

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ  
КОМПАНИЯ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»  
ОАО «СибНИИЭ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35 – 1150 кВ

Утверждены Департаментом  
научно-технический центр 28 июня 2005 года

Вступают в силу с 31 июля 2005 года

Москва 2005 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель Постоянно действующей комиссии,  
Заместитель Председателя Правления  
ОАО «ФСК ЕЭС»



В. Коробеев

#### ПРОТОКОЛ № 4

заседания Постоянно действующей комиссии по координации работ по нормативно-техническому обеспечению деятельности ОАО «ФСК ЕЭС»

Москва

«28» 06. 2005 г.

#### ЗАСЕДАНИЕ ПРОВЕДЕНО ЗАОЧНЫМ ПОРЯДКОМ

#### ВОПРОС ПОВЕСТКИ ДНЯ:

Об утверждении и введении в действие «Методических указаний по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35-1150 кВ».

Членам Постоянно действующей комиссии:

Линнику С.П., Жулеву А.Н., Мютелю В.А., Охриму А.Н., Смыслову С.Г., Бердникову Р.Н., Степанову Е.Н., Пуляеву В.И., Лянзбергу В.Л., Смагину А.В., Федорину А.Г., Басенко О.Б., Степанову А.В., Гигину В.Я., Феценко В.А., Смирнову В.Н., Васильчикову А.И., Тимашовой Л.В.

направлены для рассмотрения следующие материалы:

-Окончательная редакция «Методических указаний по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35-1150 кВ»- в электронном виде;

-Обзор отзывов энергопредприятий по первой редакции Методических указаний - в электронном виде;

-Замечания ОАО «НИИПТ» - в электронном виде;

-Ответы на замечания ОАО «НИИПТ» - в электронном виде;

-Бланк для заочного голосования - в электронном виде.

## ОТМЕТИЛИ:

Первые две редакции Методических указаний разработаны ОАО «СибНИИЭ» в рамках выполнения договорной НИОКР. Третья, окончательная редакция подготовлена в инициативном порядке.

Замечания и предложения по первой редакции получены от 11 экспертных организаций, обобщены, все замечания учтены при подготовке окончательной редакции.

Окончательная редакция Методических указаний дополнена новыми видами аппаратуры и методиками, в том числе зарубежными аналогами. При разработке МУ использованы результаты исследований, выполненных СибНИИЭ, ОРГРЭС, УзНИИЭиА, ВНИОФИ и других организаций и зарубежных фирм.

Методические указания, после внесения редакционных правок, целесообразно рекомендовать к внедрению в практику эксплуатации электрических сетей 35-1150 кВ.

В результате заочного голосования получены отзывы от 12 членов комиссии (70 % состава), из них положительные 11, воздержался- 1, против - нет.

## РЕШИЛИ:

С целью повышения надежности работы объектов электрических сетей напряжением 35-1150 кВ:

1. Утвердить «Методические указания по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35-1150 кВ».

2. Ввести Методические указания в действие с 31.07.2005 г.

3. С введением Методических указаний признать их действия дополняющими действующие нормативные документы:

- «Объем и нормы испытания электрооборудования». РД 34.45-51.300-97.  
- М., «НЦ ЭНАС», 2001 (в части п.п. 17.1, 17.2 и 30.6, касающийся профилактического контроля подвесных и опорных изоляторов);

- «Положение об экспертной системе контроля и оценки состояния и условий эксплуатации воздушных линий электропередачи 110 кВ и выше». РД 153-34.3-20.524-00. - М., РАО «ЕЭС России», 2000.

По вопросам оказания технической помощи при применении Методических указаний Комиссия рекомендует обращаться в ОАО «СибНИИЭ» (630126, Новосибирск, ул. Клеповая, 10/1).

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Аннотация	6
2. Область применения	7
3. Общие положения	8
4. Электронно-оптические дефектоскопы	10
5. Методика контроля подвесной фарфоровой изоляции	12
6. Методика контроля степени загрязнения и поиска дефектов стеклянной подвесной изоляции	21
7. Методика контроля полимерных линейных изоляторов	24
8. Методика локализации коронирующих элементов ВЛ и РУ и выявления причин возникновения короны	26
9. Методика контроля опорной фарфоровой изоляции	29
Приложения	
Приложение 1. Терминология, используемая в методических указаниях	32
Приложение 2. Электронно-оптические дефектоскопы серий "Филин" и "Коршун"	33
Приложение 3. Таблицы для определения количества и места расположения нулевых изоляторов в гирляндах по интенсивности оптического излучения ПЧР	39
Приложение 4. Примерная форма протокола оптического контроля	42

## 1. АННОТАЦИЯ

Методическими Указаниями предусматриваются мероприятия по дистанционному профилактическому контролю всех видов подвесной изоляции воздушных линий электропередачи (ВЛ) и распределительных устройств подстанций (РУ), фарфоровой и полимерной опорной изоляции РУ, определению мест перекрытия ВЛ, поиску коронирующих мест, связанных с дефектами проводов, шлейфов, шин, арматуры в цепях с классом напряжения 35 – 1150 кВ.

Предназначаются для инженерно-технического персонала эксплуатационных организаций.

При разработке использованы материалы исследований СибНИИЭ, ОРГРЭС, УзНИИЭиА, ВНИОФИ и других отечественных и зарубежных исследовательских и эксплуатационных организаций.

Разработаны СибНИИЭ (А.Г.Овсянников, Р.С. Арбузов).

Замечания и предложения отправлять в Департамент научно-технический центр ОАО ФСК ЕЭС (117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5-а).

## 2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Настоящие Методические Указания (в дальнейшем Указания) распространяются на мероприятия по дистанционному профилактическому контролю всех видов внешней изоляции ВЛ и РУ классов напряжения 35...1150 кВ переменного тока с помощью электронно-оптических дефектоскопов серий «Филин» и «Коршун».

2.2. Допускается использование Указаний при контроле изоляции РУ и контактных сетей электрифицированных железных дорог с напряжением 27 кВ переменного тока.

2.3. Допускается использование Указаний с применением других приемников оптического излучения, обладающих основными характеристиками (чувствительность, дальность, спектральный диапазон) не хуже, чем у дефектоскопов указанных типов.

2.4. С целью расширения опыта применения и совершенствования вводимого метода контроля допускается его использование в других, не оговоренных в Методических Указаниях случаях, дополнительно с мероприятиями, регламентированными для контролируемого оборудования.

### 3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1. Существующей системой профилактического контроля внешней изоляции предполагаются периодические испытания повышенным напряжением, измерения сопротивления, контроль распределения напряжения по многоэлементным конструкциям, визуальный осмотр. Трудоемкость, повышенная опасность и необходимость для ряда методов отключения оборудования от напряжения обуславливают недостаточную эффективность указанных методов. Для некоторых видов изоляции (опорная стержневая, полимерная) или видов дефектов ВЛ (обнаружение мест перекрытия, повреждения проводов, арматуры и др.) методы контроля, кроме визуального осмотра конструкций, не регламентируются. Поэтому развитие дистанционных бесконтактных методов профилактического контроля актуально.

3.2. Для большинства видов высоковольтного энергетического оборудования отсутствие короны на металлических элементах и поверхностных частичных разрядов (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.

3.5. 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.

3.6. 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).

3.7. Накопленный в РАО «ЕЭС России» опыт разработки аппаратуры и ме-

тодик контроля оборудования обобщается в настоящих Указаниях. Из зарубежных аналогов можно отметить рекомендации американского института *EPRI*.

## 4. ЭЛЕКТРОНО-ОПТИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТОСКОПЫ

Конструкция и описание приборов типа «Филин» и «Коршун» приведены в приложении 2.

### 4.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭОД

Основные характеристики ЭОД приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Характеристика	Филин-3	Филин-5	Коршун	Филин-6	Прим
1	Чувствительность к заряду ПЧР, нКл	5	1	1	1	1
2	Пороговая освещенность на фотокатоде, мкЛк	1	1	1	до 0,1	2
3	Коэффициент усиления яркости света ЭОП	30000	30000	20000	20000	
4	Дальность до объекта, м	5-50	5-50	5-50	4-50	3
5	Спектральный диапазон, нм:					
	-без светофильтра	380-800	240-800	240-800	240-800	
	-со светофильтром	380-500	240-400	240-400	300-400	
	-с диспергирующим фильтром				360-560, 600-800	
6	Пространственное разрешение в изображении на экране, мм <sup>-1</sup>			34	34	
7	Разрешающая способность в поле объекта, см	1x1	1x1	1x1	1x1	1
8	Фокусное расстояние входного объектива, мм	200	130	130	108	
9	Светосила входного объектива	1:4.5	1:3	1:3	1:2	3
10	Наличие режима стробирования	+	-	-	+	
11	Наличие блока обработки выходного оптического сигнала	-	+	-	-	4
12	Напряжение питания, В, не более	9	6	3	3	
13	Потребляемый ток, мА, не более:					
	-в постоянном режиме	30	30-80	30	30	
	-в режиме стробирования 50 Гц				40	
	-в режиме стробирования 100 Гц				50	
14	Масса дефектоскопа, кг, не более	2,5	2,5	1,5	2	

Примечания. 1. При расстоянии до объекта 20 м и основных объективах, входящих в комплект поставки ЭОД. Частота повторения ПЧР или КР не менее 50 Гц (по одному в периоде). 2 . В режиме без светофильтра. 3. При использовании объективов, входящих в комплект поставки ЭОД. При замене основных объективов на более длиннофокусные объективы можно работать при больших расстояниях. Установкой переходных колец между объективом и корпусом ЭОД ближнюю границу можно сместить в сторону меньших расстояний. 4. Обработка информации с любого носителя (фото- или видеозапись, цифровой снимок) осуществляется с помощью специального программного обеспечения «Kornic».

