

Открытое акционерное общество
«Российский концерн по производству электрической и
тепловой энергии на атомных станциях»
(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)

УКАЗАНИЕ

01/12.2009

№ 125-ук

Москва

О введении в действие
МР 1.3.3.99.041-2009

Для повышения надёжности и безопасности эксплуатации электрооборудования, обеспечения АЭС необходимой нормативной документацией

ПРЕДЛАГАЮ:

1. Ввести в действие с 01.02.2010 «Методические рекомендации по раннему выявлению дефектов внешней изоляции, токоведущих частей электрооборудования АЭС с использованием средств ультрафиолетового контроля» МР 1.3.3.99.041-2009 (приложение).

2. Главным инженерам АЭС, Департаменту инженерной поддержки (Давиденко Н.Н.), Управлению продления срока эксплуатации, планирования, модернизации и ресурсного обеспечения АЭС (Дементьев А.А.), Технологическому филиалу (Лихачев А.Ю.) принять МР 1.3.3.99.041-2009 к руководству и исполнению.

3. Департаменту производственно-технической деятельности и лицензирования (Верпета В.И.) внести МР 1.3.3.99.041-2009 в «Указатель основных действующих нормативных документов, регламентирующих обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков АС».

4. Контроль за исполнением настоящего указания возложить на заместителя директора по производству и эксплуатации АЭС Давиденко Н.Н.

И. о. заместителя Генерального директора –
директора по производству и эксплуатации АЭС



А.В. Шутиков

Приложение к указанию

ОАО «Концерн Энергоатом»

от «01» 12 2009 № 125-ук

Открытое акционерное общество
«Концерн по производству электрической и тепловой
энергии на атомных станциях»

(ОАО «Концерн Энергоатом»)

**КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального
директора-директор по производству
и эксплуатации АЭС
ОАО «Концерн Энергоатом»

Ю. В. Копьев

«12» 12. 08 2009 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по раннему выявлению дефектов внешней изоляции, токоведущих частей
электрооборудования АЭС с использованием средств ультрафиолетового
контроля

1.3.3.99.041-2009

Лист визирования

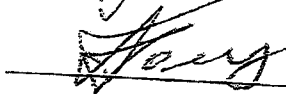
«Методические рекомендации по раннему выявлению
дефектов внешней изоляции, токоведущих частей
электрооборудования АЭС с использованием средств
ультрафиолетового контроля»

Генеральный директор ЗАО
«НПО ВЭИ Электроизоляция»



Н. В. Крупенин

Начальник отдела ЗАО «НПО
ВЭИ Электроизоляция»



А. В. Голубев

Старший научный сотрудник,
к.т.н. ЗАО «НПО ВЭИ
Электроизоляция»



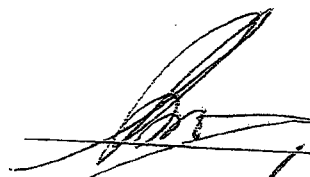
В. И. Завидей

Нормоконтролер ЗАО «НПО
ВЭИ Электроизоляция»



Л. Д. Бугрова

Генеральный директор ЗАО
«Панатест»



В. А. Головичер

Ведущий специалист
ЗАО «Панатест»



С. В. Милованов

Ведущий специалист
ЗАО «Панатест»



М. А. Вихров

Лист согласования

«Методические рекомендации по раннему выявлению
дефектов внешней изоляции, токоведущих частей
электрооборудования АЭС с использованием средств
ультрафиолетового контроля»

Заместитель директора по
производству и эксплуатации
АЭС-директор Департамента
инженерной поддержки



подпись

Н. Н. Давиденко

Заместитель директора
Департамента инженерной
поддержки



подпись

С. А. Немцов

Нормоконтролер



подпись

Н. Г. Пересветова



Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН ЗАО «НПО ВЭИ Электроизоляция»,
ЗАО «Панатест».
- 2 ВНЕСЕН Департаментом инженерной поддержки
- 3 ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ^{указом} приказом ^{Рос} ОАО «Концерн Энергоатом»,
от «01» 12 2009 № 125-ук
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки.....	2
3	Термины и определения	3
4	Сокращения	5
5	Требования к организации и персоналу, выполняющему работы ультрафиолетовому контролю	6
6	Требования к приборным средствам по ультрафиолетовому контролю	7
7	Методика ультрафиолетового контроля, высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов	8
7.1	Требования к организации и условиям проведения ультрафиолетового контроля электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов	8
7.2	Периодичность ультрафиолетового контроля ошиновки и высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов.....	12
7.3	Анализ результатов ультрафиолетового контроля. Критерии оценки состояния ошиновки, изоляции высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов	13
7.4	Оформление результатов ультрафиолетового контроля электрооборудования электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов	17

8	Методика ультрафиолетового контроля высоковольтных вращающихся электрических машин	18
8.1	Требования к организации и условиям проведения ультрафиолетового контроля вращающихся машин	18
8.2	Периодичность ультрафиолетового контроля обмоток статоров высоковольтных вращающихся электрических машин	19
8.3	Анализ результатов ультрафиолетового контроля высоковольтных вращающихся машин. Критерии оценки состояния изоляции	20
8.4	Оформление результатов ультрафиолетового контроля обмоток статоров высоковольтных вращающихся электрических машин	20
9.	Техника безопасности при подготовке и проведении ультрафиолетового контроля	21
	Приложение А (рекомендуемое) Форма типовой технологической инструкции по ультрафиолетовому контролю электрооборудования открытых распределительных устройств, площадок открытой установки трансформаторов	23
	Приложение Б (рекомендуемое) Методические аспекты ультрафиолетового контроля подвесной и опорной изоляции	29
	Приложение В (рекомендуемое) Форма протокола по результатам ультрафиолетового контроля электрооборудования открытых распределительных устройств атомных станций	41
	Приложение Г (справочное) Примеры характерных изображений дефектов на изоляционных, токоведущих	

элементах электрических аппаратов и электрических машин при ультрафиолетовом контроле.....	44
.Приложение Д (рекомендуемое) Форма протокола по результатам ультрафиолетового контроля обмотки статора турбогенератора при проведении высоковольтных испытаний во время капитального ремонта	50

Введение

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 площадок 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.

Для обеспечения совместимости с другими методами оптического дистанционного не разрушающего контроля (визуальный, тепловизионный) при разработке Методических рекомендаций были приняты во внимание нормативные документы по этим видам контроля.

Методические рекомендации по раннему выявлению дефектов внешней изоляции, токоведущих частей электрооборудования АЭС с использованием средств ультрафиолетового контроля

Дата введения – _____

1 Область применения

1.1 Настоящие Методические рекомендации (далее - Методика) устанавливают последовательность действий, критерии оценки состояния высоковольтного электрооборудования по данным ультрафиолетового контроля и обязательны для предприятий ОАО «Концерн Энергоатом».

1.2 Настоящая Методика предназначена для применения при диагностировании высоковольтного электрооборудования наружной установки на атомных станциях, вне зависимости от типа энергоблока.

Контролю подлежит:

- внешняя изоляция высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов;
- гибкая ошиновка аппаратов открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов, ошиновка трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов.

1.3 Настоящая Методика может быть также применена при проведении высоковольтных испытаний электродвигателей, турбогенераторов во время капитальных ремонтов для оценки состояния внешней (поверхностной) изоляции обмоток статоров.

2 Нормативные ссылки

В настоящей Методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ПНАЭ Г-01-011-97 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций(ОПБ- 88/97)

НП-011-99 Требования к программе обеспечения качества для атомных станций

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов по безопасности труда.

Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов по безопасности труда.

Шум. Общие требования безопасности

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

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

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия

ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции.

Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения

СТО 1.1.1.01.0678-2007 Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций

РД ЭО 0069-97 Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций

ПОТР М -016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности при эксплуатации электроустановок)

ПУЭ Правила устройства электроустановок

ПБ 03-440-02 Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля

ПБ 03-372-00 Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля.

3 Термины и определения

В настоящей Методике применены следующие термины с соответствующими определениями:

ультрафиолетовый (ультравизионный) контроль: Метод дистанционного неразрушающего контроля высоковольтного электротехнического оборудования, посредством визуализации источников ультрафиолетового излучения от дефектов, сопровождающихся процессами электроразрядного характера;

технический контроль: Проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям (ГОСТ 15467);

объект технического контроля: Подвергаемая контролю продукция, процессы ее создания, применения, транспортирования, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также соответствующая техническая документация (ГОСТ 16504);

объем контроля: Количество объектов и совокупность контролируемых признаков, устанавливаемых для проведения контроля (ГОСТ 16504);

метод контроля: Правила применения определенных принципов и средств контроля (ГОСТ 16504).

метод неразрушающего контроля: Метод контроля, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к применению (ГОСТ 16504);

эксплуатационный контроль: Контроль, осуществляемый на стадии эксплуатации продукции (ГОСТ 16504);

диагностический (контролируемый) параметр: Параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле) (ГОСТ 20911);.

специалист неразрушающего контроля: Лицо, прошедшее специальное обучение в соответствии с требованиями ПБ 03-440-02 и получившее удостоверение установленной формы;

дефект: Несоответствие значения любого параметра или характеристики состояния изделия установленным требованиям (РД ЭО 0069);

явный дефект: Дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства (ГОСТ 15467);

скрытый дефект: Дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства (ГОСТ 15467);

малозначительный дефект: Дефект который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность (ГОСТ 15467);

значительный дефект: Дефект который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) ее долговечность, но не является критическим (ГОСТ 15467);

критический дефект: Дефект при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо (ГОСТ 15467);

исправное состояние (*исправность*): Состояние объекта, при котором он соответствует требованиям нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002);

неисправное состояние (*неисправность*): Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002);

работоспособное состояние (*работоспособность*): Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002);

неработоспособное состояние (неработоспособность): Состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002);

средство контроля: Техническое средство, вещество и (или) материал для проведения контроля (ГОСТ 16504);

специалист ультрафиолетового (ультравизионного) контроля: Специалист неразрушающего контроля, ознакомленный с техническим описанием и руководством по эксплуатации средств ультравизионного контроля, прошедший обучение по технологии исполнения работ и идентификации дефектов высоковольтного электрооборудования;

технология ультрафиолетового (ультравизионного) контроля: Объем и последовательность мероприятий по применению средств ультравизионного контроля, для выявления и идентификации дефектов электроразрядного характера в изоляции высоковольтного электрооборудования при дистанционном диагностировании;

программа визуализации: Программное обеспечение, предназначенное для отображения результатов ультравизионного контроля и интерпретации данных.

