

Интерпретация результатов УФ инспекции электросетевого оборудования

Лекция № 6
из цикла «УФ-инспекция»

Существующее положение

В основе УФ инспекции – регистрация оптического излучения короны и разрядов на поверхности изоляции с последующей интерпретацией результата: анализом причин возникновения разрядов, прогнозированием вида дефекта и его последствий.

Интерпретация – самая сложная часть инспекции ещё и потому, что в 80-90 % случаев разряды связаны с дефектами, не представляющими опасности для контролируемого оборудования, когда разряды вносят свою лепту в уровень радиопомех и потерь на корону, но практически не влияют на выполнение прямых функций оборудования.

Интерпретация на основе числа «событий», которые считают УФ камеры, в большинстве случаев обречена на **ложные браковки** и по указанной причине, и потому, что это число зависит сразу от нескольких параметров реального излучения: 1) яркости (мощности), 2) частоты и 3) длительности излучения.

Выдержки из методики «Росатома»

Таблица 2 – Критерии оценки состояния* внешней опорной и подвесной изоляции ОРУ

Классификация	Норма	Норма с отклонениями	Ухудшенное:
Степень развития дефекта	Отсутствие явных дефектов	Наличие малозначительных дефектов	Наличие значительных дефектов
Критерии по потоку импульсов в минуту	До 1000	От 1000 до 3000	Свыше 3000
Анализ изображений объекта (видимого и в ультрафиолете)		$D_{уф} < D_{мин}$	$D_{уф} \geq D_{мин}$
Рекомендации	Дополнительные мероприятия не требуются	Учащённый УФ-контроль (не реже 1 раза в 3 месяца)	Необходим ремонт или замена по состоянию

$D_{уф}$ – размер УФ- изображения; $D_{мин}$ – минимальный из габаритных размеров изображения изолятора на экране монитора

* - состояние исправное, работоспособное

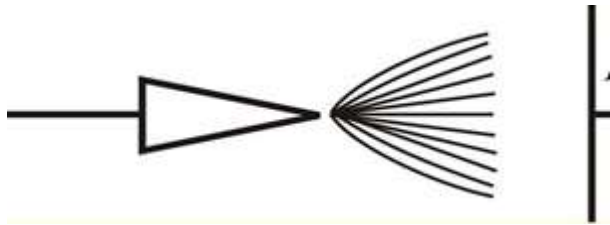
продолжение:

Таблица 3 – Критерии оценки состояния* гибкой ошиновки на ОРУ

Классификация	Норма	Норма с отклонениями	Ухудшенное:
Степень развития дефекта	Отсутствие явных дефектов	Наличие малозначительных дефектов	Наличие значительных дефектов
Критерии по потоку импульсов в минуту	До 1000	От 1000 до 3000	Свыше 3000
Анализ изображений объекта ...		Отсутствие изломов элементарных проводников проводов ошиновки	Наличие изломов элементарных проводников проводов ошиновки
Рекомендации	Дополнительные мероприятия не требуются	Учащённый УФ-контроль (не реже 1 раза в 3 месяца)	Необходим ремонт или замена по состоянию

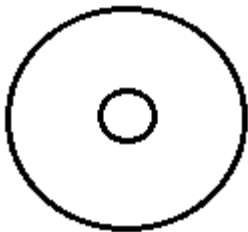
* - состояние исправное, работоспособное

Влияет ли корона на напряжение перекрытия промежутка?



$$E_m = \frac{U}{r}$$

Стержень с радиусом скругления r



$$E_m = \frac{U}{r \cdot \ln(R/r)}$$

Провод с радиусом r в цилиндре с радиусом R

Ответ: да, но при большой неоднородности электрического поля влияние слабое:

Так напряжения возникновения короны в промежутках «стержень – плоскость» и «провод-цилиндр» могут отличаться в разы, а напряжения перекрытия промежутка – всего на 20-30 %

Выдержка с сайта ООО «ПАНАТЕСТ»

...Интерпретация является более сложным процессом по сравнению с получением значения числа фотонов.