#### 4.2. АНАЛОГИ ДЕФЕКТОСКОПОВ «Филин»

Полными аналогами дефектоскопа «Филин –б» являются приборы “*CoronaScope*” (производитель – *Forsyth Electro-Optics, Inc.*, США) и “*CoroCam II*” (производитель – ЮАР, поставщик – французская фирма *SYNERGYS TECHNOLOGIES*, российская фирма «ПЕРГАМ»). Наиболее совершенными являются ультрафиолетовые камеры дневного функционирования «*DayCor II™*» (производитель – Израиль, поставщик – *OFIL, Ltd*).

В России конверсионными предприятиями освоен выпуск большого количества приборов ночного видения. Однако лишь малую часть из этих приборов можно использовать вместо дефектоскопов указанных типов. При решении вопроса о замене специализированного дефектоскопа на прибор ночного видения необходимо сопоставить его основные характеристики с указанными: прежде всего по чувствительности или коэффициенту усиления, дальности, спектральному диапазону. Можно ориентироваться также на тип ЭОП, используемый в приборе. Предпочтительными являются ЭОП типов: ЭП-10, ЭП-16, ЭПВ-22Г. Предпочтительные типы приборов ночного видения: 1ПН63 (очки), 1ПН51, "Байгыш". Следует помнить, что даже эти, наиболее совершенные модели приборов ночного видения, не имеют светофильтров, режимов стробирования, реперного источника светового сигнала. Поэтому для их применения требуется большой опыт визуальной оценки интенсивности ПЧР и отстройки от фоновых бликов.

## 5. МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПОДВЕСНОЙ ФАРФОРОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

### 5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1.1. Методика распространяется на контроль гирлянд фарфоровых изоляторов, используемых в качестве изолирующих подвесок проводов ВЛ и шин РУ класса напряжения 35...330 кВ.

5.1.2. Методика основана на зависимости силы света поверхностных частичных разрядов (ПЧР) на изоляторе от величины напряжения, приложенного к нему. При напряжении выше порогового значения, соответствующего возникновению разрядов, сила света пропорциональна пятой степени от величины напряжения. Поэтому небольшие перераспределения напряжения вдоль гирлянды, связанные с наличием нулевых изоляторов, приводят к резкому увеличению силы света ПЧР или к их возникновению.

5.1.3. Сроки проведения контроля определяются лицом, ответственным за эксплуатацию контролируемого оборудования на основе настоящих норм с учетом местных условий и состояния оборудования, а также с учетом ограничений на климатические условия контроля (положительные температуры).

5.1.4. Заключение о пригодности контролируемой изоляции к дальнейшей эксплуатации дается не только на основании сравнения результатов испытания с нормами, но и по совокупности всех проведенных испытаний и осмотров, если таковые имели место.

### 5.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

#### 5.2.1. Подготовка к работе.

##### *Организационные мероприятия*

а) Получить и изучить информацию об особенностях местности, контролируемого участка, наметить схему движения, в случае тяжелых условий передвижения произвести осмотр маршрута в светлое время суток.

б) Произвести анализ информации о показаниях приборов, фиксирующих места перекрытия на подстанциях, между которыми расположен контролируемый участок ВЛ и другую информацию об особенностях эксплуатации ВЛ в предшест-

вующее время.

в) В журнал контроля изоляции занести номера опор контролируемого участка ВЛ.

г) При контроле подвесной изоляции РУ составить план размещения оборудования и контролируемой изоляции, поставить в известность дежурный персонал о возможной необходимости выключения (на время контроля) освещения территории РУ.

д) Выполнить организационные мероприятия в соответствии с ПОТ РМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. и РД 34.20.501-95.

1. Работы по ОК внешней изоляции ПС должны выполняться согласно основным требованиям ПОТ РМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00 по наряду или распоряжению.

2. **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** проведение контроля внешней изоляции:

- Ø при приближении грозы и в период грозовой деятельности;
- Ø пребывание на ОРУ и в помещениях ПС с действующим электрооборудованием лиц, незащищенными касками. Исключения составляют щиты управления, помещения, в которых размещены устройства релейной защиты и им подобные;
- Ø приближение к токоведущим частям ближе, чем на расстояние, указанное в РД 153-34.0-03.150-00;
- Ø касание опорной изоляции руками;
- Ø нахождение на ОРУ без сопровождающего персонала.

3. Специфика проведения оптического контроля внешней изоляции такова, что работа производится при малой освещенности в ночное время суток, и по этому, для безопасного передвижения, каждый член бригады должен иметь при себе индивидуальный переносной осветительный прибор.

4. На ПС при обходах и следовании к рабочим местам персонал должен передвигаться по разработанным для этой цели маршрутам. При проведении работ место регистрации дефектов нужно выбирать с наименьшей напряженностью поля (возле опор, в теле опоры, под биологической защитой и т.д.)

5. При нахождении на ОРУ необходимо помнить, что возможно переключе-

ние коммутационной аппаратуры без предупреждения по громкой связи. Поэтому необходимо сократить до минимума время пребывания в непосредственной близости от выключателей, а при получении предупреждения покинуть место проведения переключения.

### *Технические мероприятия*

а) Комплектация. В обязательный комплект входят: собственно дефектоскоп с транспортировочным чемоданом, карманные фонари, запасные батареи для дефектоскопа и фонарей, журнал регистрации результатов контроля. Для обеспечения дополнительных возможностей, облегчения работы оператора и повышения качества контроля желательно иметь в комплекте следующие устройства:

- Ø комбинированный метеоприбор (термометр, гигрометр, барометр);
- Ø бинокль;
- Ø фотоприставку или видеокамеру с устройством присоединения (адаптером);
- Ø штатив;
- Ø светофильтр или набор светофильтров с полосой пропускания в коротковолновой ультрафиолетовой части спектра излучения (например, оптические стекла УФС), предназначенные для повышения контрастности изображения разрядных процессов на контролируемой изоляции в условиях повышенной фоновой освещенности;
- Ø телеобъектив с большим фокусным расстоянием (Таир-3 ФС, МТО-300, МТО-500, МТО-1000) для проведения контроля изоляции ВЛ на высоких опорах (более 30 метров) или с больших расстояний (50...200 метров), где по условиям местности затруднен подход ближе (только для «Филина-5» и более ранних моделей);
- Ø диктофон (лучше цифровой) для записи результатов контроля и пояснений к ним.

б) Тренировка дефектоскопа. После длительного перерыва в работе (3 и более месяца) рекомендуется произвести тренировку дефектоскопа для снижения уровня сцинтилляции (точечных вспышек) на его экране и увеличения, таким образом, отношения «сигнал-шум». Для этого необходимо плотно закрыть входной

объектив ЭОДа и включить прибор на 15...20 часов.

в) Обеспечение питания. Убедиться в достаточном ресурсе батареи питания.

#### 5.2.2. Проведение контроля

а) Все действия с дефектоскопом регламентируются "Руководством по эксплуатации дефектоскопа".

б) Контроль изоляции производится в темное время при положительной температуре окружающего воздуха, желательно, при повышенной влажности воздуха.

в) В зависимости от расположения контролируемых объектов осмотр производить с расстояния 5...50 метров. Выбирать минимальные (исходя из требований правил охраны труда, удобства размещения и влияния посторонних источников света) расстояния для обеспечения максимальной чувствительности регистрации поверхностных частичных разрядов (ПЧР) на контролируемых изоляторах.

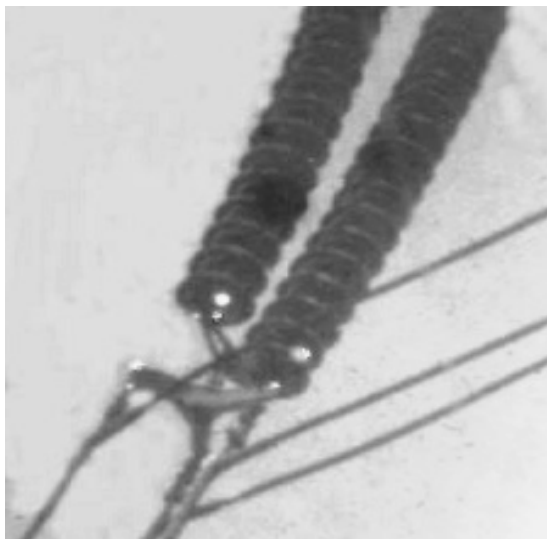
г) Выбрав точку осмотра, навести дефектоскоп на объект, и включить питание. Регулируя шкалу расстояний, добиться резкого изображения контролируемой гирлянды. Осмотр гирлянд каждой фазы производить поэлементно, обращая особое внимание на нижнюю поверхность тарелки ближнего к проводу изолятора.

д)\* При обнаружении ПЧР на ближних к проводу изоляторах (см. рис. 5.1) производить определение силы света одним или несколькими указанными ниже способами: визуально, снижением порога чувствительности, сравнением силы света ПЧР и порогового источника света.

