.

Для большинства видов высоковольтного энергетического оборудования отсутствие короны на металлических элементах и поверхностных частичных разрядов (далее − ПЧР) на внешней изоляции является необходимым, а иногда и достаточным признаком нормальной работы. В технических условиях на многие виды оборудования высокого напряжения введены требования по отсутствию видимой короны и ПЧР на изоляции. Правила устройства электроустановок (далее − ПУЭ) предусматривают проверку проводников по условиям короны и радиопомех (пункт 1.3.33). Контроль данных элементов может эффективно производиться с помощью электронно-оптических ультрафиолетовых (далее − УФ) дефектоскопов.

Применительно к внешней изоляции оборудования, работающей в атмосферных условиях, возникновение короны и ПЧР исключить полностью бывает невозможно. В этих случаях интенсивность разрядных процессов увеличивается по мере снижения изолирующей способности конструкции, а также вследствие появления дефектов или загрязнения и увлажнения поверхности. Таким образом, возникновение или увеличение интенсивности короны или ПЧР можно использовать для косвенной оценки изолирующей способности и обнаружения дефектов.

Диагностика изоляторов с помощью электронно-оптических УФ дефектоскопов является приоритетной, так как выявление дефектов другими способами, без выведения оборудования из эксплуатации или наличие определённой нагрузки затруднительно. Применение УФ контроля производится при любой нагрузке (необходимо только наличие напряжения) и возможно на самых ранних стадиях развития дефектов. Также СО-34.45-51.300-97 (пункт 30.6.3) не предусматривает никаких иных видов контроля стеклянной изоляции ВЛ, за исключением внешнего осмотра. Для данного вида изоляции УФ контроль также можно считать приоритетным.

Из возможных способов регистрации разрядных процессов для диагностических целей оптический способ отличается наибольшей чувствительностью, пространственной разрешающей способностью и помехоустойчивостью. Для реализации способа в регистрирующей аппаратуре используют высокочувствительные приемники оптического излучения, в частности, электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Также современные приборы оснащаются солнечным фильтром в УФ канале, который позволяет использовать приборы и данный метод в целом в дневное время.

Контроль интенсивности ультрафиолетового излучения от электроразрядных процессов (ультрафиолетовый контроль) − оптический метод дистанционного неразрушающего контроля. Метод позволяет выявлять на начальной и средней стадии развития дефекты, сопровождающиеся электроразрядными процессами в опорной и подвесной изоляции, а также на элементах гибкой ошиновки открытых распределительных устройств и площадках открытой установки трансформаторов.

При проведении высоковольтных испытаний вращающихся электрических машин и наличии возможности дистанционного визуального осмотра обмотки статора ультрафиолетовый контроль позволяет увеличить количество выявляемых дефектов за счет выявления поверхностных и коронных разрядов на начальной стадии их развития.

УФ-диагностику рекомендуется проводить в пасмурную погоду, желательно в утренние часы при повышенной влажности воздуха (80 % и более), при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20° С.

**2. Область применения**

2.1Электронно-оптический дефектоскоп позволяет выявить следующие дефекты ***элементов ВЛ:***

- подвесной изоляции (фарфоровой, стеклянной, полимерной) на предмет выявления механических дефектов – трещин, треков, сколов, коррозии металлических элементов, трещин в цементной заделке, выявление дефектных фарфоровых изоляторов, на предмет выявления мест загрязнений изоляции пылью, химикатами, удобрениями, морской солью, выбросами промышленных предприятий;

- токопроводящих элементов – выявление дефектов проводников, нарушение повива проводов, отложения различных видов загрязнений, дефекты элементов заземления.

2.2 Электронно-оптический дефектоскоп позволяет выявить следующие дефекты ***оборудования РУ:***

* опорно-стержневой изоляции (фарфоровой, стеклянной, полимерной) на предмет выявления механических дефектов – сколов, трещин (микротрещин), дефектов армировонных швов, коррозии металлических элементов, на предмет выявления мест загрязнений изоляции пылью, химикатами, удобрениями, морской солью, выбросами промышленных предприятий;
* внешней изоляции высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств электростанций и электрических сетей;
* гибкой ошиновки аппаратов открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов, ошиновки трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов электростанций и электрических сетей;
* токопроводящих элементов − выявление дефектов проводников, недостаточность сечения для определенной нагрузки, отложения различных видов загрязнений, дефекты элементов заземления.