4 Сокращения

В настоящей Методике используются следующие сокращения:

АЭС	-	атомная электростанция
ИК - контроль	-	тепловизионный (инфракрасный) контроль
НК	-	неразрушающий контроль
ОРУ	-	открытое распределительное устройство
ОУТ	-	открытая установка трансформаторов
ОПН	-	Ограничитель перенапряжений
РД	-	руководящий документ

ТГ	-	турбогенератор
ТОиР	-	техническое обслуживание и ремонт
УФ - контроль	-	ультрафиолетовый (ультравизионный) контроль
ЭД	—	электродвигатель

5 Требования к организации и персоналу, выполняющему работы по ультрафиолетовому контролю

5.1 Организации, выполняющие работы по УФ-контролю высоковольтных машин, аппаратов и узлов должны иметь специалистов, обученных и аттестованных в соответствии с требованиями ПБ 03-440.

5.2 К работам по УФ-контролю изоляции и ошиновки аппаратов ОРУ и высоковольтных электрических машин допускаются лица, прошедшие курс обучения и успешно выдержавшие квалификационные испытания. Специалисты НК должны быть аттестованы на II или III уровень квалификации по ПБ 03-440, иметь действующие удостоверения установленной формы. Допускается проведение работ по УФ-контролю специалистами, аттестованными по тепловому методу (ИК-контроль).

5.3 Правом выдачи заключений по результатам УФ-контроля обладают специалисты с уровнем квалификации не ниже II по ПБ 03-440.

5.4 Специалисты, непосредственно осуществляющие НК, не должны иметь медицинских противопоказаний к выполнению работ по контролю электротехнического оборудования.

5.5 Сторонние организации выполняющие работы по обследованию электрооборудования методом УФ-контроля должны иметь лицензию на право производства работ на АЭС.

6 Требования к приборным средствам по ультрафиолетовому контролю

6.1 Для проведения контроля используются системы чувствительные к электромагнитному излучению ультрафиолетового диапазона спектра.

6.2 Измерительные системы, применяемые для контроля (ультравизоры), должны иметь следующие технические параметры:

- минимальная чувствительность по обнаружению электроразрядных процессов на расстоянии 8 м не менее 6,0 пКл
- диапазон ультрафиолетового излучения по длинам волн от 0,340 до 0,360 мкм
- диапазон видимого излучения по длинам волн от 0,400 до 0,750 мкм
- вес ультравизионной камеры при рабочем положении в руке не более 2,5 кг
- вес ультравизионной при рабочем положении на поясе не более 5,0 кг
- рабочая температура окружающей среды от минус 15 °С до 50 °С
- влажность (без условий конденсации) не более 90 %
- длительность непрерывной работы не менее 2 ч.

6.3 Рекомендуется использование систем контроля имеющих в своем составе видеоконтрольное устройство с одновременным и раздельным отображением изображения в видимой и ультрафиолетовой области спектра, функцию запоминания кадров в видимом и ультрафиолетовом диапазоне спектра, а также функцию выбора автоматического управления фокусом для оптического увеличения изображения объекта контроля.

На экране видеоконтрольного устройства должны отображаться такие параметры процесса измерений, как:

- чувствительность (коэффициент предварительного усиления сигнала) по ультрафиолетовому излучению для выделенной области изображения;
- параметры регулируемого интегрирования кадров ультрафиолетового изображения;

- поток (число в единицу времени) зарегистрированных электроразрядных импульсов по выделенной на экране области.

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

7 Методика ультрафиолетового контроля, высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов

7.1 Требования к организации и условиям проведения ультрафиолетового контроля электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов

7.1.1 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 содержащей наименования опор;
- результатами предыдущих проверок и освидетельствований, данными о выявленных неисправностях и проведенных ремонтах;
- перечнем электрооборудования выведенного из эксплуатации на момент контроля.

7.1.2 Типы электрического оборудования, подлежащих УФ-контролю на ОРУ и ОУТ, характерные дефекты приведены в таблице 1. Уровень допустимых при контроле рабочих напряжений от 35 до 750 кВ.

Таблица 1 - Перечень типов электрического оборудования, подлежащего УФ-контролю на ОРУ и ОУТ, характерные дефекты

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.

7.1.3 Контроль выполняется в соответствии с графиком проведения УФ-контроля электрооборудования и в соответствии с технологической инструкцией УФ-контроля (далее Инструкция) утвержденной на АЭС в установленном порядке. Инструкция должна содержать следующую информацию:

- количество и наименование объектов контроля (тип аппарата, электрической машины, год ввода в эксплуатацию);
- порядок проведения контроля – маршрут осмотра, если обследование производится в рамках обхода электрооборудования;
- порядок настройки аппаратуры;
- идентификационные признаки выявляемых дефектов и ложных индикаций;
- перечень и очередность выполнения операций по подготовке и проведению контроля;
- перечень операций по обеспечению требований безопасности;
- перечень документов подготовленных по результатам анализа УФ-контроля.

7.1.4 Инструкция должна быть разработана специалистами по НК не ниже II уровня квалификации по ПБ-03-440, подписана разработчиком и руководителем подразделения НК и утверждена техническим руководителем (главным инженером) организации, выполняющей НК на данном объекте. Пример оформления Инструкции приведен в приложении А.

7.1.5 Объекты для УФ-контроля должны быть доступны для проведения прямого оптического(визуального) осмотра.

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

7.1.7 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-контроле оценка состояния выполняется по мгновенному и среднему значению интенсивности ультрафиолетового излучения от локальных участков аппаратов и ошиновки.

7.1.8 При обследовании в дневное время аппаратов ОРУ, ОУТ следует использовать системы контроля не чувствительные к влиянию солнечного излучения в ультрафиолетовой области спектра.

7.1.9 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 (см. приложение Б).

7.1.10 УФ-контроль проводится при температуре окружающего воздуха от минус 15 °С до 40 °С и относительной влажности воздуха от 40 % до 90 %, если иное не указано в инструкции по применению измерительного оборудования.

7.1.11 Наиболее оптимальные климатические условия для выявления дефектов в опорной и подвесной изоляции – температура воздуха от 25°С до 30°С, влажность воздуха от 80% до 90%. Влияние климатических факторов на результаты и эффективность УФ-контроля опорной и подвесной изоляции приведено в приложении Б.

7.1.12 Допускается проведение обследований аппаратов ОРУ в условиях тумана, снега, инея и температуре окружающей среды от минус 15°С до 40°С.

7.1.13 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.

7.1.14 Визуальный осмотр ошиновки, узлов и частей аппаратов ОРУ, ОУТ целесообразно проводить в процессе обследования с применением функции переменного оптического увеличения системы контроля.

7.1.15 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.

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

7.1.17 По результатам УФ-контроля и визуального осмотра составляется протокол и заключение о состоянии внешней изоляции аппаратов, ошиновки ОРУ и ОУТ (см. приложение В).

7.2 Периодичность ультрафиолетового контроля ошиновки и высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов

7.2.1 Периодичность обследования ошиновки и аппаратов ОРУ, ОУТ методом УФ-контроля на основании практической целесообразности и эффективности выявления дефектов рекомендована 1 раз в год.

7.2.2 Для повышения информативности контроля рекомендуется совмещать проведение УФ-контроля и ИК-контроля в течении 1-2 суток:

- УФ-контроль днем;
- ИК-контроль ночью.

7.2.3 Периодичность осмотров ошиновки и аппаратов ОРУ может быть изменена на основании результатов предыдущих осмотров и/или освидетельствований, а также в зависимости от технического состояния конкретных узлов ошиновки, аппаратов ОРУ и факторов эксплуатации (повышенные ветровые нагрузки, обледенение и др.).

7.3 Анализ результатов ультрафиолетового контроля. Критерии оценки состояния ошиновки, изоляции высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов

7.3.1 УФ-контроль электрооборудования выполняется в соответствии с настоящей Методикой и графиком утвержденным на АЭС. При выполнении УФ-контроля обработку и анализ результатов проводят после завершения обследования, используя прикладное программное обеспечение системы контроля в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации на конкретный тип прибора.

7.3.2 Анализ 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.

7.3.3 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 тельчатого изолятора).

7.3.4 Идентификацию дефектов, выявленных при УФ-контроле в рамках обхода (по большому числу единиц обследуемого оборудования) рекомендует-ся проводить в рамках специального контроля, предусматривающего использование тепловизионных средств и средств визуального контроля с кратностью увеличения не менее 12. При проведении измерений приборы рекомендуется

устанавливать на штативе или специальной платформе при УФ-контроле с транспортных средств (фургон, автомобиль).

7.3.5 Совпадение выявленных дефектов при УФ-контроле 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.

7.3.6 При выполнении УФ-контроля измеряются интенсивность ультрафиолетового излучения и число импульсов ультрафиолетового излучения в единицу времени при номинальном напряжении объекта контроля.

7.3.7 Идентификацию дефектов по зонам с аномальным выходом ультрафиолетового излучения, степень развития дефектов рекомендуется выполнять в соответствии с критериями представленными:

- в таблице 2 для опорной и подвесной изоляции;
- в таблице 3 для гибкой ошиновки.

Характерные примеры изображений различных объектов с дефектами представлены в приложении Г.

Таблица 2 - Критерии оценки состояния внешней опорной и подвесной изоляции ОРУ и ОУТ

Классификация состояния изоляции	Норма	Норма с отклонениями	Ухудшенное
	Состояние исправное, работоспособное	Состояние исправное, работоспособное	Состояние неисправное, работоспособное
Степень развития дефекта	Отсутствие явных дефектов	Наличие мало-значительных дефектов	Наличие значительных дефектов

Окончание таблицы 2

Классификация состояния изоляции	Норма Состояние исправное, работоспособное	Норма с отклонениями Состояние исправное, работоспособное	Ухудшенное Состояние неисправное, работоспособное
Критерии по потоку импульсов, импульсов в минуту	до 1000	от 1000 до 3000	Свыше 3000
Анализ изображений объекта (видимого, в ультрафиолете)		$D^* < D^{**}_{\min}$	$D^* \geq D^{**}_{\min}$
Рекомендации по объему дополнительных испытаний и ремонту (замене).	Дополнительные мероприятия не требуются	Учащенный УФ-контроль не реже 1-го раза в три месяца	Осмотр, профилактические испытания, ремонт или замена по состоянию
D^* – характерный размер изображения области свечения в ультрафиолете. $D^{**}_{\min}$ – минимальный из габаритных размеров изображения изолятора на экране видеоконтрольного устройства и/или монитора компьютера.			