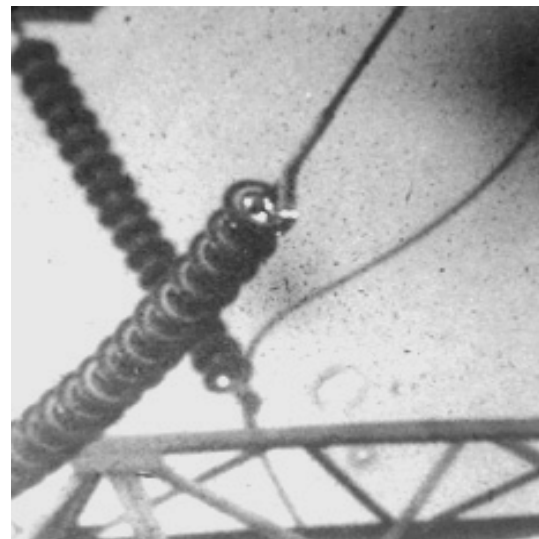
е) При отсутствии на изоляторах ПЧР сменить точку наблюдения (желательно на 180°), т.к. ПЧР могут быть с противоположной стороны изоляторов или заслоняться пестиками изоляторов, соседними изоляторами, проводами или лодочками. При наличии короны на скобах, лодочках, или проводе вблизи места его крепления к гирлянде нужно убедиться, меняя точку наблюдения, что корона не заслоняет ПЧР на изоляторах гирлянды.

---

Примечание: \* действия по п.п.5.2.2, д,з определены применительно к дефектоскопу «Филин-3», п.п. 5.2.2, д – «Филин-3» и «Филин-6».



а



б

Рис. 5.1. Эпограммы свечения ПЧР на изоляторах в сухую погоду:  
а – подвесная изоляция ОРУ 500 кВ; б - ОРУ 220 кВ

Целесообразно пользоваться тремя градациями визуальной оценки силы света ПЧР:

- Ø "низкая" (или отсутствует) – соответствует нормальному состоянию изоляции;
- Ø "средняя" – соответствует наличию количества нулевых изоляторов в гирлянде, незначительно снижающего ее надежность и не требующего срочного ремонта;
- Ø "высокая" – соответствует предаварийному состоянию гирлянды.

В протокол качественная оценка силы света ПЧР заносится, например, в виде цифр 1,2,3, соответствующих указанным градациям.

Оценку силы света ПЧР можно производить путем снижения порога чувствительности прибора до исчезновения изображения ПЧР на экране. Порог чувствительности можно регулировать двумя способами: изменением диафрагмы входного объектива или изменением усиления ручкой "Усил." на панели прибора. Значение диафрагмы и положение ручки "Усил.", при которых ПЧР перестали регистрироваться на экране, записать в протокол.

Оценку силы света ПЧР путем сравнения с силой света опорного источника света необходимо производить при оптимальном для наблюдателя усилении, вращая ручку "Репер" так, чтобы яркость опорного источника света сравнялась с ярко-

стью ПЧР. Положение ручки "Усил." и ручки "Репер", диафрагмы записываются в протокол.

ж) При наличии на изоляторах бликов от естественных или искусственных источников света использовать следующие приемы выделения ПЧР на фоне помех (бликов):

- ∅ производить регистрацию в стробирующем режиме работы прибора (переключатель режима работы в положении "Имп."), при этом яркость изображения ПЧР на экране пульсирует в соответствии с разностью частот импульсов питания дефектоскопа и повторения ПЧР, а яркость бликов остается неизменной во времени;
- ∅ регистрировать ПЧР со сменой мест наблюдения: при перемещении оператора изображения бликов "перемещаются" относительно изображения изоляторов, а изображение ПЧР не изменяет своего места расположения на изображении изолятора;
- ∅ использовать при регистрации светофильтры УФС, СС, СЗС: при этом яркость бликов снижается, а яркость ПЧР остается почти неизменной.

з) Наличие нулевых изоляторов определяют после проведения контроля представительной выборки (не менее 20 гирлянд изоляторов) и определения среднего уровня силы света ПЧР,  $I_{CP}$ , при данных внешних условиях (температура, относительная влажность, давление воздуха, наличие или отсутствие осадков). В дальнейшем, контролируемым параметром является превышение света ПЧР,  $I$ , у каждой конкретной гирлянды над средним уровнем  $I_{CP}$  или их отношение.

При измерении силы света путем изменения диафрагмы, пользоваться соотношением:

$$\frac{I}{I_{CP}} = \left| \frac{D}{D_{CP}} \right|^2 \quad (1)$$

где  $D$  – значение диафрагмы, при котором изображение ПЧР на контролируемой гирлянде уже не наблюдается;  $D_{CP}$  – то же, для усредненного значения силы света ПЧР при данных внешних условиях.

При измерении силы света ПЧР регулировкой "Усиление" пользоваться выражением:

$$\frac{I}{I_{\text{CP}}} = \frac{L}{L_{\text{CP}}} \quad (2)$$

где  $L$  – угловое положение ручки "Усиление", при котором ПЧР на контролируемом объекте перестают быть видны;  $L_{\text{CP}}$  – то же, для усредненного значения силы света ПЧР при данных внешних условиях.

При оценке силы света с использованием реперного сигнала использовать выражение:

$$\frac{I}{I_{\text{CP}}} = \frac{\beta}{\beta_{\text{CP}}} \quad (3)$$

где  $\beta$  и  $\beta_{\text{CP}}$  – угловые положения ручки "Репер", при котором сравниваются яркости реперной точки и изображения ПЧР на контролируемой гирлянде.

и) При выпадении росы или наличии осадков напряжение возникновения ПЧР резко снижается, в результате чего разряды могут наблюдаться на нескольких или на всех (в зависимости от степени загрязнения и распределения напряжения, обусловленного токами утечки), изоляторах гирлянды (рис. 5.2,а). Существенно (в 10 и более раз), увеличивается средний уровень света ПЧР. В этих условиях регистрация ПЧР облегчается и связь силы света с количеством нулевых изоляторов усиливается. Однако, конкретные соотношения  $I/I_{\text{CP}}$  для различных комбинаций числа и мест расположения нулевых изоляторов в гирлянде зависит от степени загрязнения и интенсивности осадков. Поэтому для каждой зоны загрязнения данной ВЛ необходимо производить раздельное сравнение силы света ПЧР.

к) При удельной проводимости изоляторов свыше 10 мкСм на всех изоляторах гирлянд ВЛ 35, 110, 220 кВ должны наблюдаться ПЧР при осадках в виде морозящего дождя или мокрого снега или при наличии тумана, обильной росы, жидкого налета (рис.5.2). В этих условиях нулевые изоляторы выявляют по отсутствию ПЧР на них. Эпограмма ПЧР при аварийном состоянии гирлянды приведена на рис. 5.2,б (6 нулей из 14 изоляторов).

л) При использовании дефектоскопа «Филин-5» работать в режиме измерения "А" (амплитуда). Величину силы света ПЧР оценивать по цифровому индикатору. Во влажную погоду возможен режим отделения ПЧР от короны путем перехода в режим измерения "Д" (длительность). При этом длительность коронных разрядов в полупериоде не будет превышать 0,1...0,3 мс. Длительность ПЧР может значительно превышать эти значения.

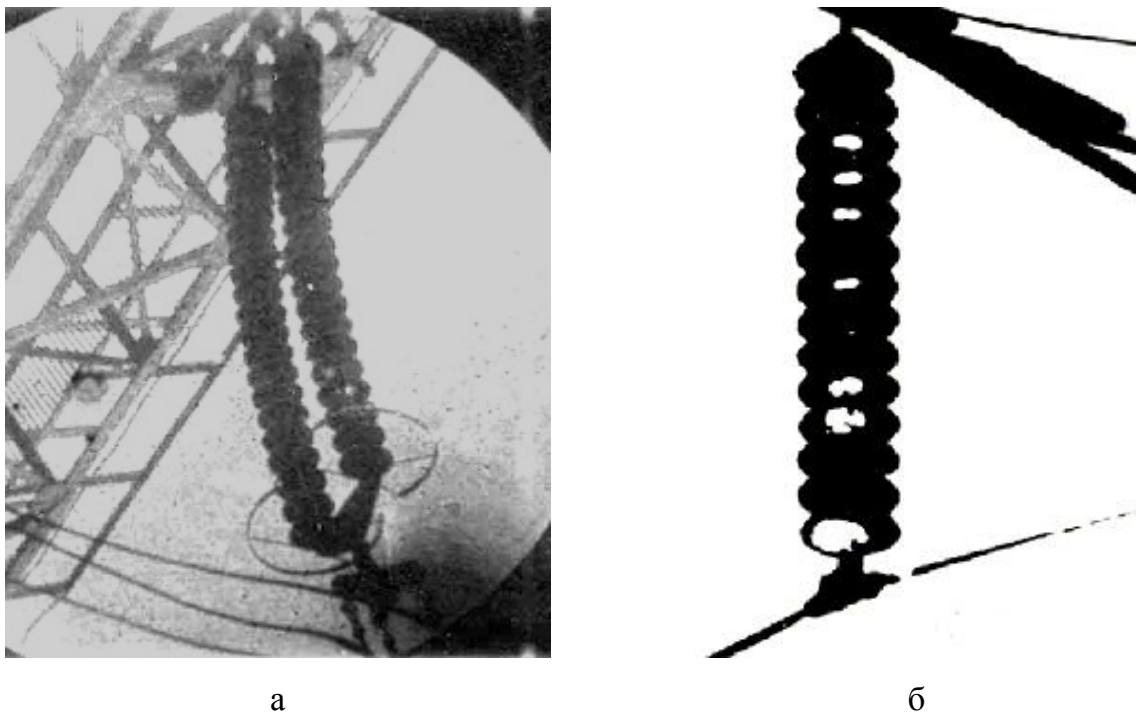


Рис. 5.2. Эпограммы свечения ПЧР на изоляторах при увлажнении туманом:  
а – подвесная изоляция ОРУ 500 кВ; б - ВЛ 220 кВ

м) При использовании дефектоскопов «Коршун» и «Филин-б» все изображения ПЧР, записанные на видеокамеру, фотоаппаратом или цифровой камерой подвергаются камеральной обработке. С помощью специальных устройств они переводятся в цифровой формат и далее обрабатываются с помощью программного обеспечения. Конечный результат обработки – предполагаемое число нулевых изоляторов в гирлянде.