2.3 Электронно-оптический дефектоскоп позволяет выявить дефекты ***обмоток статоров вращающихся электрических машин*** напряжением 6 кВ и выше во время высоковольтных испытаний при проведении капитального ремонта с выемкой ротора на предмет выявления поверхностных загрязнений, увлажнений лобовых частей, повреждений полупроводящих покрытий на выходе из пазов и в пазовой части, повреждений корпусной изоляции обмоток статора.

2.4 При проведении УФ обследования проводится выявление мест образования коронных разрядов на элементах конструкций, которые не приводят к развитию дефектов, но вызывают сверхнормативный акустический шум, а также являются источниками радио и телевизионных помех. Выявление сверхнормативного акустического шума, является важным фактором в районах аэропортов, где данные помехи могут вызывать сбои в работе систем аэронавигации.

**3. Условия проведения УФ обследования**

3.1 УФ обследование рекомендовано проводить в дневное время суток.

3.2. Рекомендуемые метеорологические параметры окружающей среды при проведении УФ обследования:

- скорость ветра не более 10 м/с;

- влажность не менее 85 %;

- температура воздуха в диапазоне температур от - 15° С до + 50° С.

3.3 Дальность ультрафиолетовой съемки составляет от 150 до 200 м.

3.4 Допускается проводить контроль электрооборудования на ОРУ, ОУТ с применением передвижных средств (передвижная высоковольтная лаборатория, микроавтобусы) через открытые окна или оптические окна прозрачные для видимого и ультрафиолетового оптического излучения в диапазоне по длинам волн от 200 до 700 нм.

3.5 Во избежание помех в процессе обследования оборудования на территории ОРУ, ОУТ не рекомендуется планировать и проводить УФ обследование при сварочных и огневых работах с открытым углеводородным пламенем на ОРУ в радиусе до 1000 м от области контроля.

3.6 УФ обследование необходимо проводить на оборудовании, находящемся под напряжением. Допустимо отсутствие нагрузки.

Диагностика с помощью УФ дефектоскопов производится с минимального расстояния фокусировки от 1,5 м до максимального удаления в 150-200 м.

Информация, получаемая в процессе проведения диагностики (фото или видеозапись, цифровой снимок) сохраняется на карте памяти, установленной в УФ дефектоскопе, с последующим переносом данных на ПК для дальнейшей обработки и каталогизации. Хранение и каталогизация информации осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения, позволяющего создавать информационную базу по всем обследуемым объектам, а также выявлять тренды в развитии дефектов.

Проверка технических параметров систем УФ контроля выполняется в соответствии с инструкцией по эксплуатации на используемый тип приборных средств.

**4.Обработка результатов УФ обследования**

При оценке результатов УФ обследования следует руководствоваться таблицей 1.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Измеренная величина интенсивности разряда, импульс/с | Характеристика интенсивности разряда | Характеристика состояния изоляции |
| 0-1000 | низкая | соответствует нормальному состоянию изоляции |
| 1000-5000 | средняя | соответствует наличию развывшегося дефекта изоляции, незначительно влияющего на надежность и не требующего срочного ремонта |
| Более 5000 | высокая | соответствует предаварийному состоянию изоляции |

**5.** **Порядок проведения работ по УФ обследованию**

***5.1 Общие требования***

5.1.1 УФ обследование необходимо выполнять по программе обследования, включая следующие разделы:

* цели выполнения обследования;
* место и время выполнения обследования;
* указанием ответственных лиц, участвующих в обследовании;
* указанием мер безопасности при выполнении обследования;
* указанием строгой последовательности операций с учётом местных особенностей;
* сведения о наличии дефектов, выявленных по результатам предыдущего УФ обследования;
* сведения о дефектах, выявленных иными методами диагностики.

5.1.2 При проведении УФ обследования вращающихся машин в машинном зале не должны проводиться сварочные и огневые работы с открытым углеводородным пла1менем.

5.1.3Передвижение во время проведения УФ обследования осуществляется по заранее разработанному маршруту.

5.1.4 Перед началом проведения работ по УФ обследованию зарегистрировать эти работы в журнале регистрации проведения работ подразделения (электроцех, служба ПС и ВЛ).

5.1.5 Перед выездом на объект обследования необходимо выполнить предварительную проверку средств измерений:

* проверка работоспособности и осмотр всех средств диагностики (УФ камеры, фотоаппарата, бинокля);
* проверка настройки УФ камеры в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на прибор;
* проверка ресурса батареи питания всех приборов на планируемое время проведения диагностических работ.