Таблица 3 - Критерии оценки состояния гибкой ошиновки на ОРУ и ОУТ

Классификация состояния гибкой ошиновки	Норма Состояние исправное, работоспособное	Норма с отклонениями Состояние исправное, работоспособное	Ухудшенное Состояние неисправное, работоспособное
Степень развития дефекта	Отсутствие явных дефектов	Наличие малозначительных дефектов	Наличие значительных дефектов
Критерии по потоку импульсов, импульсов в минуту	до 1000	от 1000 до 3000	Свыше 3000
Анализ изображений объекта (видимого в деталях при большем увеличении)		Отсутствие видимых изломов элементарных проводников проводов ошиновки	Наличие видимых изломов элементарных проводников проводов ошиновки
Рекомендации по объему дополнительных испытаний и ремонту (замене).	Дополнительные мероприятия не требуются	Учащенный УФ-контроль, (не реже 1 раза в 3 месяца)	Необходим ремонт или замена по состоянию

7.4 Оформление результатов ультрафиолетового контроля электрооборудования открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов

7.4.1 Результаты УФ-контроля рекомендуется оформлять в виде протокола. Пример оформления протокола приведен в приложении В.

7.4.2 В протоколе должна быть отражена информация по количеству единиц обследованного оборудования с указанием оперативных наименований, информация по отключенному электрооборудованию на момент проведения обследования.

7.4.3 В протоколе по электрооборудованию имеющему дефекты должны быть указаны:

- дата ввода в эксплуатацию и наработка;
- сведения по повреждениям в работе: даты повреждений, возможные причины и места повреждений, объем ремонта;
- результаты визуального осмотра, с указанием обнаруженных отклонений от исправного состояния.

7.4.4 Целесообразно также для повышения информативности отмечать в протоколе температуру, влажность воздуха, а для аппаратов и элементов ошиновки, имеющих дефекты, степень их загрузки по току.

7.4.5 В протоколе в заключении отмечаются оперативные наименования аппаратов и элементов ошиновки с указанием их узлов, имеющих повышенную интенсивность ультрафиолетового излучения значения, которого превышают критерии представленные в таблице 2 и таблице 3.

7.4.6 В протоколе на оборудование имеющее явные, малозначительные и значительные дефекты по данным УФ-контроля приводятся рекомендации по объему необходимых испытаний и ремонтных мероприятий.

8 Методика ультрафиолетового контроля высоковольтных вращающихся электрических машин

8.1 Требования к организации и условиям проведения ультрафиолетового контроля вращающихся машин.

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

8.1.2 Подготовка специальных документов регламентирующих порядок проведения на АЭС УФ-контроля не требуется. Порядок проведения УФ-контроля может быть включен в качестве дополнения к программе проведения высоковольтных испытаний вращающихся машин.

8.1.3 Уровень напряжений, допустимых при УФ-контроле обмоток статоров электрических вращающихся машин, не менее 6 кВ. Наиболее характерные дефекты, выявляемые по результатам УФ-контроля 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.

8.1.4 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 РД 34.45-51.300. Степень опасности электроразрядных дефектов устанавливается по цвету излучения в видимой области спектра. УФ-контроль при проведении высоковольтных испытаний вращающихся машин позволяет увеличить количество выявляемых дефектов за счет выявления поверхностных и коронных разрядов на начальной стадии их развития.

8.1.5 УФ-контроль вращающихся электрических машин в процессе испытаний проводят при нормальных климатических условиях испытаний по ГОСТ 15150.

8.1.6 Перед проведением осмотра и УФ-контроля 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»).

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

8.1.8 После проведения УФ-контроля 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.

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

8.2 Периодичность ультрафиолетового контроля обмоток статоров высоковольтных вращающихся электрических машин

8.2.1 Проверка состояния изоляции обмоток статоров генераторов и электродвигателей производится во время проведения капитальных ремонтов с выводом ротора при проведении высоковольтных испытаний. При принятой на АЭС системе ТОиР по турбогенераторам и наличии возможности УФ-контроля рекомендуется периодичность обследования – 1 раз в 4 года.

8.3 Анализ результатов ультрафиолетового контроля высоковольтных вращающихся машин. Критерии оценки состояния изоляции

8.3.1 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.

Примеры характерных изображений дефектов при УФ-контроле состояния поверхностной изоляции высоковольтных вращающихся электрических машин приведены в приложении Д.

8.3.2 При необходимости, по результатам УФ-контроля 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 сек. 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. Результаты выполнения сравнительного анализа степени загрязнения лобовых частей обмотки статора ТГ приведены в приложении Д.

8.4 Оформление результатов ультрафиолетового контроля обмоток статоров высоковольтных вращающихся электрических машин

8.4.1 По результатам ультравизионного обследования и визуального осмотра составляется протокол включающий заключение о состоянии наружной высоковольтной изоляции обмоток электрических машин (см. приложение Д).

8.4.2 В протоколе должны быть указаны:

- технические характеристики: тип, заводской номер генератора, электродвигателя, мощность, напряжение, завод-изготовитель;
- дата ввода в эксплуатацию и наработка;
- сведения по повреждениям в работе: даты повреждений, возможные причины и места повреждений, объем ремонта;
- результаты УФ-контроля и визуального осмотра, с указанием обнаруженных отклонений от исправного состояния.

9 Техника безопасности при подготовке и проведении ультрафиолетового контроля

9.1 Для обеспечения безопасности при проведении работ по УФ-контролю электрооборудования АЭС необходимо обеспечить выполнение требований следующих нормативных документов: ГОСТ 12.1.004; РД ЭО 03448 (ОПЭ АС), ПОТР М – 016, ПНАЭ Г-01-011 (ОПБ-88/97) технического описания и инструкции по эксплуатации на конкретные типы аппаратов и электрических машин.

9.2 Перед проведением УФ-контроля на ОРУ- 330, ОРУ-500, ОРУ -750 специалисты, выполняющие контроль, 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.

9.3 При УФ-контроле (в рамках обхода) объектов на ОРУ, 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.

9.4 Уровень шума, имеющий место при проведении УФ-контроля, не должен превышать допустимого по ГОСТ 12.1.003.

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

9.6 Руководители соответствующих подразделений должны обеспечить выполнение организационных и технических мероприятий для создания безопасных условий труда, а также контролировать выполнение правил и инструкций по технике безопасности.

9.7 Персонал специализированных организаций, выполняющих НК, должен быть ознакомлен и выполнять при проведении работ правила внутриобъектного режима на АЭС.

9.8 Работы по обследованию могут выполняться по наряду или распоряжению. Состав бригады по проведению контроля - не менее двух человек, в том числе один специалист, аттестованный в соответствии с ПБ-03-440-02, на II (или выше) уровень квалификации по дистанционному неразрушающему оптическому (тепловизионному, ультравизионному) методу контроля.

Приложение А
(рекомендуемое)

**Пример оформления технологической инструкции УФ-контроля
электрооборудования открытых распределительных устройств,
площадок открытой установки трансформаторов**

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель организации (подразделения)

(подпись)

(инициалы, фамилия)

« _____ » 200

Технологическая инструкция УФ- контроля состояния изоляции аппаратов и гибкой ошиновки ОРУ, ОУТ		№ инструкции Дата
Наименование организации:	БАЛАКОВСКАЯ АЭС	
Наименование объекта (объектов):	ОРУ-500	
Нормативные документы:	«Методические рекомендации по раннему выявлению дефектов внешней изоляции, токоведущих частей электрооборудования АЭС с использованием средств ультрафиолетового контроля»	

1 Исходные данные

Тип ОРУ:	ОРУ – 500 кВ
Объекты контроля	1 Гибкая ошиновка ОРУ 2 Подвесная изоляция – гирлянды изоляторов 3 Опорная изоляция – изоляторы выключателей, разъединителей, опорных изоляторов, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, высоковольтных вводов автотрансформаторов, шунтирующих реакторов.
Номинальное напряжение, кВ:	500
Тип системы измерений	DayCor superb
Оптимальные климатические условия для контроля	Температура от 15° С до 30° С, Влажность от 70% до 90% Ветер - не более 5 м/с Отсутствие осадков (дождь туман).

2 Параметры контроля

Коэффициент усиления, чувствительность (интенсивность ультрафиолетового излучения) из диапазона от 0% до 100%	50
Число электроразрядных импульсов, импульсов в минуту	менее 3000

3 Подготовка к контролю

Параметры на- стройки	Фокусировка, чувствительность, параметр интегрирования кадров.
Операции по подготовке при- борных средств	1 Перед проведением измерения выбрать автоматическую настройку параметров ультравизора. Если были использованы ранее сохраненные настройки, то необходимо произвести проверку настройки. 2 Проверку настройки чувствительности ультравизора выполнить после включения прибора перед проведением обследования испытания электрического оборудования. 3 По желанию оператора для удобства обработки результатов контроля возможно включение записи видео изображения или одиночных кадров.

4 Проведение контроля

Наименование операции	Рекомендуемая последовательность операций
Настройка ультра- визора	1 Включение 2 Загрузка микропрограммного обеспечения 3 Автонастройка фокуса и чувствительности
Съемка объекта контроля	1 Съемка видеоизображения в видимой и ультрафиолетовой области спектра. 2 Сохранение в памяти электронных видеоизображений объекта контроля или его фрагмента. 3 Ввод комментария по расположению, фазе, присоединению объекта 4 Отметка о расположении (принадлежности к виду электрооборудования) дефекта на предварительно подготовленной схеме ОРУ (ОУТ) обследования.

5 Критерии оценки состояния внешней опорной и подвесной изоляции на ОРУ, ОУТ

Классификация состояния изоляции	Норма Состояние исправное, работоспособное	Норма с отклонениями Состояние исправное, работоспособное	Ухудшенное Состояние неисправное, работоспособное
Степень развития дефекта	Отсутствие явных дефектов	Наличие малозначительных дефектов	Наличие значительных дефектов
Критерии по потоку импульсов, импульсов в минуту	до 1000	от 1000 до 3000	Свыше 3000
Анализ изображений объекта (видимого, в ультрафиолете)		$D^* < D^{**}_{\min}$	$D^* \geq D^{**}_{\min}$
D^* – характерный размер изображения области свечения в ультрафиолете. $D^{**}_{\min}$ – минимальный из габаритных размеров изображения изолятора на экране видеоконтрольного устройства и/или монитора компьютера.			