### 5.3. НОРМЫ КОНТРОЛЯ

Для дефектоскопов «Филин-3, 5» установление факта наличия «нулевых» изоляторов в гирляндах ВЛ 35, 110 и 220 кВ, их число и вероятное место расположения определяют по таблицам П 3.1...П 3.3 Приложения 3. В таблицах отражена связь между величинами  $I/I_{CP}$  (измеряемый параметр) с относительным перераспределением напряжения в гирлянде (параметр  $U/U_{CP}$ ) и наличием, числом и местом расположения нулевых изоляторов.

Приведенные в таблицах нормируемые значения относятся к гирляндам нормального исполнения: 3 изолятора в гирлянде ВЛ 35 кВ; 7 шт. – в ВЛ 110 кВ; 13 шт. – в ВЛ 220 кВ при наличии в них одного, от одного до двух, от одного до че-

тырех нулевых изоляторов соответственно. Для усиленной изоляции значения  $I/I_{\text{СР}}$  при прочих равных условиях меньше, чем приведенные в таблице, для ослабленной изоляции – больше.

Для дефектоскопов серии «Коршун» и «Филин-б» количество «нулевых» изоляторов в гирляндах ВЛ 35...1150 кВ, их число и вероятное место расположения можно определить с помощью программного обеспечения.

#### 5.4. ПОГРЕШНОСТИ КОНТРОЛЯ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

5.4.1. Приведенные нормы регламентируют среднее значение силы света ПЧР, которая является случайной величиной. При правильном выполнении Методических Указаний реализуются значения вероятностей обнаружения, пропуска и ложной отбраковки, приведенные в табл. ПЗ.4 Приложения 3.

5.4.2. В случае локальных загрязнений изоляторов веществами с высокой проводимостью (краска с алюминиевой пудрой и др.) при большой относительной влажности воздуха возможны большие интенсивности ПЧР вблизи этих пятен. Такие загрязнения на изоляторах легко выявляются при дневном осмотре с помощью бинокля.

5.4.3. Возможно усиление силы света ПЧР на дефектных изоляторах с трещинами в цементной заделке пестика. В этом случае очаг ПЧР локализуется вблизи пестика и не перемещается по поверхности изолятора. Крупные трещины различимы в дневное время с помощью бинокля. При обнаружении подобных дефектов, изоляторы необходимо заменить, как потерявшие запас механической прочности, хотя их изолирующая способность может оказаться в пределах нормы.

## 6. МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ПОИСКА ДЕФЕКТОВ СТЕКЛЯННОЙ ПОДВЕСНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

### 6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1.1. Основной задачей методики 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.

6.1.2. Физическая сущность настоящей методики контроля основана на зависимости спектрального состава, яркости и длительности излучения ПЧР от величины тока утечки по поверхности изоляции. Для выявления и идентификации дефектов привлекаются также общие сведения о пространственно – временной картине ПЧР.

6.1.3. Полностью повторяет аналогичный пункт «Методики контроля фарфоровой подвесной изоляции» (п.п. 5.1.3).

6.1.4. Повторяет п.п. 5.1.4.

### 6.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

6.2.1. Повторяет п.п. 5.2.1.

6.2.2, а-е. Повторяет п.п.. 5.2.2, а-е.

ж) При наличии на изоляторах бликов от сторонних источников света необходимо регистрировать ПЧР со сменой мест наблюдения: при перемещении оператора изображения бликов "перемещаются" относительно изоляторов, а изображение ПЧР не изменяет места расположения.

з) Степень загрязнения поверхности изоляторов при работе с дефектоскопом «Филин-5» определяется следующим образом. Действия оператора направлены на измерение длительности импульсов излучения ПЧР при регулировке чувствительности по амплитуде с подгонкой на показание цифрового индикатора 2,5 и выше.

Далее по длительности оптического излучения определяется величина амплитуды тока утечки:

$$\ln I = 0,1 + 0,34 T_{\text{ПЧР}} \quad (\text{при } I > 2 \text{ мА}) \quad (4)$$

где  $T_{ПЧР}$  - измеренная длительность излучения ПЧР в миллисекундах (0,1...9,9 мс).

Примечание. Зависимость (4) получена при условии устойчивого горения ПЧР в виде микродужек, а также в условиях полного, до насыщения, увлажнения слоя загрязнения. Это условие реализуется только при плотных туманах или обильном выпадении росы. Поэтому наиболее достоверные оценки степени загрязнения по величинам тока утечки, которые определяются по результатам измерения длительности ПЧР, возможны только при указанных выше метеоусловиях: туман, роса. Наиболее обильная роса выпадает в первую ночь после дождя, при понижении температуры ниже точки росы.

и) При работе с дефектоскопами «Филин-3», «Коршун» и «Филин-б» оценку степени загрязнения производят с помощью спектродиспергирующего фильтра, устанавливаемого перед входным объективом. При этом на экране получают два изображения ПЧР (рис.6.1), соответствующее «синей» (слева) и «красной» (справа) областям спектра излучения.



Рис.6.1. Изображение поверхностного частичного разряда на загрязненной и увлажненной поверхности при использовании фильтра – спектродиспергатора

Далее изображения записывают, оцифровывают и определяют интенсивности излучения ПЧР в двух участках спектра количественно. Степень загрязнения поверхности определяют из отношения:

$$\chi = 20,8 \cdot \left[ \left( \frac{2 \cdot I_{\text{КР}}}{I_{\text{КР}} + I_{\text{СИН}}} \right) - 1 \right], \quad (5)$$

где,  $I_{\text{КР}}$  и  $I_{\text{СИН}}$  - интенсивность излучения разрядов в красной и синей областях спектра, соответственно.

к) Выявление дефектов стеклянных изоляторов. Трещины в цементной заделке стержня определяются 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.

л) Выявление мест перекрытия. На гирляндах, где было перекрытие, наблюдаются ПЧР на верхней стороне верхнего изолятора (они плохо, но видны сквозь

стеклодеталь) и нижней стороне тарелки ближнего к проводу изолятора, т.е. в местах, где дуга прижималась к указанным изоляторам. В местах перекрытия бывают также заметны очаги интенсивной короны на лодочке и проводе, где дуга вызвала ожоги их поверхности.

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

## 7. МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

### 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

7.1.1. Основной задачей контроля полимерных изоляторов является своевременное обнаружение треков и эрозии.

7.1.2. Физическая сущность настоящей методики контроля 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 отказ изолятора неизбежен, причем отрезок времени от момента их образования до пробоя изолятора невелик.

7.1.3. Повторяет п.п. 5.1.3.

7.1.4. Повторяет п.п. 5.1.4.

### 7.2.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

7.2.1. Повторяет п.п. п.5.2.1.

7.2.2. Проведение контроля:

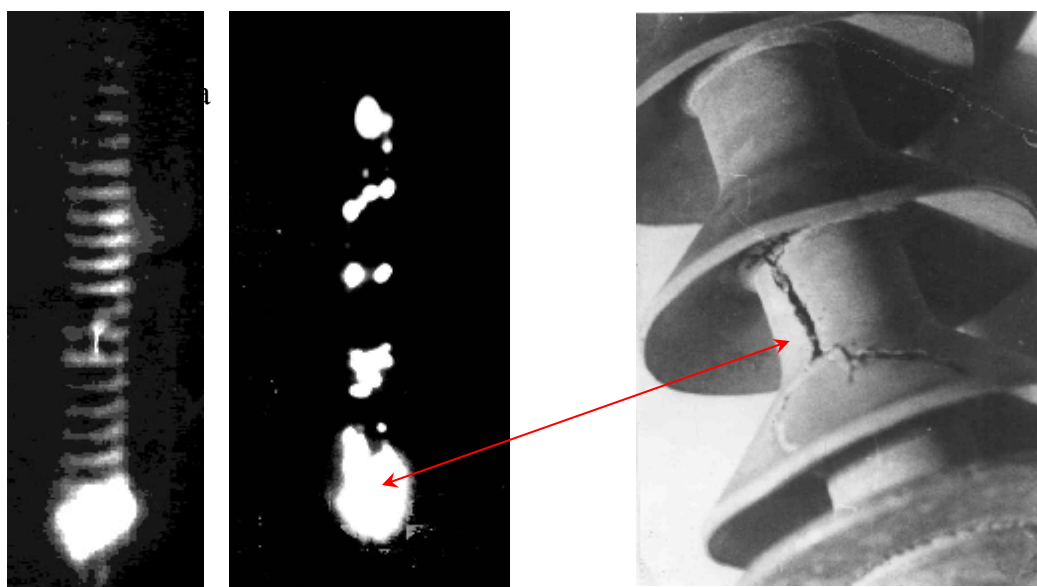
а) Контроль полимерных изоляторов следует производить при относительной влажности воздуха более 80 %, положительных температурах и, желательно, при наличии осадков.