5.1.6 Проверка комплектации оснастки специалиста УФ диагностики. В обязательный комплект входят:

* УФ дефектоскоп с транспортировочным чемоданом;
* запасные батареи для дефектоскопа;
* фотоаппарат;
* бинокль;
* программа обследования, подготовленная согласно п. 5.1.1;
* схема движения, подготовленная согласно п. 5.2; 5.1.7 При проведении УФ обследования в программе, подготовленной согласно п. 5.1.1, проводится рукописная регистрация всех объектов, которые на момент проведения диагностики находились без напряжения (выведены в ремонт и др.), а также метеорологические условия проведения УФ обследования, измеренные непосредственно на обследуемом участке.

5.1.7 Дополнительная электронная регистрация результатов контроля и пояснений к ним в приборах УФ обследования проводится посредством записи комбинированных снимков или видео съемки на карту памяти формата SD-card, а также аудио запись голосовых комментариев с помощью встроенного диктофона.

5.1.8 Все дефекты, обнаруженные визуально в период проведения УФ обследования, подлежат фото фиксации, с последующим отражением дефектов в протоколах УФ обследования.

5.1.9 Дополнительный визуальный контроль состояния поверхности зон объектов, имеющих УФ излучения, проводится с применением бинокля.

5.1.10 При проведении УФ обследования регистрацию дефектов УФ камерой необходимо проводить в точке местности с наименьшей напряженностью поля (возле опор, в теле опоры, под биологической защитой и т.д.).

5.1.11 Место локализации источника возникновения ПЧР и, соответственно, обнаружение расположения вызвавшего его дефекта можно производить путем снижения порога чувствительности прибора до исчезновения изображения ПЧР на экране. Порог чувствительности можно регулировать изменением коэффициента усиления через меню прибора.

***5.2 Порядок проведения УФ обследования стеклянной подвесной изоляции***

5.2.1 Основной задачей УФ обследования стеклянной подвесной изоляции является контроль степени загрязнения поверхности стеклянных изоляторов и их дефектов, таких как чешуйчатое отслоение, сколы и микротрещины стекла, трещины в цементной заделке стержня, дефекты цементной заделки стержня и шапки.

5.2.2 Физическая сущность УФ обследования основана на зависимости спектрального состава, яркости и длительности излучения ПЧР от величины тока утечки по поверхности изоляции. Для выявления и идентификации дефектов привлекаются общие сведения о пространственно-временной картине ПЧР.

5.2.3 Заключение о пригодности контролируемой изоляции к дальнейшей эксплуатации делается как на основании сравнения результатов испытаний с нормами, так и по совокупности всех проведенных испытаний и осмотров.

5.2.4 Проведение УФ обследования стеклянной подвесной изоляции:

* все действия с УФ дефектоскопом регламентируются «Руководством по эксплуатации дефектоскопа»;
* контроль изоляции производится в дневное время при температуре окружающего воздуха не ниже минус 15° С, желательно, при повышенной влажности воздуха (не менее 85 %);
* в зависимости от расположения контролируемых объектов осмотр производить с расстояния 5-150 метров. Выбрать минимальные (исходя из требований правил охраны труда, удобства размещения и влияния посторонних источников света) расстояния для обеспечения максимальной чувствительности регистрации ПЧР на контролируемых изоляторах;
* выбрав точку осмотра, навести дефектоскоп на объект. Осмотр гирлянд каждой фазы производить поэлементно, обращая особое внимание на нижнюю поверхность тарелки ближнего к проводу изолятора;
* при обнаружении ПЧР на ближних к проводу изоляторах, производить определение интенсивности излучения с помощью встроенного счетчика событий. Для определения точного места источника излучения необходимо снизить коэффициент усиления прибора, уменьшив, таким образом, размер видимого пятна излучения на экране дефектоскопа;
* при отсутствии на изоляторах ПЧР необходимо сменить точку наблюдения (желательно на 180°), т.к. ПЧР могут быть с противоположной стороны изоляторов или заслоняться пестиками изоляторов, соседними изоляторами, проводами или лодочками. При наличии короны на скобах, лодочках, или проводе вблизи места его крепления к гирлянде нужно убедиться, меняя точку наблюдения, что корона не заслоняет ПЧР на изоляторах гирлянды;
* при наличии на изоляторах бликов от сторонних источников света регистрация ПЧР осуществляется со сменой мест наблюдения: при перемещении оператора изображения бликов «перемещаются» относительно изоляторов, а изображение ПЧР не изменяет места расположения;
* оценка степени загрязнения производится по интенсивности и характеру расположения источника ПЧР;