6 Рекомендации по объему дополнительных испытаний, мероприятий по ремонту (замене) элементов, узлов электрооборудования

Классификация состояния изоляции	Норма Состояние исправное, работоспособное	Норма с отклонениями Состояние исправное, работоспособное	Ухудшенное Состояние неисправное, работоспособное
Рекомендации по объему дополнительных испытаний, мер по ремонту (замене).	Дополнительные мероприятия не требуются	Учащенный контроль не реже 1-го раза в три месяца	Осмотр, профилактические испытания, ремонт или замена по состоянию

7 Критерии оценки состояния гибкой ошиновки на ОРУ и ОУТ

Классификация состояния гибкой ошиновки	Норма Состояние исправное, работоспособное	Норма с отклонениями Состояние исправное, работоспособное	Ухудшенное Состояние неисправное, работоспособное
Степень развития дефекта	Отсутствие явных дефектов	Наличие малозначительных дефектов	Наличие значительных дефектов
Критерии по потоку импульсов, импульсов в минуту	до 1000	от 1000 до 3000	Свыше 3000

Окончание таблицы

Классификация состояния гибкой ошиновки	Норма Состояние исправное, работоспо- собное	Норма с отклонения- ми Состояние исправ- ное, работоспособное	Ухудшенное Состояние не- исправное, ра- ботоспособное
Анализ изображений объекта (видимого в деталях при большем увеличении)		Отсутствие видимых изломов элементар- ных проводников проводов ошиновки	Наличие ви- димых изло- мов элемен- тарных про- водников про- водов оши- новки

**8 Рекомендации по объему дополнительных мероприятий по ре-
монту (замене) элементов, узлов гибкой ошиновки**

Классификация состояния гибкой ошиновки	Норма Состояние исправное, работоспо- собное	Норма с отклонениями Состояние исправ- ное, работоспособное	Ухудшен- ное Состояние неисправ- ное, работо- способное
Рекомендации по объему дополнитель- ных испытаний, мероприятий по ремонту (замене).	Дополнитель ные мероприятия не требуются	Учащенный УФ-контроль, (не реже 1 раза в 3 мес.)	Необходим ремонт или замена по состоянию

Начальник участка (группы)

Инженер

Приложение Б

(рекомендуемое)

Методические аспекты ультрафиолетового контроля подвесной и опорной изоляции

Алгоритм ультравизионной диагностики основан на результатах математического и физического моделирования электроразрядных явлений на поверхностных дефектах элементов ошиновки и изоляционных конструкций высоковольтных аппаратов и машин. Электрический разряд атмосферного давления при критических напряженностях электрического поля приводит к генерации ультрафиолетового излучения. Основные принципы диагностики основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований в лабораторных и полевых условиях испытаний и направлены на обнаружения и распознавания таких дефектов как:

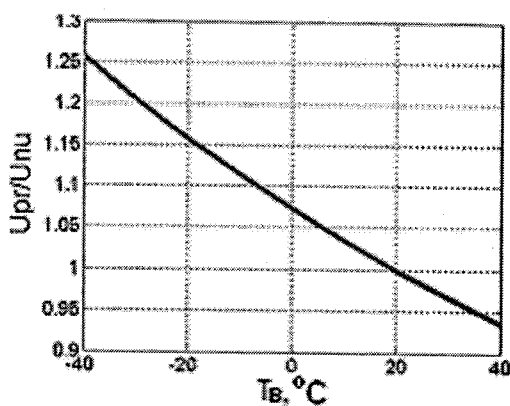
- повреждения гибкой ошиновки (обрывы, интенсивная коррозия), ошибки монтажа и расчетов проектирования высоковольтных электрических цепей, линий и аппаратов;
- поверхностное загрязнение, сколы, трещины, истирание изоляции или полупроводящих слоев.

Б.1 Методические особенности контроля высоковольтных изоляционных конструкций по ультрафиолетовому излучению. Оценка влияния внешних факторов на интенсивность ультрафиолетового излучения изоляторов

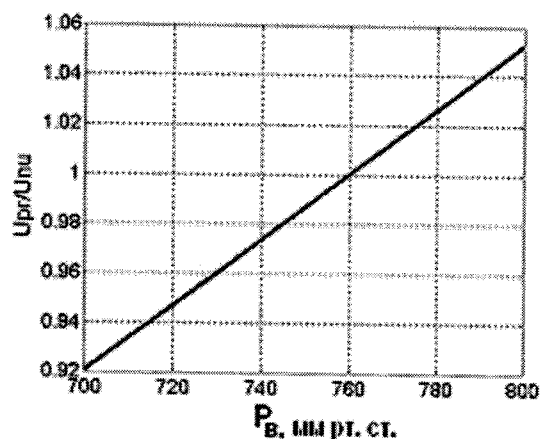
Зажигание и горение поверхностных разрядов на изоляционных конструкциях и возбуждение короны на высоковольтной ошиновке сопровождается генерацией ультрафиолетового излучения и зависят как от давления атмосферного воздуха, его температуры, влажности так и от загрязнения поверхности изолятора. Как показали исследования, напряжение зажигания тем

ниже, чем выше температура, ниже давление и выше влажность атмосферного воздуха. Для условий эксплуатации фарфоровых изоляторов при нормальных условиях напряжение зажигания соответствует электрической прочности составляющей, в среднем, от 24 до 30 кВ/см.

На рисунке Б.1 представлены результаты расчетов изменения величины относительного пробивного напряжения атмосферного воздуха в зависимости от температуры воздуха $T_{\text{в}}$ и давления воздуха $P_{\text{в}}$.



а)



б)

$U_{\text{пр}}$ - пробивное напряжение воздуха

$U_{\text{нн}}$ - пробивное напряжение воздуха нормальных климатических условиях

$T_{\text{в}}=20^\circ\text{C}$, $P_{\text{в}}=760$ мм рт. ст..

Рисунок Б.1 - Изменение относительной величины пробивного напряжения воздуха $U_{\text{пр}}/U_{\text{нн}}$ от температуры окружающей среды $T_{\text{в}}$ (а) и от давления атмосферного воздуха $P_{\text{в}}$ (б).

На величину пробивного напряжения влияет температура воздуха $T_{\text{в}}$. Так при увеличении $T_{\text{в}}$ от минус 20°C до 40°C , пробивное напряжение воздуха уменьшается на 20 %. Влияние изменения давления атмосферного воздуха незначительно.

Особое влияние на интенсивность поверхностных разрядов оказывает влажность атмосферного воздуха при приближении его к состоянию «точки росы» (относительная влажность 100 % с выпадением капель воды на по-

верхность изолятора). Это приводит к резкому повышению удельной поверхностной проводимости изолятора и формированию множества пар катод-анод, особенно на дефектных поверхностях изолятора. Анализ диаграммы влажного воздуха показывает, что для нормальных условий ($T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 60%) массовое содержание влаги в 1 м^3 воздуха составляет от 9 до 11 г. При охлаждении воздуха (например, ночью) до температуры точки росы (в этом состоянии $T_{\text{росы}} = 11^{\circ}\text{C}$) и повторном нагревании (днем) снова до $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, с 1 м^3 воздуха выпадет примерно от 4 до 6 г влаги. При температуре воздуха $T_{\text{в}} = 35^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 90%, массовое влагосодержание составляет 33 г в 1 м^3 воздуха. При охлаждении воздуха до 11°C и повторном нагревании до 35°C , с 1 м^3 выделится примерно 26 г влаги, т.е. от 4 до 6 раз больше, чем для нормальных условий. При этом, как следствие, увеличатся удельная поверхностная проводимость изолятора, а следовательно, и интенсивность поверхностных разрядов. Это подтверждает и опыт эксплуатации изоляторов в южных широтах с высокой влажностью и температурой воздуха. Интенсивность отказов изоляторов в этих условиях существенно выше, чем для средних широт. Существенное влияние на надежность изоляторов оказывает наличие близкорасположенных морских акваторий с соленой водой и грозовая обстановка.

Влияние величины загрязнения поверхности изоляции на величину напряжения пробоя по увлажненной поверхности изолятора весьма значительно и зависит от химического состава загрязнений. Так, например, для подвесного изолятора ПФ-6, при изменении поверхностного загрязнения изоляторов от 0,1 до $0,5 \text{ мг/см}^2$ химическими удобрениями с полей или промышленных предприятий в районе АЭС или высоковольтной линии напряжение пробоя по поверхности изолятора уменьшается от 30 до 20 кВ, а при аналогичном загрязнении цементом и от 18 до 1 кВ.

Немаловажное влияние на электрическую прочность изоляторов оказывают токи утечки различного характера. Токи утечки зависят от степени и

характеристики загрязнения, условий погоды, от микроклимата каждой конкретной зоны и др. факторов.

Так, например, для тарельчатого фарфорового изолятора при напряжении 3,3 кВ ток утечки, в зависимости от погодных условий составляет:

- ясно - 0,5 мкА;
- мокрый снег - более 150 мкА;
- пасмурно без осадков - 1,4 мкА;
- слабый дождь - 20 мкА;
- иней - 3,0 мкА;
- туман - 15 мкА;

Для сетей переменного тока по сравнению с участками постоянного тока коэффициент запаса по напряжению пробоя по увлажненной поверхности изолятора (отношение напряжения пробоя по увлажненной поверхности изолятора к рабочему) значительно ниже и составляет для постоянного тока от 20 до 25, а для переменного тока – только от 2,3 до 3,6.

В таблице Б.1 представлены усредненные за последние несколько лет данные по отказам электрических элементов.

Анализ таблицы Б.1 показывает, что для сетей по числу отказов изоляторы занимают второе место. Причем число отказов изоляторов на участках переменного тока в 5 раз больше числа отказов для участков постоянного тока. Этот факт можно объяснить с позиции того, что указанный выше коэффициент запаса по напряжению пробоя увлажненной поверхности для изоляторов переменного напряжения в среднем в 7-9 раз меньше аналогичного коэффициента для изоляторов, работающих в сетях постоянного тока. Ниже, показаны результаты практической оценки влияния выше указанных факторов на интенсивность ультрафиолетового излучения дефектных изоляторов воздушных линий.

Таблица Б.1 - Отказы элементов высоковольтной сети в год на 100 км.

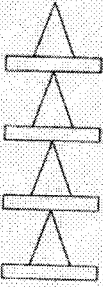
Элементы воздушных линий, ОРУ	Число отказов, шт.
Ошиновка	12/ 8
Прочие провода	13/7
Фиксирующие устройства и конструкции	4/4
Изоляторы	6/21
Всего	35/40
Примечание - В числителе приведены данные для постоянного тока, в знаменателе для переменного тока.	