б) При обнаружении ПЧР оценить их характер. Перемещающиеся по поверхности ребер изолятора ПЧР являются следствием загрязненности поверхности. Степень загрязнения можно определить аналогично тому, как было рекомендовано для стеклянной изоляции (п.п. 6.2.2, з,и)

в) При обнаружении неподвижного очага ПЧР (рис.7.1) измерить яркость и длительность излучения. Для разрядов, имеющих своей «опорной точкой» трек, характерны максимальные значения силы света и длительности (до 9,9 мс) ПЧР. Если такие характеристики ПЧР установлены, то следует предельно тщательно с использованием бинокля или подзорной трубы с наибольшей увеличительной способностью (до 24 крат) произвести визуальный осмотр данного изолятора днем.

г) Более распространенным видом разрядных процессов на полимерных ли-

нейных изоляторах является корона на экранах оконцевателей. В этом случае в задачи контроля входит обнаружение наиболее сильно коронирующих экранов, что обычно связано с коррозией или неправильным монтажом. Следует также иметь в виду, что интенсивное коронирование экранов или оконцевателей способствует загрязнению поверхности изоляторов со всеми вытекающими последствиями.



б

*Рис.7.1.* Фрагменты испытаний полимерного изолятора ЛК 70/110 в камере соленого тумана: а – свечение ПЧР; б - эрозия и трек

## 8. МЕТОДИКА ЛОКАЦИИ КОРОНИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЛ И РУ И ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРОНЫ

### 8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

8.1.1. 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.

8.1.2. Как уже говорилось выше, в ряде случаев появление или увеличение интенсивности короны на потенциальных элементах ВЛ и РУ может быть следствием неисправностей или дефектов, появившихся во время монтажа или эксплуатации оборудования. Следует отметить, что, хотя поиск коронирующих мест является самой простой функцией дефектоскопов, выявление причин короны требует пояснений, а иногда и определенного опыта.

8.1.3. Повторяет п.п. 5.1.3.

8.1.4. Повторяет п.п. 5.1.4.

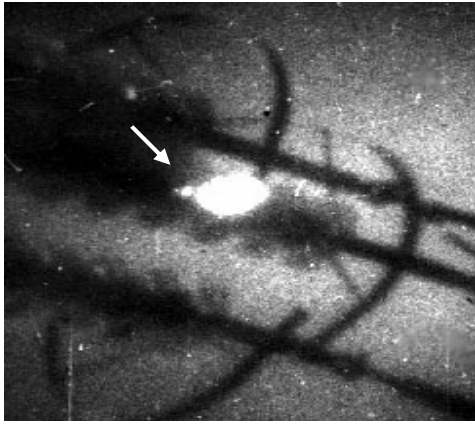
### 8.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

8.2.1. Повторяет п.п. 5.2.1.

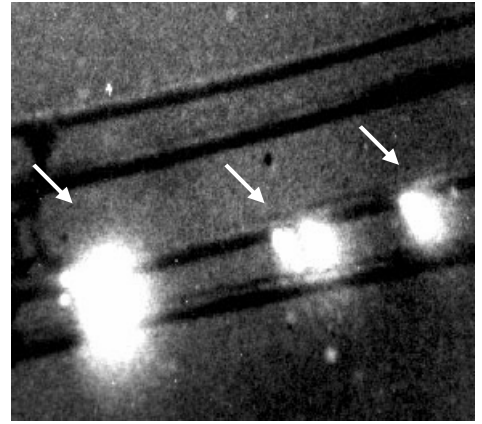
8.2.2. Проведение контроля:

*а) Поиск очагов короны - источников радиопомех:* Как известно, частотный спектр электромагнитного излучения короны простирается от сотен герц до десятков мегагерц. Интенсивная корона является причиной не только потерь энергии, но и значительных радиопомех. Источниками короны могут быть:

- ∅ неправильно смонтированная или деформированная в процессе эксплуатации арматура и экраны (рис.8.1), составляющие расщепленных проводов ВЛ 330...1150 кВ или шин ОРУ;
- ∅ перемежающиеся пробой искровых промежутков тросовых гирлянд ВЛ;
- ∅ заниженное сечение проводников, чаще на спусках к оборудованию в РУ (рис. 8.2,а) и в шлейфах опор ВЛ, дефекты конструкции (рис. 8.2,б);
- ∅ набросы (птицами) проволок на провода, шины и гирлянды изоляторов (рис.8.3);
- ∅ провода с поврежденными во время монтажа или транспортировки верхними слоями (повивом) или «фонарями» (рис.8.4).

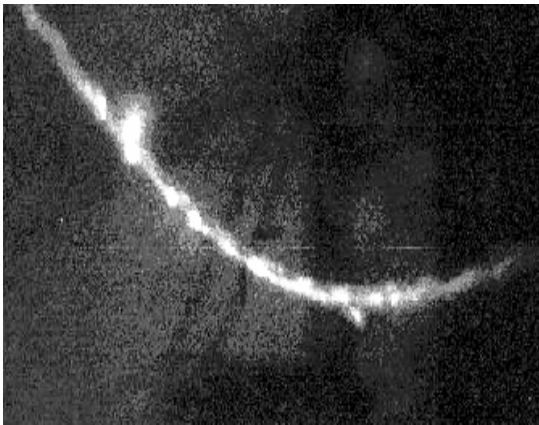


а

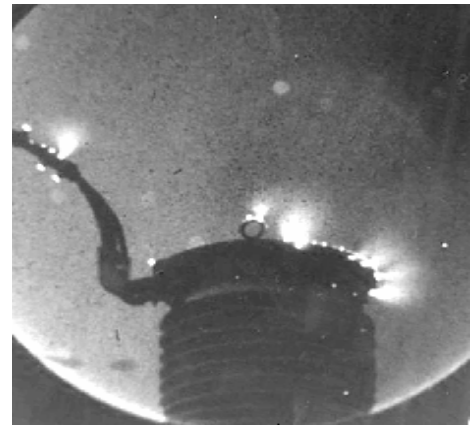


б

Рис. 8.1. Примеры дефектов ВЛ, создающих недопустимый уровень радиопомех: а - смещение экрана приводит к искровому пробую на 4-й от провода изолятор гирлянды; б – ослабленный кулачок распорки и нарушение повива провода

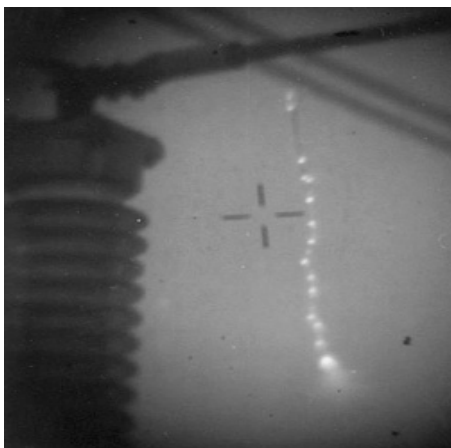


а

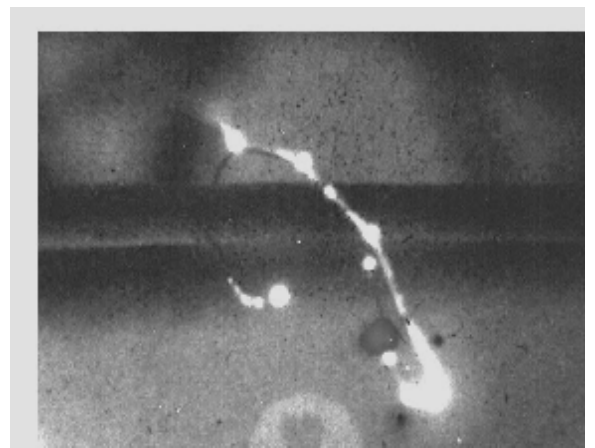


б

Рис. 8.2. Примеры коронирующих дефектов оборудования ОРУ: а – заниженное сечения шлейфа в ячейке ТН; б – дефекты конструкции конденсатора связи (острые кромки фланца, заниженное сечение шлейфа и монтажный рым – болт) приводят к интенсивной короне

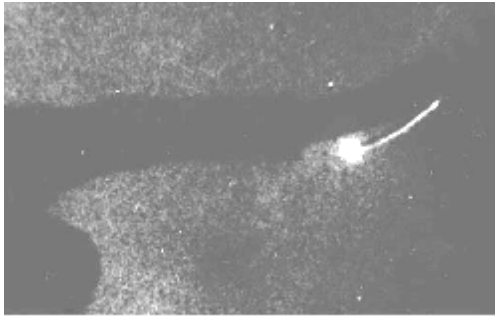


а



б

Рис. 8.3. Примеры коронирующих набросов проволоки



а



б

Рис. 8.4. Примеры коронирующих шин: а– повреждение повива шины 220 кВ вблизи аппаратного зажима; б – коррозия шины 220 кВ

б) *Выявление мест перекрытия на ВЛ.* Перекрытия по гирлянде, с провода на опору, с шлейфа на опору или с провода на дерево, что бывает чаще, 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, подобно изображенной на рис. 8.2,а. Чаще всего корона наблюдается на оплавленной стороне (или составляющей) провода, благодаря чему можно определить направление перекрытия: опора, земля, трос.