Характерным признаком загрязнения изоляции является наличие коронных разрядов одинаковой интенсивности по всей длине гирлянды с одной стороны, например, со стороны источника загрязнения, моря, направления преобладающих ветров (см. фото 1).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Фото 1. Изображение поверхностного частичного разряда на загрязненной и увлажненной поверхности (отложение соли, загрязненный провод)

* выявление дефектов стеклянных изоляторов, такие как трещины, в цементной заделке стержня (см. фото 2), определяется по их видимому расположению в зоне стержня и неподвижности очага свечения. Наличие микротрещин и чешуйчатых отслоений проявляется в преимущественном развитии ПЧР с верхней стороны тарелки изолятора;
* выявление мест перекрытия на гирляндах наблюдается на верхней стороне верхнего изолятора (плохо видимые ПЧР сквозь стеклодеталь) и нижней стороне тарелки ближнего к проводу изолятора, т.е. в местах, где дуга прижималась к указанным изоляторам. В местах перекрытия наблюдаются очаги интенсивной короны на лодочке и проводе, где дуга вызвала ожоги их поверхности.

Локальные загрязнения краской на основе алюминиевой пудры также вызывают мощные и неподвижные очаги ПЧР.



Фото 2. Изображение поверхностного частичного разряда стеклянных изоляторов

***5.3 Порядок проведения УФ обследования полимерных изоляторов***

5.3.1Основной задачей УФ обследования полимерных изоляторов является своевременное обнаружение треков и эрозии.

5.3.2 Физическая сущность настоящего УФ обследования основана на визуальном обнаружении изоляторов с треками или трещинами. Срок службы полимерных стержневых изоляторов резко сокращается при образовании на поверхности изолятора проводящей науглероженной дорожки − трека или эрозионных трещин. После образования трека или трещины неизбежно повреждение изолятора. Промежуток времени от момента образования трека или трещины до пробоя изолятора очень мал.

5.3.3 Проведение УФ обследования полимерных изоляторов:

* диагностику полимерных изоляторов следует проводить при относительной влажности воздуха (не менее 80 %), положительных температурах и, желательно, при наличии осадков.
* при обнаружении ПЧР необходимо оценить их характер. Перемещающиеся по поверхности ребер изолятора ПЧР являются следствием загрязненности поверхности. Оценка степени загрязнения производится по интенсивности и характеру расположения источника ПЧР (аналогично тому, как рекомендовано для стеклянной изоляции в настоящей инструкции).
* при обнаружении неподвижного очага ПЧР (см. фото 3) необходимо измерить интенсивность излучения. Для разрядов, имеющих своей «опорной точкой» трек, характерны максимальные значения интенсивности (более 5000) ПЧР. Если такие характеристики ПЧР установлены, то следует тщательно произвести визуальный осмотр данного изолятора при помощи бинокля.
* на полимерных линейных изоляторах наиболее распространённым дефектом является корона на экранах оконцевателей. В данном случае в задачу контроля входит обнаружение наиболее сильно коронирующих экранов, что является следствием коррозии или неправильного монтажа. Интенсивное коронирование экранов или оконцевателей способствует загрязнению поверхности изоляторов с последующим их аварийным повреждением.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Фото 3. Дефект полимерного изолятора. Крупный план образования треков

***5.4 Порядок проведения УФ обследования опорной фарфоровой изоляции***

5.4.1Задачей данного УФ обследования является обнаружение микротрещин фарфора с целью предотвращения разрушений конструкции.

5.4.2 Физическая сущность данного УФ обследования основана на регистрации разрядных процессов, возникающих в следующих случаях:

* в сухой период разряды образуются в микротрещине (см. фото 4);
* при повышенной влажности или осадках разряды образуются на поверхности изоляции вблизи микротрещины.

В данных случаях разрядные процессы возникают вследствие усиления напряженности электрического поля внутри трещины или на ее концах, когда трещина заполняется атмосферной влагой.

УФ диагностика в обоих случаях имеет два значительных ограничения:

* возможно обнаружение только открытых, имеющих выход на поверхность изоляторов микротрещин;
* из-за неравномерного распределения напряжения по многоэлементным изоляционным конструкциям обнаружить микротрещину можно только в тех изоляторах, которые находятся ближе к потенциалу (заземленного корпуса).