Б.2 Лабораторные испытания. Количественное влияния внешних факторов на чувствительность УФ-контроля. Выбор критерия дефектности изоляторов

Помимо количественной оценки влияния внешних факторов на интенсивность ультрафиолетового излучения, основной задачей исследований является выявление критерия дефектности изоляторов при наблюдении за их ультрафиолетовым излучением.

Измерительный комплекс включает ультравизионную камеру DayCorII, с программным обеспечением обработки данных измерений

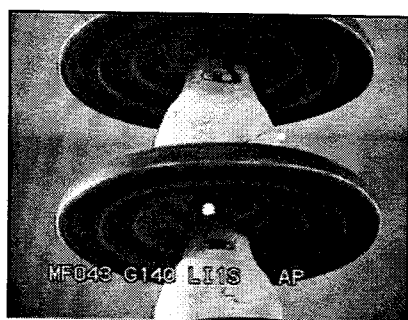
Результаты испытаний приведены для гирлянды из четырех изоляторов ПФ-70. Гирлянда была забракована в процессе наработки ресурса. На рисунке Б.2 представлены результаты измерений активного сопротивления (R) и тангенса диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) для каждого изолятора в гирлянде в лабораторных условиях.

	$R = 10 \text{ Мом}$ $\text{tg}\delta, \% = 13,5$
	$R = 10\,000 \text{ Мом}$ $\text{tg}\delta, \% = 0,73$
	$R = 7 \text{ Мом}$ $\text{tg}\delta, \% = 14,3$
	$R = 7 \text{ Мом}$ $\text{tg}\delta, \% = 12,4$

~ 27,5 кВ

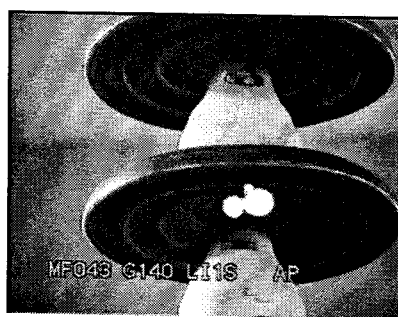
Рисунок Б.2 - Результаты измерений электрических параметров гирлянды из 4 изоляторов ПФ-70, $U \approx 27,5 \text{ кВ}$.

Анализ данных, представленных на рисунке показывает, что в гирлянде исправен только один (второй сверху) изолятор, а остальные дефектные, т.к. для них $R < 300 \text{ Мом}$ и $\text{tg}\delta > 4\%$. На рисунках Г.3, Г.4 показаны результаты УФ-контроля гирлянды при различных значениях температуры воздуха ($T_{\text{в}}$) от $T_{\text{в}} = 10^\circ\text{C}$ до $T_{\text{в}} = 38^\circ\text{C}$.



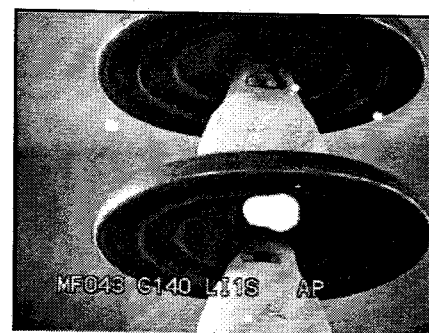
а)

а) $T_{\text{в}} = 10^\circ\text{C}$



б)

б) $T_{\text{в}} = 30^\circ\text{C}$



в)

в) $T_{\text{в}} = 38^\circ\text{C}$

Рисунок Б.3 - Влияние температуры воздуха на интенсивность ультрафиолетового излучения дефекта (показано 2 изолятора из 4-х)

Результаты эксперимента показали, что дефектным в ультрафиолетовом спектре проявился только изолятор №2 (наблюдается поверхностный

разряд в районе цементной заделки стержня). На остальных изоляторах гирлянды разряды не наблюдались. Этот факт можно объяснить следующим образом. Поскольку сопротивление R на изоляторе №2 более чем в 1000 раз больше чем на остальных изоляторах, то в результате перераспределения напряжений в гирлянде между изоляторами, на исправный изолятор №2 приходится значительно большее падение напряжения. В связи с этим, напряженность электрического поля в нем превышает критическое значение находящееся в пределах от 24 до 30 кВ/см, что и вызывает поверхностные разряды. Отсюда можно сделать вывод о том, что при появлении поверхностного разряда или короны хотя бы на одном из изоляторов в гирлянде, эту гирлянда требует обследования контактными методами.

Анализ влияния температуры воздуха на площадь занимаемую поверхностным разрядом (см. рисунок Б.3) подтверждает тот факт, что с ростом температуры воздуха, вследствие снижения его пробивного напряжения, площадь поверхностного разряда увеличивается.

На рисунке Б.4 представлена диаграмма, показывающая влияние температуры воздуха на условную интенсивность ультрафиолетового излучения. За эту величину для изолятора №2 принималось отношение площади разряда S для различных температур к площади разряда S_0 при $T_{\text{в}} = 10^\circ\text{C}$. При увеличении температуры воздуха до 30°C и 38°C , интенсивность ультрафиолетового излучения увеличилась в 3,5 и 4,5 раза соответственно.

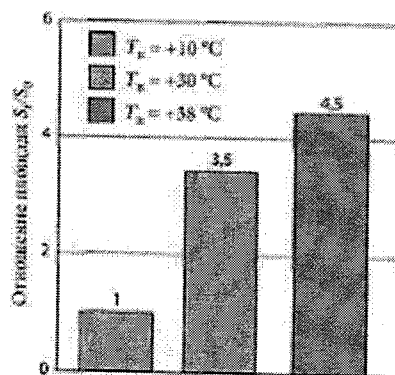
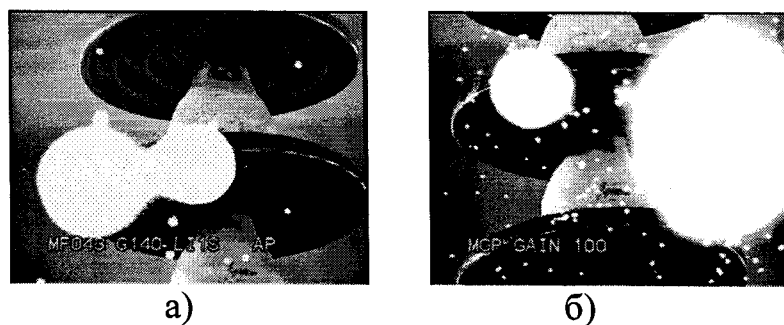


Рисунок Б. 4 - Влияние температуры воздуха на условную интенсивность ультрафиолетового излучения дефектного изолятора

С целью оценки влияния влаги на интенсивность ультрафиолетового излучения изоляторов, в соответствии с ГОСТ 10390-86 на поверхности изоляторов было произведено разовое дисперсное напыление пресной водой. При этом на изоляторе №2 возникла мощная корона (см. рисунок Б. 5).

Для оценки влияния соляных растворов на интенсивность поверхностных разрядов на изолятор произведено дисперсное напыление соляного раствора с удельной проводимостью $g = 56 \text{ мСм/см}$. При начальном увеличении напряжения до $U=15 \text{ кВ}$, на изоляторе возник поверхностный разряд и ультрафиолетовое излучение. При кратковременном подъеме напряжения до 30 кВ возник разряд и перекрытие изоляции (см. рисунок Б.5).



а) 100% влажность

б) соленый раствор с удельной проводимостью $g=56 \text{ мСм/см}$.

Рисунок Б. 5 - Влияние увлажнения и загрязнения изоляторов на интенсивность ультрафиолетового излучения

Интенсивность ультрафиолетового излучения изоляторов покрытых чистой дистиллированной водой и соленым раствором с удельной электрической проводимостью $g=56 \text{ мСм/см}$ увеличивается в 31 и 65 раз соответственно относительно сухого бездефектного изолятора.

Проведенные исследования и эксперименты показали, что в качестве критерия дефектности изоляторов по интенсивности ультрафиолетового излучения можно принять один из следующих коэффициентов:

а) коэффициент отношения площадей K_s , вычисляемый по формуле

$$K_s = S_{\text{уф}} / S_{\text{и}}, \quad (\text{Б.1})$$

где $S_{\text{уф}}$ – площадь поверхностного разряда или короны;

$S_{\text{и}}$ – площадь тарелки изолятора по максимальному диаметру;

б) коэффициент отношения линейных размеров K , определяемый по формуле

$$K = D_{\text{уф}} / D_{\text{и}}, \quad (\text{Б.2})$$

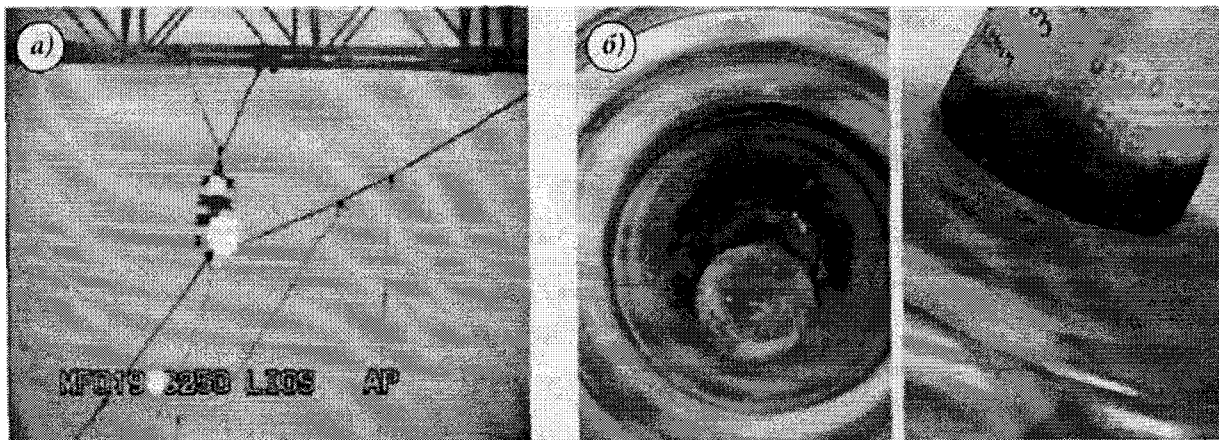
где $D_{\text{уф}}$ – средний линейный размер поверхностного разряда или короны;

$D_{\text{и}}$ – диаметр изоляторов.

Данные критерии удобны для обнаружения дефектов и оперативной оценки технического состояния в процессе обследования оборудования и при проведении экспресс анализа

На рисунке Б.6 приведены совмещенные видеоизображения гирлянды, ультрафиолетового излучения разряда и изображения фрагментов поврежденного изолятора.