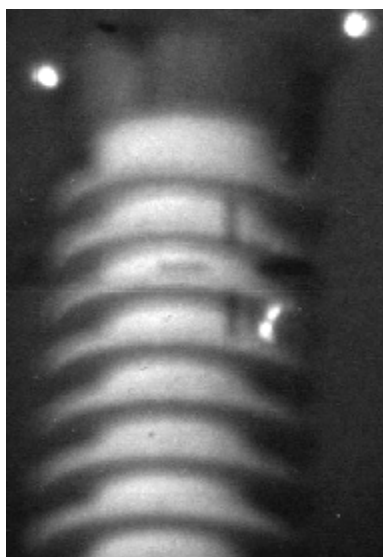
## 9. МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ОПОРНОЙ ФАРФОРОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

### 9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

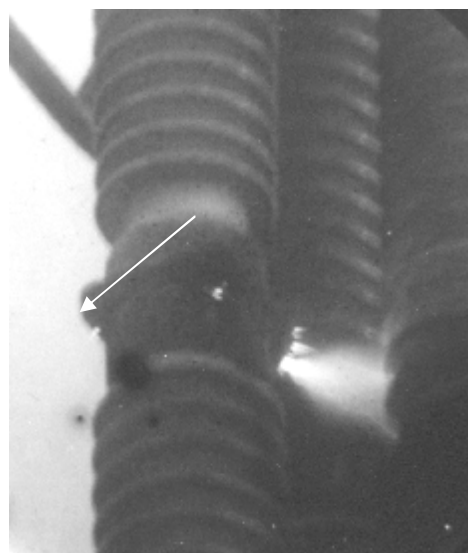
9.1.1. Настоящая методика распространяется на опорные фарфоровые изоляционные конструкции класса напряжения 110...500 кВ. Задачей контроля по данной методике является обнаружение микротрещин фарфора и, тем самым, предотвращение разрушений конструкции, а также в некоторых случаях внутренних дефектов опорных изоляторов.

9.1.2. Физическая сущность методики контроля основана на регистрации разрядных процессов, возникающих в следующих случаях:

- Ø В сухую погоду разряды видны в самой микротрещине (рис. 9.1,а).
- Ø При высокой влажности или осадках разряды горят на поверхности изоляции вблизи микротрещины.
- Ø Наблюдается мощная корона на нижних фланцах верхних дефектных изоляторов в колонке изоляторов (рис. 9.1,б) разъединителей или шинных опор с классом напряжения 220 кВ и выше.



а



б

*Рис.9.1.* Эпограммы разрядных процессов при дефектах опорных стержневых изоляторов: а – трещина опорного изолятора шинной опоры 220 кВ; б – корона на нижнем фланце верхнего изолятора разъединителя 500 кВ возникает из-за выноса потенциала

В первом и во втором случаях разрядные процессы возникают вследствие

усиления напряженности электрического поля внутри трещины или на ее концах, когда трещина заполняется атмосферной влагой. Методика в первом и втором случае, по своей физической сущности, имеет два значительных ограничения:

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

В третьем случае в зависимости от класса напряжения и конструкции оборудования вспышки короны приводят к искровым разрядам на близлежащий фланец соседней колонки. Снижение изолирующей способности изоляторов и вынос повышенного потенциала на нижний фланец происходит вследствие ухудшения электрических свойств фарфора. Как правило, это связано с нарушениями технологии при изготовлении изоляторов на заводе: водонаполненный или непропеченный фарфор. Бывает увлажнение фарфора через открытые вертикальные трещины. В ряде случаев такие дефекты можно обнаружить и тепловизионным способом контроля по нагреву дефектного изолятора.

9.1.3. Повторяет п.п. 5.1.3.

9.1.4. Повторяет п.п. 5.1.4.

Дополнительные функции дефектоскопа, такие как определение степени загрязнения поверхности опорной изоляции находятся в стадии исследования.

## 9.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

9.2.1. Повторяет п.п. 5.2.1.

9.2.2. Проведение контроля

а) В сухую погоду (влажность меньше 80 %) производить поиск слабосветящихся разрядных процессов в самих трещинах (рис.9.1,а). Осмотр конструкции производить, как минимум, с трех, лучше с четырех сторон и с минимального расстояния.

**ВНИМАНИЕ!** Опорные конструкции из фарфора в условиях ОРУ, где всегда есть фоновые подсветки, имеют множество бликов. Помимо указанных выше спо-

собов отстройки от бликов в данном случае обязательно наличие светофильтра на входном объективе дефектоскопа.

При обнаружении микротрещин по слабосветящимся разрядным процессам следует убедиться в короткой длительности их горения (показания цифрового индикатора дефектоскопа "Филин-5" в режиме работы "Длительность" должны быть порядка 0,1 мс).

б) Во влажную погоду и при наличии осадков признаком микротрещин являются неподвижные очаги ПЧР. Следует отметить, что обнаружить их крайне не просто, так как количество бликов (от капель воды) на изоляции возрастает. Кроме того, возможны ПЧР вследствие загрязнения поверхности, однако, они, как правило, перемещаются по поверхности.

в) При обнаружении трещин дефектоскопом желательно убедиться в правильности результатов контроля дневным осмотром с помощью бинокля или подзорной трубы.

г) Производить поиск очагов короны на нижних металлических фланцах опорных изоляторов (рис.9.1,б).

д) Производить поиск развитых трещин в армировочных швах по разрядным процессам в них.

## ТЕРМИНОЛОГИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМАЯ В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ

*Поверхностные частичные разряды* – разряды на поверхности изоляционных конструкций.

*Электронно-оптический преобразователь (усилитель яркости света)* – электровакуумный прибор, производящий двойное преобразование "входное световое изображение - электронный поток – выходное световое изображение" с усилением яркости и изменением спектра излучения последнего.

*Электронно-оптический дефектоскоп* – портативный регистратор оптического излучения, содержащий электронно-оптический преобразователь, входной объектив, выходной окуляр, источники питания и другие элементы.

*Изолирующая способность* – минимальное ожидаемое напряжение перекрытия или пробоя изоляционной конструкции в неблагоприятных метеоусловиях.

*Нулевой изолятор* – фарфоровый тарельчатый или штыревой изолятор, имеющий в сухом состоянии сопротивление постоянному току менее 300 МОм.

*Полимерные изоляторы* – композиционные длинностержневые линейные подвесные или опорные изоляторы, наружная оболочка которых выполнена из полимерных материалов: кремнийорганической, полиолефиновой или этиленпропиленовой резины, эпокси-фторопластовых или других композиций.

## ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТОСКОПЫ СЕРИЙ «ФИЛИН» И «КОРШУН»

Серийно освоенными модификациями электронно-оптических дефектоскопов (ЭОД) являются «Филин-3» (1984...1988 г.), «Филин-5» (1992 г.), «Коршун» (1996...1997 г.) и «Филин-6» (начиная с 1999 г. по сей день).

П2.1. Функциональная схема устройства ЭОД типа «Филин».

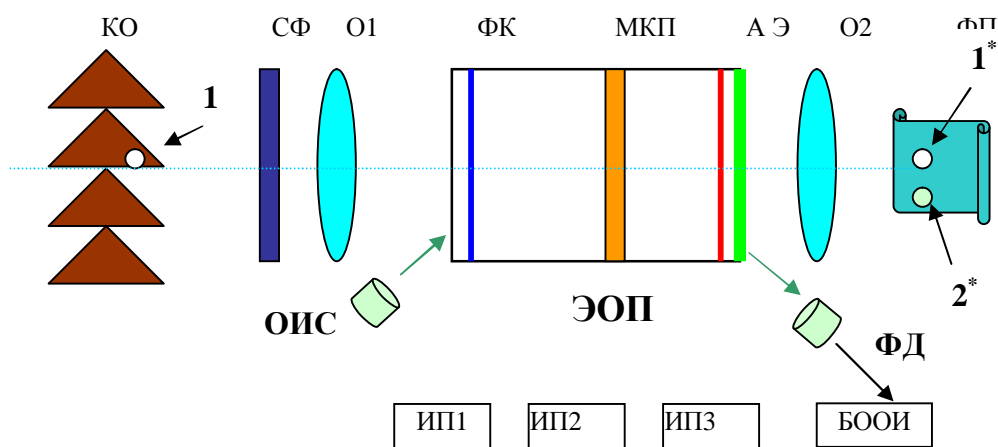


Рис П2.1. Обобщенная функциональная схема дефектоскопов «Филин» и «Коршун»:

КО – контролируемый объект; 1, 1\* - ПЧР и их изображение; 2\* - изображение реперного сигнала; СФ – светофильтр; О1 – входной объектив; ОИС – светодиод реперного сигнала; О2 – окуляр; ФП – фотоприставка; ФК – фотокатод; МКП – микроканальная пластина; А – анод; Э – экран; ФД – фотодиод; БООИ – блок обработки оптической информации; ИП1 – источник питания ФК и А; ИП2 – источник постоянного питания МКП; ИП3 – источник импульсного питания МКП

Таблица П2.1

Комплектация ЭОД типа «Филин»

Тип дефектоскопа	Наличие элементов и их тип						
	СФ	О1	О2	Ф	ИП	ОИС	ФД + БООИ
Филин – 2	-	Ю -21	И -50	Зенит	1	-	-
Филин – 3	-	Ю -21	И -50	Зенит	1, 2	+	-
Филин – 5	УФС 2	УФО 1	И -50	Зенит	1, 2	-	+
Коршун	УФС 2	УФО 2	Спец.	Зенит	1, 2	-	-
Филин – 6	УФС 2 Комб.	УФО 3	Спец.	Цифр. Камера	1, 2, 3	+	-

Полное техническое описание и инструкция по эксплуатации ЭОД входят в комплект поставки. В настоящих Указаниях приведено краткое описание устройств, принципы работы и основные характеристики дефектоскопов.