5.4.3 Проведение УФ обследования опорной фарфоровой изоляции:

* в сухую погоду (влажность меньше 80 %) следует проводить поиск слабосветящихся разрядных процессов в самих трещинах (см. фото 4). Осмотр конструкции необходимо выполнять с трех или четырех сторон с минимального расстояния;
* во влажную погоду и при наличии осадков признаком микротрещин являются неподвижные очаги ПЧР. Обнаруженные ПЧР вследствие загрязнения поверхности перемещаются по поверхности;
* при обнаружении трещин дефектоскопом необходимо убедиться в правильности результатов контроля осмотром с помощью бинокля, если увеличения самого дефектоскопа недостаточно;
* выполнение поиска очагов короны на нижних металлических фланцах опорных изоляторов;
* выполнение поиска развитых трещин в армировочных швах по происходящим в них разрядным процессам.



Фото 4. Разрядный процесс при трещине опорного изолятора шинной опоры 110 кВ.

***5.5 Порядок проведения УФ обследования с целью локализации короны***

5.5.1 Основной задачей данного вида обследования является своевременное обнаружение источников короны с недопустимой по уровню радиопомех интенсивностью, или способных инициировать перекрытие изоляции при неблагоприятных погодных условиях.

5.5.2 Появление или увеличение интенсивности короны на потенциальных элементах ВЛ и РУ может быть следствием неисправностей или дефектов, появившихся во время монтажа или эксплуатации оборудования.

5.5.3 Проведение УФ обследования с целью локализации коронирующих элементов и выявление причин возникновения короны:

- Одной из причин возникновения радиопомех является корона. Частотный спектр электромагнитного излучения короны находится в области от сотен герц до десятков мегагерц. Источниками короны могут быть:

* неправильно смонтированная или деформированная в процессе эксплуатации арматура и экраны;
* перемежающиеся пробои искровых промежутков тросовых гирлянд ВЛ;
* заниженное сечение проводников, чаще на спусках к оборудованию в РУ (см. фото 5-а) и в шлейфах опор ВЛ, дефекты конструкции (см. фото 5-в);
* набросы (птицами) проволок на провода, шины и гирлянды изоляторов (см. фото 5-б);
* провода с поврежденными во время монтажа или транспортировки верхними слоями (повивом) или «фонарями» (см. фото 5-г).

- Выявление мест перекрытия на ВЛ. Перекрытия по гирлянде, с провода на опору, со шлейфа на опору или с провода на дерево сопровождаются ожогами провода дугой короткого замыкания. Несмотря на кратковременное действие дуги до отключения ВЛ, поверхность провода становится шершавой, что вызывает сплошную корону на проводе в месте перекрытия. Чаще всего корона наблюдается на оплавленной стороне (или составляющей) провода, благодаря чему можно определить направление перекрытия: опора, земля, трос.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | |
| а) Заниженное сечение шлейфа в ячейке ТН | б) Коронирующий наброс проволоки | |
|  | |  |
| в) Дефекты конструкции (острые кромки, заниженное сечение шлейфа | | г) «Фонарь», нарушение повива провода |

Фото 5. Примеры дефектов, создающих недопустимый уровень радиопомех

***5.6 Порядок проведения УФ обследования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов***

5.6.1 Перед проведением обследования исполнитель должен ознакомиться со следующей документацией:

* оперативной схемой ОРУ и ОУТ с наименованием всех аппаратов, силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов;
* эксплуатационной документацией;
* результатами предыдущих проверок и освидетельствований, данными о выявленных неисправностях и проведенных ремонтах;
* перечнем электрооборудования, выведенного из эксплуатации на момент контроля.

5.6.2 Типы электрического оборудования, подлежащих УФ обследованию на ОРУ и ОУТ, характерные дефекты приведены в таблице 2. Уровень допустимых при контроле рабочих напряжений от 35 до 750 кВ.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Тип электрооборудования и элементов электрооборудования | Характерные дефекты |
| Стеклянные, фарфоровые и полимерные опорные подвесные и проходные изоляторы | 1. Поверхностное загрязнение, трещины, сколы; 2. Разрушение армирующей заделки |
| Изоляционные конструкции выключателей, разъединителей, вводов трансформаторов, автотрансформаторов шунтирующих реакторов, трансформаторов напряжения, разрядников, ОПН | Поверхностное загрязнение, трещины, сколы |
| Ошиновка трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов, трансформаторов тока и напряжения, разрядников, ОПН, ошиновка ОРУ. | Обрыв элементарных проводников ошиновки, их эрозия и изломы в отмеченных ниже местах:   * места заделки контактных узлов электрооборудования; * места размещения узлов распора; * места на свободном участке ошиновки. |

5.6.3 Объекты для УФ обследования должны быть доступны для проведения прямого оптического (визуального) осмотра. При проведении УФ обследования изображение объекта наблюдения не должно перекрываться соседними изоляторами, проводами, ошиновкой и т.д.