Количественная оценка интенсивности короны и поверхностных разрядов, возникающих на ошиновке и изоляторах проводится по анализу числа импульсов, фиксируемых в реальном масштабе времени. Значение потока импульсов 3000 импульсов в минуту соответствует развитому разряду, возникающему на каждом периоде питающего напряжения, и может быть рекомендовано как критерий наличия значительного дефекта. Количественные оценки по уровню потока импульсов и отношению размера области коронного разряда к размеру контролируемого объекта необходимы для оценки состояния внешней изоляции изоляторов.



а) совмещенные ультрафиолетовые и видеоизображения дефектов

б) следы электроэрозии изоляторов

Рисунок Б.6 - Комбинированное изображение гирлянды из трех изоляторов ПФ-70 при повреждении части изоляторов.

Б.3 Сравнительный анализ приборных средств по УФ-контролю , представленных коммерческими организациями для реализации на рынке России

Среди наиболее распространенных систем обнаружения и контроля ультрафиолетового излучения на рынке РФ получили:

- система обнаружения коронных разрядов «Филин-6»(Российская Федерация);
- ультравизионная система CoroCam (ЮАР);
- системы контроля различных модификаций DayCor (Израиль).

По своим важнейшим параметрам:- чувствительности, наличию средств регистрации система Филин-6 существенно уступает системам CoroCam (ЮАР) и DayCor (Израиль). Сопоставление систем CoroCam и DayCor показывает, что по некоторым показателям они близки друг другу, наряду с этим система DayCor (Израиль) имеет некоторые преимущества среди которых можно отметить следующие:

- на уровне максимальной чувствительности камера DayCor позволяет обнаруживать коронный разряд с заданной (известной) величиной кажущегося заряда 2,0 пКл на расстоянии 8 м, а камера CoroCam при аналогичных условиях измерения позволяет зафиксировать разряды с величиной кажущегося заряда 6,0 пКл. (Информация представлена на основании испытаний проведенных в лаборатории RWE Eurotest (Дортмунд, Германия) и экспериментальной лаборатории высоковольтного оборудования Израильской электроэнергетической корпорации (институт стандартов Израиля));

- устройство отображения камеры DayCor ЖК-дисплей с высоким разрешением и возможностью регулировки яркости, разрешение дисплея 320 на 234 пикселей, яркость дисплея 320 Кд/м², что позволяет работать в условиях высокой дневной освещенности на открытом пространстве;

- камера DayCor способна обнаруживать коронные разряды даже при прямом попадании солнца в ее поле обзора, а попадание прямого солнечного излучения в поле зрения камеры CoroCam не рекомендовано производителем из-за возможного нарушения работоспособности фотоприемного элемента;

- поле обзора камеры DayCor II 5° x 3.75°, выбрано в соответствии с требованиями американской кампанией EPRI и обеспечивает возможность съемки объектов контроля с расстояния 150 – 200м при аэроинспекции, а также является достаточным для наблюдения мелких деталей объектов в видимом диапазоне при съемке из стационарного положения (штатив, платформа);

- поле обзора камеры CoroCam 8° x 6° и некоторых модификаций системы DayCor более предпочтительно при работе на ОРУ (подстанциях) на расстояниях до объектов контроля от 20 до 30 м;

- ручная установка фокуса и экспозиции в оптическом канале камеры DayCor обеспечивает большую гибкость при инспекции с малых расстояний и при сильном солнечном подсвечивании.

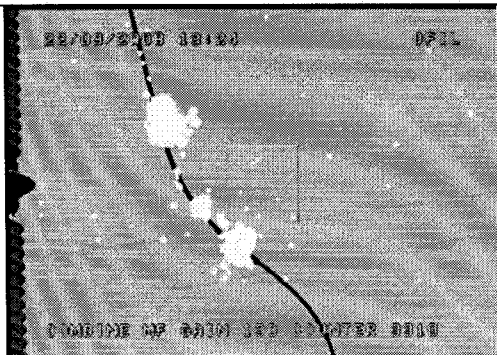
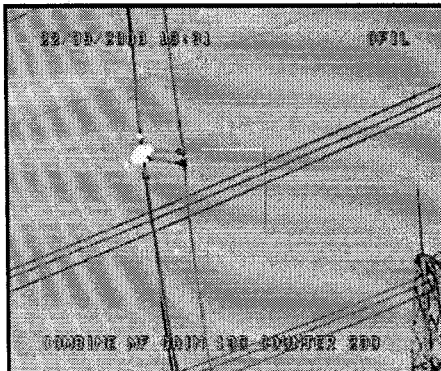
- при аэроинспекции с использованием камеры DayCor II изображение коронного разряда не теряет четкости при полетах со скоростью 100 км/час и более;

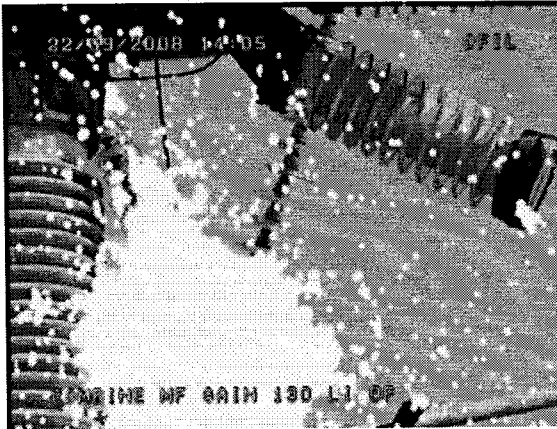
Приложение В
(рекомендуемое)

**Форма протокола по результатам ультрафиолетового контроля
электрооборудования открытых распределительных устройств атомных
станций**

ПРОТОКОЛ № _____ от _____

1 Эксплуатирующая организация	Филиал Концерна «Росэнергоатом» Балаковская АЭС Место проведения г. Балаково.
2 Место (зона) обследования, дата, время проведения, климатические условия	ОРУ-500 кВ Дата проведения: 22 сентября 2008г. Время проведения обследования 10.00 – 15.30 Условия: , температура 15 °С, влажность 80%
3 Объекты УФ-контроля	Рабочее напряжение 500 кВ 1 Гибкая ошиновка ОРУ 2 Подвесная изоляция – гирлянды изоляторов 3 Опорная изоляция – изоляторы выключателей, разъединителей, опорных изоляторов, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения, конденсаторов связи, высоковольтных вводов, силовых трансформаторов автотрансформаторов, шунтирующих реакторов.
4 Цель работы	Обследование состояния внешней изоляции изоляторов из стекла, фарфора и полимера, состояния гибкой ошиновки аппаратов ОРУ-500, на рабочем напряжении, методом регистрации параметров электроразрядной активности по интенсивности излучения в ультрафиолетовой области спектра.

5 Нормативные документы и средства измерений	«Методические рекомендации по раннему выявлению дефектов <i>внешней изоляции, токоведущих частей</i> электрооборудования АЭС с использованием средств ультрафиолетового контроля», При выполнении измерений использована камера DayCor Superb (Ofil), чувствительность 2 пКл.		
6 Заключение и рекомендации			
Наименование объекта, узла.	Описание и степень развития дефекта Оценка состояния	Рекомендации	
 ВЛ «СарГЭС», спуск шлейфа с отходящей линии на ОПН, фаза «Е»  ВЛ«КЛЮЧИКИ», спуск шлейфа с отходящей линии на ОПН, фаза «В». Третий узел распора снизу от ОПН	Дефекты ошиновки, обрывы элементарных проводников ошиновки, узлы распора. Малозначительные дефекты НОРМА С ОТКЛОНЕНИЯМИ	Провести визуальный осмотр узлов распора и устранить неисправности при проведении ремонта	

 ЛР ТТ ВВ 33 фазы «В».	Электроразрядный процесс на контактах разъединителя ТТ В33 ф. В. Неустойчивый контакт с элементом подвески разъемного соединения Значительный дефект УХУДШЕННОЕ	Провести ревизию разъединителя при ближайшем отключении и устранить дефекты
--	---	--

Исполнители:

Приложение Г

(справочное)

Примеры характерных изображений дефектов на изоляционных, токоведущих элементах электрических аппаратов и электрических машин при ультрафиолетовом контроле

Г.1 Изображения дефектов в подвесной и опорной изоляции приведены на рисунке Г.1, рисунке Г.2.

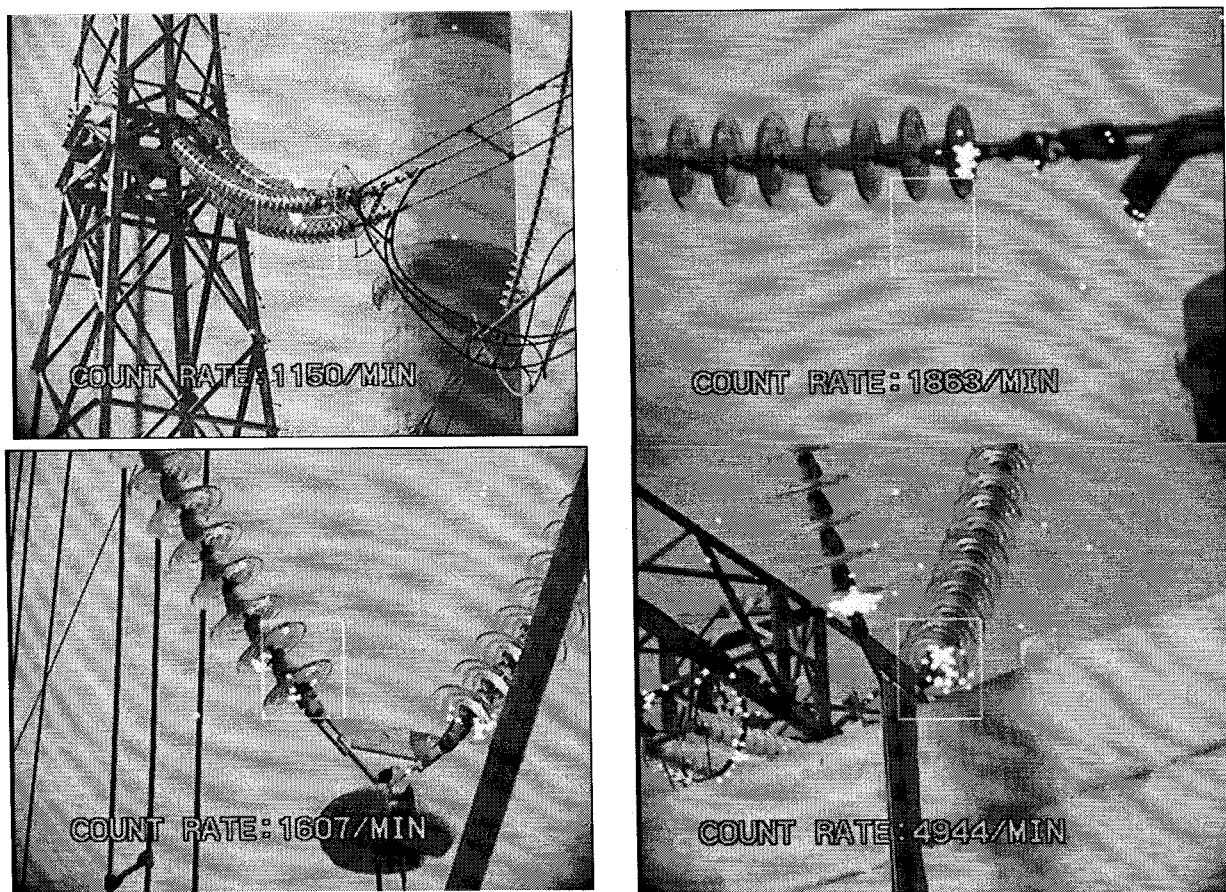


Рисунок Г. 1 - Нарушения заделки стеклянных изоляторов. Загрязнение поверхности стеклянных изоляторов