Изображение контролируемой изоляции (КО), ПЧР и коронных разрядов формируется входным объективом (О1) на фотокатоде (ФК) электронно-оптического преобразователя (ЭОП). Усиленные по яркости более чем в 20 тысяч раз оптические сигналы можно рассматривать на экране (Э) усилителя через окуляр (О2), либо регистрировать их с помощью фотоприставки (ФП). Перед входным объективом устанавливается светофильтр (СФ) с полосой пропускания в коротковолновой части оптического спектра, характерной для энергетического максимума излучения разрядных процессов. Благодаря использованию светофильтров снижается интенсивность фоновых бликов на наблюдаемых объектах, а также повышается контраст изображения ПЧР на экране усилителя яркости. Дополнительное ослабление бликов, обусловленных действием посторонних источников света (луна, осветительные приборы), достигается за счет импульсного режима питания микроканальной пластины (МКП).

Оценка интенсивности свечения разрядов производится сравнением с интенсивностью свечения опорного источника света (ОИС), изображение которого находится в верхней части экрана усилителя яркости. Вращая ручку регулировки силы света ОИС, находящуюся на передней панели корпуса дефектоскопа, устанавливают одинаковую яркость изображения ПЧР и опорного источника света. Значение силы света в этом случае фиксируют по показаниям лимба на регулировочном сопротивлении. По полученным значениям яркости поверхностных разрядов, используя нормы дистанционного профилактического контроля ВЛ и ОРУ, определяют дефектность изоляции.

## П2.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭОД «ФИЛИН-5»

Принцип работы ЭОД «Филин-5» поясняет структурная схема, приведенная на рис.П 2.1. Изображение ПЧР на контролируемой изоляции формируется входным объективом на фотокатоде ЭОП. Оператор через окуляр может наблюдать на экране ЭОП изображение ПЧР, которое при необходимости можно зафиксировать на фотопленку с помощью фотоприставки. Количественные оценки ПЧР, такие как яркость и длительность свечения, производятся при помощи блока обработки оптической информации (БООИ). При этом световой сигнал от изображения ПЧР на экране усилителя яркости

передается по световоду на фотодиод (ФД), где происходит его преобразование в электрический импульс, который поступает на вход усилителя БООИ. Проходя усилитель, сигнал усиливается и поступает на контакты переключателя режимов работы и на преобразователь временных интервалов в амплитуду (ПВА). ПВА представляет собой электронный блок, где сигнал на выходе появляется только после того, как амплитуда входного сигнала превысит некий порог срабатывания. При превышении этого уровня, амплитуда выходного сигнала, имеющего форму линейно нарастающего напряжения, будет пропорциональна длительности входного сигнала. Выходной сигнал с этого блока также поступает на контакты В1. От положения выключателя В1 зависит, какие характеристики ПЧР будут отражены на цифровом табло БООИ. При положении в режиме "А" на цифровом табло отражается информация о яркости ПЧР в относительных единицах в диапазоне 0.0 – 9.9. При положении в режиме "Д" цифры показывают длительность свечения ПЧР в миллисекундах.

### П2.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭОД «КОРШУН»

Принцип работы ЭОД «Коршун» аналогичен принципу работы «Филин –3». Но в нем применен кварцевый объектив. Кроме того, предусмотрены три возможных варианта записи: фотоаппаратом, видео - или цифровой камерой.

Перед входным объективом могут устанавливаться специальные светофильтры (СФ). Один имеет полосу пропускания в коротковолновой части оптического спектра, который соответствует максимуму излучаемой разрядами световой энергии. С другой стороны, эти фильтры подавляют фоновое излучение, что облегчает выделение разрядов в изображении. Третий фильтр представляет собой спектродиспергирующую насадку. Этот фильтр применяется для оценки степени загрязнения изоляции.

### П 2.4. ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭОД «ФИЛИН-6»

Внешний вид дефектоскопа «Филин-6» приведен на рис. П2.2,а на рис. П2.2,б он представлен в сборке с фотоаппаратом в рабочем виде, а на рис. П2.2,в – разобранном, на основные элементы, виде.

Внешний вид и элементы конструкции дефектоскопа «Филин-6»



а



б

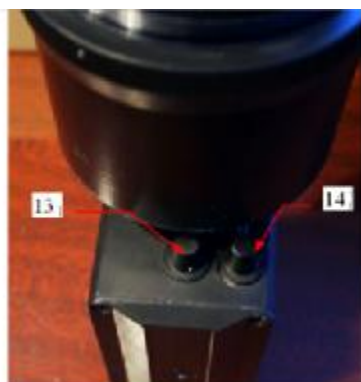
6



в



г



д

Рис. П2.2

Корпус и основные элементы представлены на рисунках следующими обозначениями позиций: 1 - входной объектив с регулировочной шкалой расстояния; 2 - бленда; 3 - электронно-оптический блок ЭОД «Филин-6»; 4 - выходной объектив (окуляр); 5 - переходное кольцо для установки фотоприставки; 6 - цифровой фотоаппарат CASIO QV-3000EX; 7 - светофильтр; 8 – ручка ЭОД «Филин-6»; 9 – транспортировочная сумка; 10 - резиновый наглазник; 11 - контейнер элементов питания.

На рис.П2.2, г и д приведены внешние виды органов управления, расположенных, соответственно, со стороны окуляра и со стороны входного объектива. Они представлены на рисунках следующими обозначениями позиций: 12 – включение питания ЭОД «Филин-6» в постоянном режиме/ в режиме импульсного питания/включение реперного источника света; 13 - плавная регулировка длительности импульсов питания; 14 - плавная регулировка частоты питания.

В электронной части схемы, смонтированной под корпусом ЭОП конструктивно, для уменьшения габаритов схемы и уменьшения потребляемой мощности все блоки выполнены с использованием микросборок частного применения и печатных плат, а так же применением малогабаритных радиоэлементов.

Прибор имеет съемную рукоятку (8) для удобства работы, а так же может крепиться на штатив винтом  $\varnothing 1/4$  дюйма. Таким образом, конструкция прибора выполнена так, чтобы обеспечить возможность проведения полевых работ по выявлению дефектов и оценки степени загрязнения высоковольтных конструкций, при визуальной оценке и их фиксации при помощи съемных фотоаппаратов, видеокамер или цифровых камер.

Принцип работы ЭОД иллюстрируется блок-схемой, приведенной на рис. П2.1. Для повышения метрологических характеристик прибора и расширения его функциональных возможностей по сравнению с приборами "Филин-3" и "Филин-5" используется оптическая схема прибора с кварцевым объективом. Перед входным объективом устанавливается светофильтр (СФ) с полосой пропускания в коротковолновой части оптического спектра, характерной для энергетического максимума излучения разрядных процессов. Благодаря использованию светофильтра снижается интенсивность фоновых бликов на наблюдаемых объектах, а также повышается

контраст изображения ПЧР на экране усилителя яркости. Дополнительное ослабление бликов, обусловленных действием посторонних источников света (луна, осветительные приборы), достигается за счет импульсного режима питания микроканальной пластины (МКП). Импульсное питание МКП с частотой, близкой к 50 или 100 Гц, соответствующей частоте появления ПЧР на высоковольтном оборудовании, и длительностью импульсов 1...3 мс, определяемой временем существования ПЧР в полупериоде напряжения, позволяет ослабить фоновые засветки и блики в  $T_0/T_c$  раз ( $T_0$  – полупериод переменного напряжения, 10 мс;  $T_c$  – длительность управляющего импульса). Длительность импульсов может регулироваться в пределах 1...3 мс, а частота в пределах  $(50 \pm 2)$  Гц и  $(100 \pm 5)$  Гц. На экране усилителя яркости будут наблюдаться пульсации свечения ПЧР в соответствии с биениями (разностью) частоты сети и частоты открывания электронно-оптического преобразователя. По этим пульсациям можно уверенно отделить свечение ПЧР от ослабленного и не пульсирующего свечения бликов. Перед входным объективом можно также устанавливать специальный диспергирующий фильтр для оценки степени загрязнения изоляции

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ  
ПРОБИТЫХ ФАРФОРОВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ В ГИРЛЯНДАХ ПО  
ИНТЕНСИВНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПЧР

Таблица П 3.1

Изменение напряжения  $U/U_{cp}$ , силы света ПЧР  $I/I_{cp}$  (средние величины) на первом от провода изоляторе гирлянды ВЛ 35 кВ (РУ 35кВ) при появлении в ней одного нулевого изолятора (при относительной влажности воздуха до 80 %) )

Номер варианта	Номер изолятора (считая от провода)			$U/U_{cp}$	$I/I_{cp}$
	1	2	3		
1	Н	Н	Н	1.0	1.0
2	Н	О	Н	1.5	2.3
3	Н	Н	О	1.3	1.7

Н – нормальный изолятор; О – нулевой изолятор;  $U_{cp} = 9$  кВ - напряжение на ближнем к проводу изоляторе при отсутствии в гирлянде нулевых изоляторов.