5.6.4 УФ обследование выполняется на аппаратах ОРУ под рабочим напряжением. Токовая нагрузка токоведущих цепей не влияет на эффективность выявления дефектов в опорной и подвесной изоляции.

5.6.5 Для контроля состояния ошиновки и внешней изоляции высоковольтных аппаратов и машин используется метод обнаружения по ультрафиолетовому излучению зон с критической напряженностью электрического поля от 27 до 30 кВ/см, провоцирующих возникновение в них электроразрядных процессов. При УФ обследовании оценка состояния выполняется по мгновенному и среднему значению интенсивности ультрафиолетового излучения от локальных участков аппаратов и ошиновки.

5.6.6 Для повышения достоверности при интерпретации результатов по обнаруженным дефектам изоляции высоковольтных аппаратов ОРУ и ОУТ следует принимать в расчет влияние влажности и температуры окружающего воздуха, повышающих поверхностную электроразрядную активность.

5.6.7 В процессе эксплуатации ошиновка аппаратов ОРУ, ОУТ подвергается значительным динамическим нагрузкам. Поэтому при осмотре и диагностике объектов особое внимание следует обращать на состояние ошиновки в зонах крепления жестких связей.

5.6.8Анализ результатов контроля, обнаружение дефектов и оценка состояния изоляции производится по результатам визуализации дефектов, являющихся источниками ультрафиолетового излучения. Одновременно производится съемка видимых изображений наружных поверхностей электрооборудования. Объектами контроля являются элементы ошиновки, подвесная, опорная изоляция на ОРУ, ОУТ.

5.6.9 Обнаружение локальных участков и зон высоковольтного аппарата с выходом ультрафиолетового излучения и потоком регистрируемых импульсов более 3000 импульсов в минуту по выделенному участку свидетельствует о наличии развитого дефекта ошиновки и изоляции. О наличии развитого дефекта свидетельствует также видимое изображение области ультрафиолетового излучения по масштабу сопоставимое с минимальным характерным размером контролируемого объекта (для гирлянды изоляторов поперечный размер тарельчатого изолятора).

5.6.10 Идентификацию дефектов оборудования, выявленных при УФ обследовании (при наличии развитого дефекта с интенсивностью более 3000 импульсов в минуту) рекомендуется проводить в рамках специального контроля, предусматривающего использование тепловизора и средств визуального контроля (бинокль с кратностью увеличения не менее 12).

5.6.11 Совпадение выявленных дефектов при УФ обследовании и ИК контроле свидетельствует о более поздних (предаварийных) стадиях их развития, так как электроразрядные процессы (коронный, стримерный, поверхностный), инициируемые в дефектах на начальной и средней стадии их развития, имеют уровень тепловыделения недостаточный для эффективного применения инфракрасных приборных средств.

5.6.12 При выполнении УФ обследования интенсивность ультрафиолетового излучения измеряется числом импульсов ультрафиолетового излучения в единицу времени при номинальном напряжении объекта контроля.

5.6.13 Идентификацию дефектов по зонам с аномальным выходом ультрафиолетового излучения, степень развития дефектов рекомендуется выполнять в соответствии с критериями, представленными в таблице 3.

5.6.14 Результаты УФ обследования рекомендуется оформлять в виде протокола. Пример оформления протокола приведен в приложении 1.

5.6.15Примеры характерных изображений дефектов при УФ обследовании состояния поверхностной изоляции высоковольтных аппаратов приведены на фото 6, 7.



Фото 6. Поверхностная электроразрядная активность на корпусе ОПН-110 кВ ф. «В»



Фото 7. Загрязнения или трещины в армировочных швах ОСИ 110 кВ

***5.7 Порядок проведения УФ обследования вращающихся машин***

5.7.1 УФ обследование выполняется во время капитального ремонта с выводом ротора на генераторах и электродвигателях при проведении высоковольтных испытаний обмотки статора от постороннего источника.