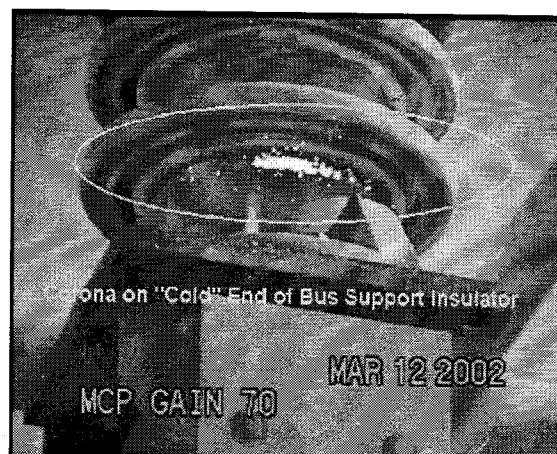
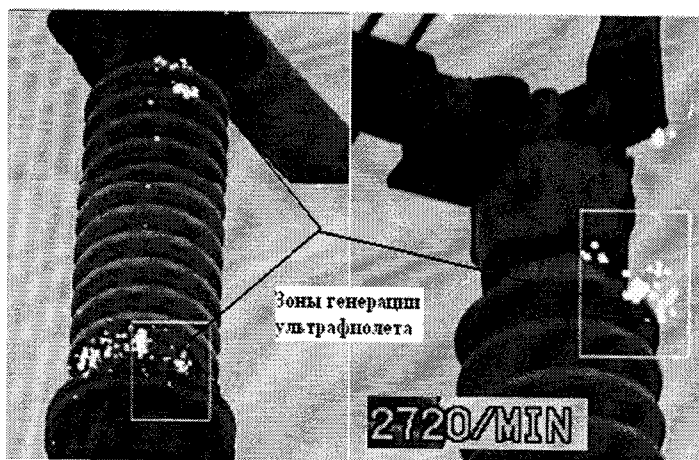


Рисунок Г.2 - Дефекты на поверхности и в области армирующего слоя и опорного изолятора. Повышенное поверхностное загрязнение, нарушение сплошности армирующей заделки

Г.2 Изображения дефектов на элементах гибкой ошиновки показаны на рисунках Г.3 - Г.6.

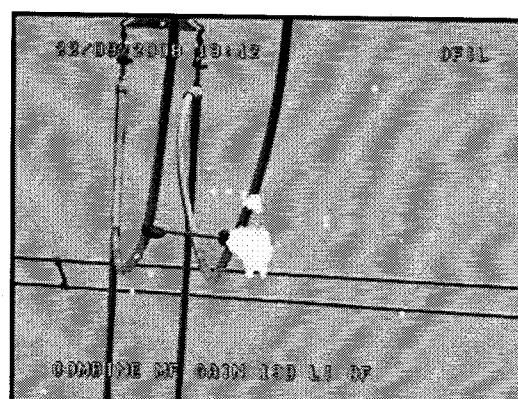
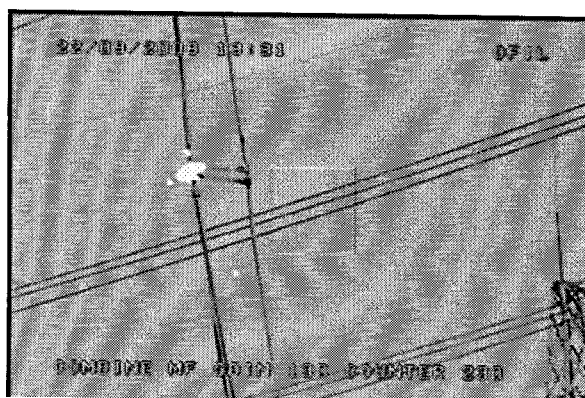
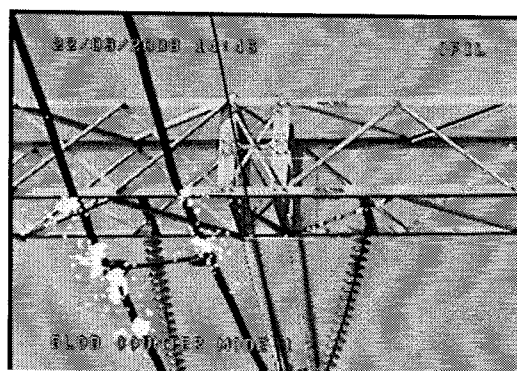
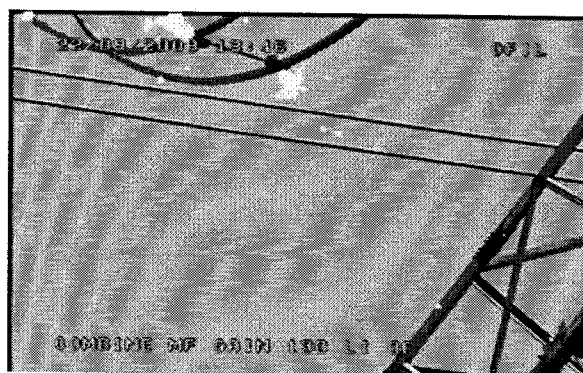


Рисунок Г.3 - Интенсивная корона в узлах жесткого распора гибкой ошиновки. Дефекты – изломы элементарных проводников, их коррозия и/или загрязнение.

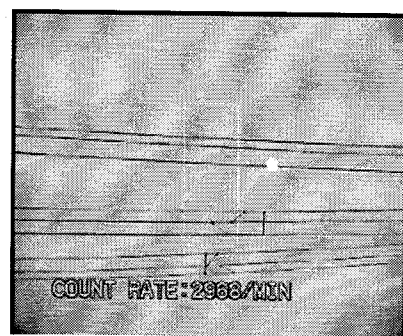
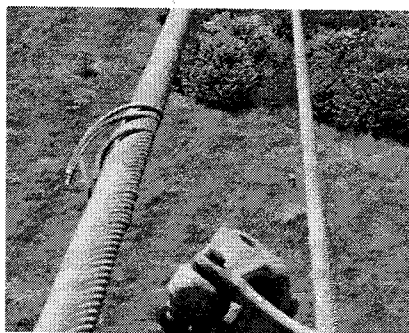


Рисунок Г.4 - Изображения мест повреждения элементарных проводников на ошиновке в видимом и ультрафиолетовом излучении.

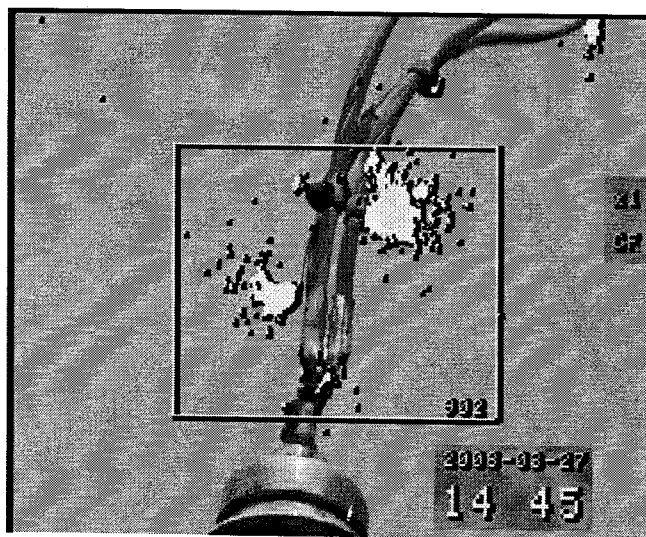


Рисунок Г. 5 - Излом элементарных проводников в районе заделки шлейфа трансформаторного ввода

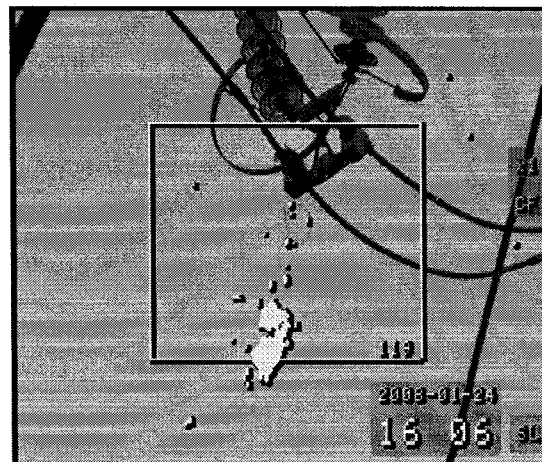
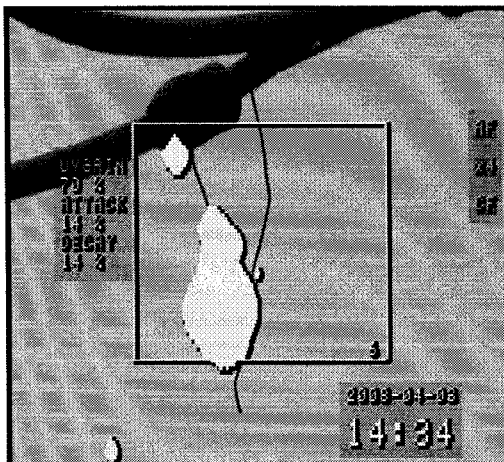
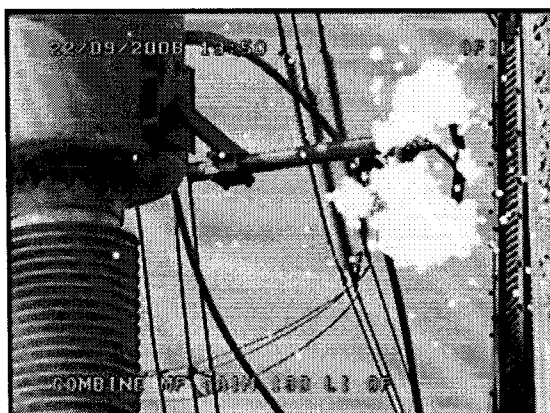
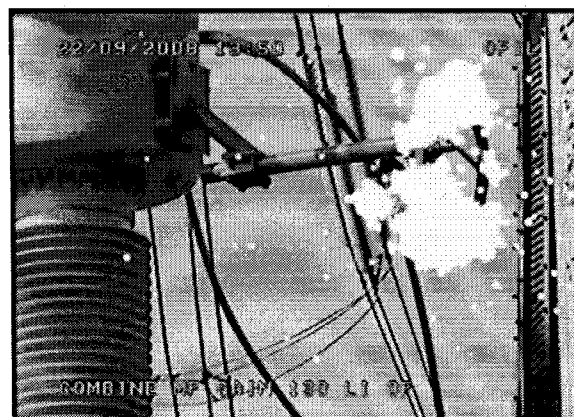


Рисунок Г.6 - Набросы посторонних предметов на гибкую ошиновку (металлическая проволока).