Таблица П 3.2

Изменение напряжения  $U/U_{cp}$ . ( $U_{cp} = 18$  кВ), силы света ПЧР  $I/I_{cp}$  (средние величины) на первом от провода изоляторе гирлянды ВЛ 110 кВ (РУ 110 кВ) при появлении одного или двух нулевых элементов (относительная влажность воздуха до 80 %) )

Номер варианта	Номер изолятора (считая от провода)							$U/U_{cp}$	$I/I_{cp}$
	1	2	3	4	5	6	7		
1	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.0	1.0
2	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	1.17	2.7
3	Н	Н	О	Н	Н	Н	Н	1.12	2.3
4	Н	Н	Н	О	Н	Н	Н	1.09	1.7
5	Н	Н	Н	Н	О	Н	Н	1.07	1.5
6	Н	Н	Н	Н	Н	О	Н	1.06	1.4
7	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	1.06	1.4
8	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	1.28	4.5
9	Н	Н	О	О	Н	Н	Н	1.21	3.2
10	Н	Н	Н	О	О	Н	Н	1.18	2.9
11	Н	Н	Н	Н	О	О	Н	1.14	2.4
12	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	1.14	2.4
13	Н	О	Н	О	Н	Н	Н	1.25	3.5
14	Н	О	Н	Н	О	Н	Н	1.24	3.4
15	Н	О	Н	Н	Н	О	Н	1.23	3.3
16	Н	О	Н	Н	Н	Н	О	1.23	3.3
17	Н	Н	О	Н	Н	Н	О	1.19	2.9
18	Н	Н	О	Н	Н	О	Н	1.22	3.2
19	Н	Н	Н	О	Н	Н	О	1.16	2.6
20	Н	Н	Н	Н	О	Н	О	1.15	2.5

Таблица П 3.3

Изменение напряжения  $U/U_{cp}$ , ( $U_{cp} = 21$  кВ) силы света ПЧР  $I/I_{cp}$  (средние величины) на первом от провода изоляторе гирлянды ВЛ-220 кВ (ОРУ-220 кВ) при появлении от одного до четырех нулевых элементов (относительная влажность воздуха до 80%)

Номер варианта	Номер изолятора (считая от провода)													$U/U_{cp}$	$I/I_{cp}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.0	1.0
2	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.2	3.0
3	Н	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.11	2.1
4	Н	Н	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.07	1.5
5	Н	Н	Н	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.06	1.4
6	Н	Н	Н	Н	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.04	1.3
7	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.37	7.5
8	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.22	3.2
9	Н	Н	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.13	2.3
10	Н	Н	Н	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.1	2.0
11	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.07	1.5
12	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	1.05	1.3
13	Н	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.51	12
14	Н	Н	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.30	5.0
15	Н	Н	Н	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.15	2.5
16	Н	Н	Н	Н	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.13	2.3
17	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	1.16	2.6
18	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	Н	Н	Н	Н	1.18	2.8
19	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	Н	Н	Н	1.1	2.5
20	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	Н	Н	1.15	2.5
21	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	Н	1.14	2.4
22	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	1.14	2.4
23	Н	О	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.39	7.8
24	Н	Н	О	О	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.26	3.6
25	Н	О	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.32	5.6
26	Н	О	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.41	6.5
27	Н	О	Н	О	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.37	7.5
28	Н	Н	О	О	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.29	4.8
29	Н	Н	О	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.25	3.5
30	Н	Н	О	Н	О	Н	О	Н	Н	Н	Н	Н	Н	1.24	3.4
31	Н	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	Н	Н	Н	1.30	5.0
32	Н	Н	О	Н	О	Н	О	О	Н	Н	Н	Н	Н	1.32	5.6
33	Н	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	Н	1.33	5.8
34	Н	Н	Н	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	Н	1.15	2.5
35	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	О	О	О	О	1.12	2.2

Таблица П 3.4

Вероятности выявления, пропуска и ложной браковки гирлянд изоляторов

с нулевыми элементами

Внешние условия	Класс ВЛ или ОРУ, кВ	Количество нулевых изоляторов в гирлянде	Вероятности, %			Внешние условия	
			выявления	пропуска	ложной браковки		
			<i>не менее</i>	<i>не более</i>	<i>не менее</i>		
относительная влажность воздуха до 80 %	35	1	60	40	0	1	
		2	90	10	0	1	
	110	1	70	30	0	1	
		2	82	18	3	1	
		3	90	10	2	1	
	220	1	60	40	0	1	
		2	65	35	0	1	
		3	75	25	1	1	
		4	80	20	0	1	
	относительная влажность воздуха более 80 % или при наличии осадков.	35	1	70	30	3	2
			2	96	4	3	2
		110	1	75	25	5	2
2			85	15	3	2	
3			92	8	1	2	
220		1	70	30	3	2	
		2	80	20	2	2	
		3	82	18	1	2	
		4	90	10	0	2	

\*Приведенные в таблицах нормируемые значения относятся к гирляндам нормального исполнения: 3 изолятора в гирлянде ВЛ 35 кВ; 7 шт. – в ВЛ 110 кВ; 13 шт. – в ВЛ 220 кВ

ПРИМЕРНАЯ ФОРМА ПРОТОКОЛА

оптического контроля внешней изоляции оборудования ПС «\_\_\_\_\_»

СОГЛАСОВАНО

Обследование проведено

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Город 20\_\_

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ

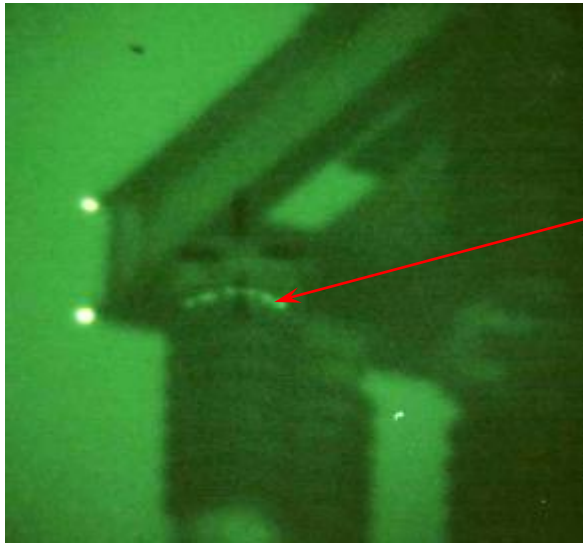
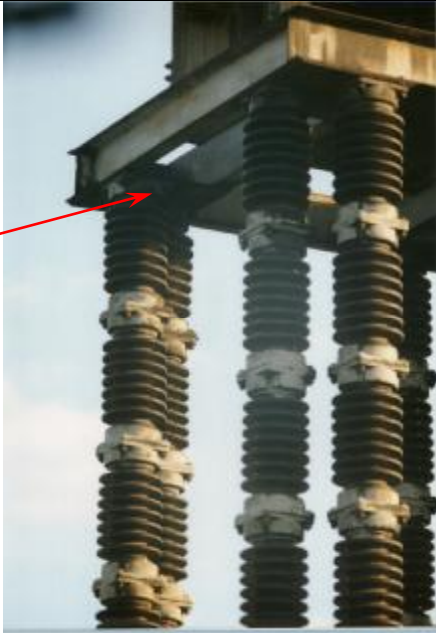
Для ночного оптического контроля внешней изоляции оборудования использовался электронно-оптический дефектоскоп «Коршун». Осмотру подвергались все шины, спуски, фарфоровые крышки аппаратов, опорная и подвесная изоляция. Часть эопограмм с коронными или поверхностными частичными разрядами фиксировалась с экрана дефектоскопа с помощью фотоприставки. Обнаруженные дефектные места осматривались днем и фотографировались с помощью фотоаппарата «Casio QV 3000».

Метеоусловия: температура \_\_\_°С, относительная влажность \_\_%, без осадков, скорость ветра \_\_\_ м/с.

ДЕФЕКТНАЯ ВЕДОМОСТЬ.

№	Наименование оборудования	Место дефекта	Вид дефекта
ОРУ-500			

ОРУ-500	Опорная изоляция	Фаза

	
Эпограмма дефектного оборудования	Фотография оборудования
Стрелкой указано местонахождение дефекта.	

Рекомендации	Аварийный дефект. Большинство опорных изоляторов имеют либо трещины, либо плохо заделан армировочный шов. Заменить изоляторы при первой же возможности.
--------------	---