5.7.2 Подготовка специальных документов, регламентирующих порядок проведения на электростанции УФ обследования не требуется. Порядок проведения УФ обследования может быть включен в качестве дополнения к программе проведения высоковольтных испытаний вращающихся машин.

5.7.3 Уровень напряжений, допустимых при УФ обследовании обмоток статоров электрических вращающихся машин, не менее 6 кВ. Наиболее характерные дефекты, выявляемые по результатам УФ обследования обмоток статоров:

* поверхностное загрязнение, увлажнение лобовых частей;
* повреждения высокоомных полупроводящих покрытий на выходе из пазов;
* повреждения низкоомных полупроводящих покрытий в пазовой части;
* повреждения корпусной изоляции.

5.7.4 Визуальный контроль коронной активности на лобовых частях и в пазовой части обмотки статора вращающихся электрических машин (турбогенераторы, электродвигатели) производится во время высоковольтных испытаний при капитальных ремонтах с выводом ротора согласно СО 34.45-51.300. Рекомендуется проведение УФ обследования электрических машин после выемки ротора, до очистки обмоток статора от загрязнений. Степень опасности электроразрядных дефектов устанавливается по цвету излучения в видимой области спектра. УФ обследование при проведении высоковольтных испытаний вращающихся машин позволяет увеличить количество выявляемых дефектов за счет выявления поверхностных и коронных разрядов на начальной стадии их развития.

5.7.5 УФ обследования вращающихся электрических машин в процессе испытаний проводят при нормальных климатических условиях испытаний по ГОСТ 15150.

5.7.6 Перед проведением осмотра и УФ обследования вращающихся электрических машин необходимо идентифицировать лобовые части обмоток промаркировав их в соответствии с номерами пазов статора. Маркировку выполнить маркером или мелом. Нумерацию выполнить согласно конструкторской документации на ТГ, ЭД (чертеж «Статор обмотанный»).

5.7.7 Специальных мероприятий по подготовке генераторов и электродвигателей к проведению УФ обследования сверх предусмотренных при проведении высоковольтных испытаний обмотки статора во время капитального ремонта с выводом ротора, не требуется.

5.7.8 После проведения УФ обследования необходимо выполнить визуальный осмотр лобовых частей обмоток статора в областях и зонах с повышенным уровнем выхода ультрафиолетового излучения. Если зона контроля не доступна для прямого визуального осмотра, рекомендуется использовать для визуального обследования эндоскоп.

5.7.9При проведении УФ обследования вращающихся машин в машинном зале не должны проводиться сварочные и огневые работы с открытым углеводородным пламенем.

5.7.10 При необходимости, по результатам УФ обследования высоковольтных вращающихся машин, может быть выполнен сравнительный анализ степени загрязнения лобовых частей обмоток. Анализируется интенсивность ультрафиолетового излучения по выбранным одинаковым секторам лобовых частей обмотки. Для обеспечения необходимой чувствительности данные измерений интегрируются. Длительность интегрирования выбирается от 0,25 до 1 с. По каждой зоне контроля обмотки вычисляется интегральное значение среднего уровня интенсивности УФ излучения, затем полученные значения сопоставляются. Между полученными значениями не должно быть отличия более чем в 3 раза.

5.7.11 Тип дефекта, степень его развития (опасности) при высоковольтных испытаниях вращающихся электрических машин в обязательном порядке уточняется по результатам визуального осмотра места расположения дефекта, в том числе, если необходимо, с использованием эндоскопа.

5.7.12 Примеры характерных изображений дефектов при УФ обследовании состояния поверхностной изоляции высоковольтных вращающихся электрических машин приведены на фото 8.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Состояние поверхностной изоляции генератора | Состояние поверхностной изоляции электродвигателя |

Фото 8. Изображение дефектов при УФ обследовании высоковольтных вращающихся электрических машин

**6. Обработка результатов УФ обследования**

При оценке результатов УФ обследования следует руководствоваться таблицей 1. После выполнения работ составляется протокол в котором отражается следующая информация:

* диспетчерское наименование участка ВЛ, ее необходимые технические характеристики;
* диспетчерское наименование, тип оборудования, заводской номер оборудования РУ, его необходимые технические характеристики;
* диспетчерское наименование, тип, заводской номер генератора, электродвигателя, мощность, напряжение, завод-изготовитель, их необходимые технические характеристики;
* дата ввода в эксплуатацию и наработка;
* сведения по повреждениям в работе: даты повреждений, возможные причины и места повреждений, объем ремонта;
* результаты УФ обследования и визуального осмотра, с указанием обнаруженных отклонений от исправного состояния;
* фотографии дефектных участков;
* выводы и рекомендации по устранению дефектов, а также необходимость и целесообразность проведения дополнительных испытаний/измерений.