Г.3 Коронные, стримерные разряды как, источник мощных электромагнитных помех на ОРУ, ОУТ показаны на рисунках Г.7, Г.8.



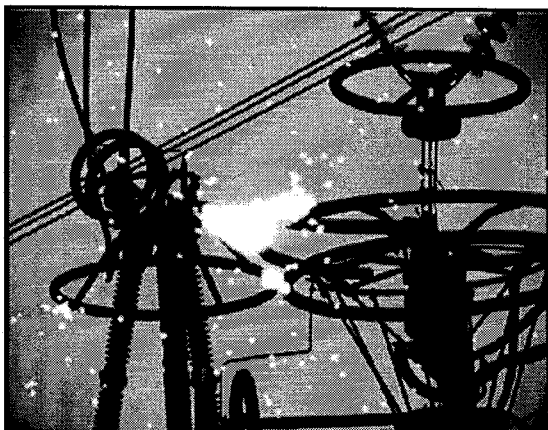
а)



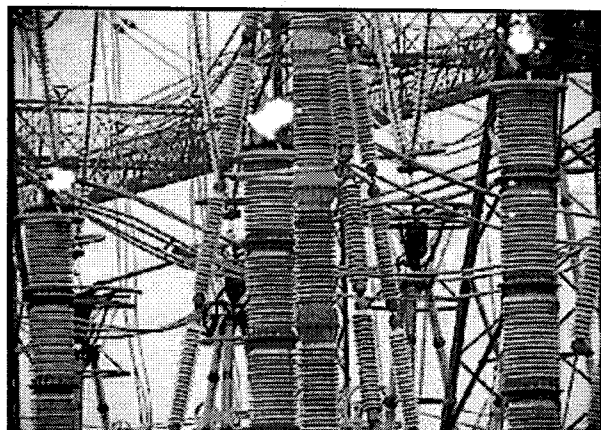
б)

- а) коронный разряд на элементах трансформатора тока
- б) коронный разряд на экранах подвесной гирлянды изоляторов

Рисунок Г.7 - Коронный разряд на экранах и элементах аппаратов ОРУ



а)



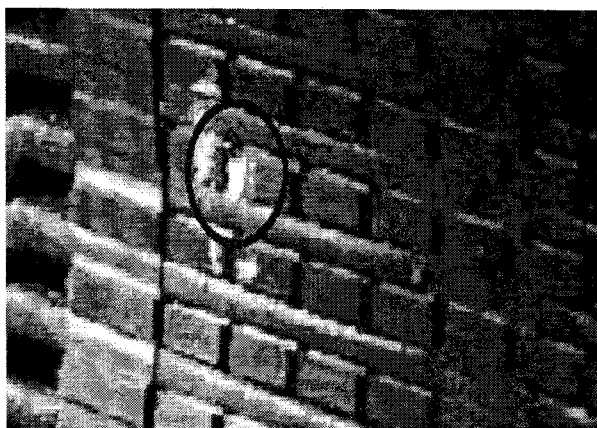
б)

а) коронный разряд на элементах разъединителя

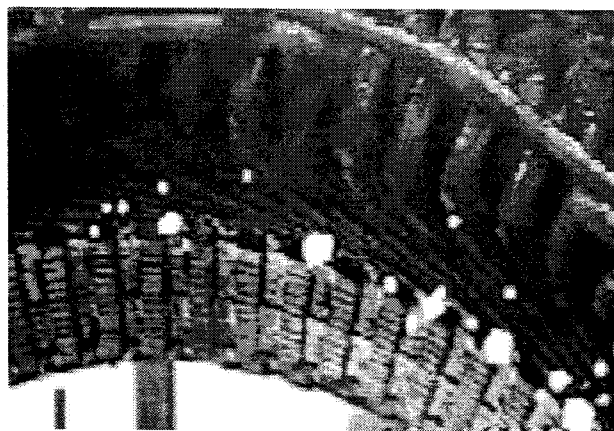
б) коронный разряд на контактных соединениях конденсаторов связи

Рисунок Г.8 - Коронный разряд на экранах и элементах аппаратов ОРУ

Г.4 Изображения при УФ-контроле дефектов изоляции обмоток статоров высоковольтных вращающихся электрических машин показаны на рисунках Г.9- Г.10.



а)

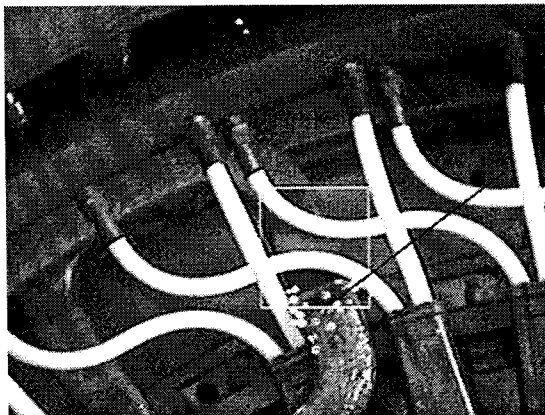


б)

а) коронный разряд из-за повреждения полупроводящего покрытия в пазовой части турбогенератора

б) коронный разряд из-за повреждения полупроводящего покрытия на выходе из пазов стержней электродвигателя

Рисунок Г.9 - Изображения фрагментов статорных обмоток с дефектами поверхностной изоляции



а)



б)

а) поверхностные разряды из-за повреждения покровного покрытия выводной шины турбогенератора

б) коронный разряд из-за влаги появившейся вследствие нарушения заделки фторопластового шланга

Рисунок Г.10 - Изображения фрагментов статорных обмоток с дефектами поверхностной изоляции обмотки статора турбогенератора

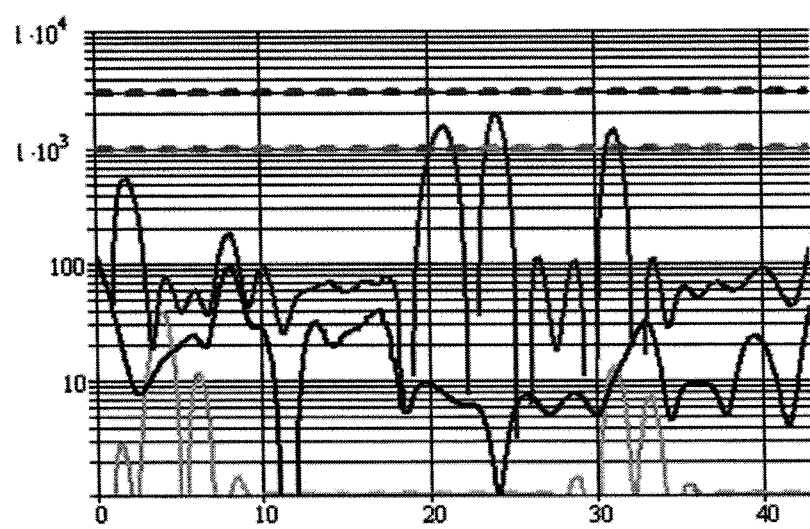
Приложение Д
(рекомендуемое)

**Форма протокола по результатам ультрафиолетового контроля
обмотки статора турбогенератора при проведении высоковольтных
испытаний во время капитального ремонта**

ПРОТОКОЛ № _____ от _____

1 Эксплуатирующая организация	ОАО «ОГК-4» ГРЭС-2 г. Сургут
2 Место (зона) обследования, дата, время проведения, климатические условия	Машинный зал Дата проведения: 22 июля 2007г. Время проведения обследования 14.00 – 15.00 Условия: , температура 30 °С, влажность 80%
3 Объекты УФ-контроля	Рабочее напряжение 24 кВ Обмотка статора турбогенератора ТГ-1 типа ТВВ-800-2УЗ, зав. № 17727, 1985г. выпуска. Завод-изготовитель «Электросила».
4 Цель работы	Обследование состояния внешней изоляции обмотки статора при проведении высоковольтных испытаний, методом регистрации параметров электроразрядной активности по интенсивности излучения в ультрафиолетовой области спектра.
5 Нормативные документы и средства измерений	РД ЭО «Методические рекомендации по раннему выявлению дефектов внешней изоляции, токоведущих частей электрооборудования АЭС с использованием средств ультрафиолетового контроля» При выполнении измерений использована камера DayCor Superb (Ofil)

6 Заключение и рекомендации

Наименование объекта, узла.	Описание и степень развития дефекта Оценка состояния	Рекомендации
 Негерметичности заделки фторопластового шланга внутри изоляционной коробки	Увлажнение поверхности фторопластового шланга из-за негерметичности заделки фторопластового шланга внутри изоляционной коробки. Значительный дефект УХУДШЕННОЕ	Провести демонтаж изоляционной коробки с заменой фторопластового шланга
Результаты контроля по зонам степени загрязнения лобовых частей обмотки статора у выхода из пазовой части. Лобовые части обмотки статора в районе пазов 2-3, 19-25, 30-31 имеют повышенную степень загрязнения.	Ф, имп/мин  — Испытательное напряжение 9 кВ — Испытательное напряжение 21 кВ — Испытательное напряжение 31 кВ	