После проведения работ по устранению дефекта необходимо проведение контрольного УФ обследования.

**7. Охрана труда при проведении УФ обследования**

7.1 Персонал по прибытии на место работы должен пройти вводный и первичный инструктажи по безопасности труда, должен быть ознакомлен с электрической схемой и особенностями электроустановки, в которой ему предстоит работать.

7.2 Допуск работников к проведению УФ обследования оборудования производится при условии нормальной работы оборудования, наличии программы обследования, утвержденной главным инженером предприятия.

7.3 Работники, которые проводят УФ обследования оборудования, могут допускаться в электроустановки в сопровождении оперативного персонала, обслуживающего данную электроустановку, имеющего группу IV − в электроустановках напряжением выше 1000 В, и имеющего группу III − в электроустановках напряжением до 1000 В, либо работника, имеющего право единоличного осмотра. Сопровождающий работник должен осуществлять контроль за безопасностью людей, допущенных в электроустановки, и предупреждать их о запрещении приближаться к токоведущим частям.

7.4 УФ обследование оборудования ВЛ и РУ проводится по распоряжению бригадой в составе двух человек: производитель работ (группа по ЭБ не ниже **IV),** член бригады (группа по ЭБ **III).** Производителем работ назначается лицо, являющееся специалистом в области УФ обследования (персонал ДЦ), членом бригады - лицо, в обслуживании которого находится ВЛ или РУ (персонал объекта).

7.5 Все лица, допущенные к проведению УФ обследования оборудования, должны иметь при себе надлежащим образом оформленные удостоверения о проверке знаний «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

7.6 Перед проведением УФ обследования на ОРУ 330, 500, 750 кВ специалисты, выполняющие обследования, должны быть ознакомлены с картой распределения напряженности электрического поля на площадке ОРУ на уровне 1,8 м над поверхностью земли. При проведении обследования на ОРУ специалисты, выполняющие контроль, должны пользоваться средствами биологической защиты в виде стационарных экранов.

7.7 При УФ обследовании (в рамках обхода) объектов на ОРУ 330, 500, 750 кВ, под рабочим напряжением необходимо использовать предусмотренные средства защиты от электромагнитных полей (экранированные дорожки и др.) соблюдать санитарные нормы по нахождению персонала в зонах с повышенным уровнем напряженности электрического поля.

7.8 При проведении УФ обследования высоковольтных вращающихся машин при высоковольтных испытаниях должны соблюдаться все требования правил техники безопасности при работе в электроустановках с напряжением выше 1000 В.

7.9 Запрещается проведение УФ обследования ВЛ и оборудования ОРУ при приближении грозы и в период грозовой деятельности.

7.10 Запрещается пребывание в ОРУ и в помещениях ПС с действующим электрооборудованием без применения защитных касок. Исключения составляют щиты управления, помещения, в которых размещены устройства релейной защиты.

7.11 Недопустимо приближение к токоведущим частям электроустановок ближе допустимых расстояний, указанных в Правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок.

7.12 Персонал выполняющий УФ обследования, должен быть ознакомлен с правилами внутриобъектного режима и приступать к работе после выполнения требований охраны труда и пожарной безопасности, установленных на объекте.

Литература, используемая при составлении лекции:

ГОСТ 1.5-2001 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению».

ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».

ГОСТ 18322-78 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения».

ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения».

ГОСТ Р 56542-2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов».

ГОСТ 10390-86 «Электрооборудование на напряжение свыше 3 кВ. Методы испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии».

СО 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования».

МУ 003-2013 «Методические указания по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи 35-220 кВ и распределительных устройств напряжением 35-110 кВ с помощью двухспектральных УФ-видео оптических дефектоскопов» ПАО «Кубаньэнерго».

МУ 003-2015 «Методические указания по диагностике изоляции силовых трансформаторов методом поиска частичных разрядов с применением системы контроля изоляции силовых трансформаторов (СКИСТ)».

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, приказ министерства энергетики РФ от 19.06.2003 г. № 229.

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ), Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013 № 328н.