Степень серьёзности дефектов по классификации ESKOM

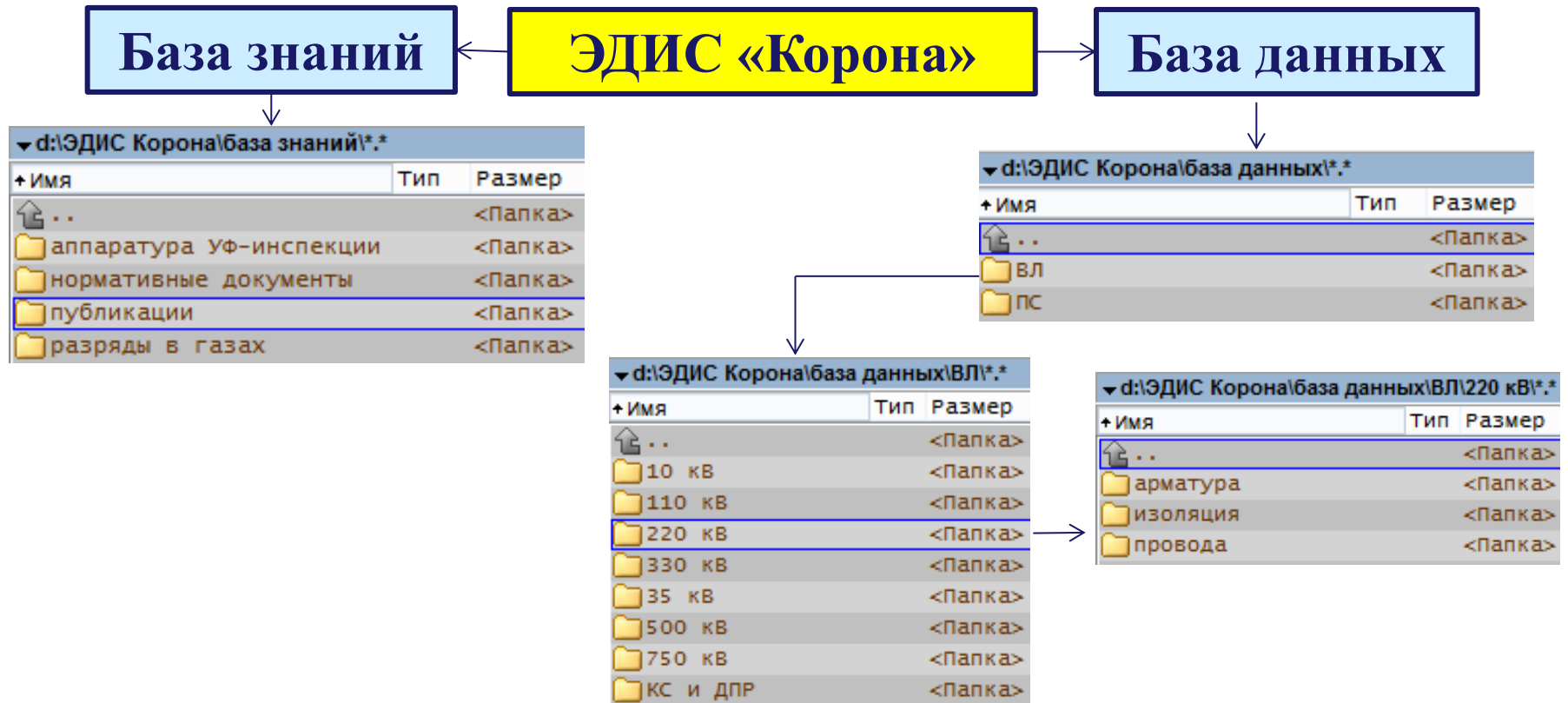


Наш опыт: для выполнения основной функции оборудования реально опасны только пять дефектов, выявляемых при УФ инспекции:

1	Пробитые фарфоровые тарельчатые изоляторы. <i>Фарфора осталось мало, но есть ещё на железных дорогах и на подстанциях. Конечно, можно «нули» выявить и другими способами, но это дороже и небезопасно</i>
2	Набросы проволоки большой длины. <i>Конечно, набросы легко увидеть и без всяких приборов днём, но почему-то эксплуатация их «не видит», а в УФ-картинке набросы сразу обращают на себя внимание сильной короной.</i>
3	Сильное загрязнение изоляции. <i>К сожалению, оценивается только при полном увлажнении слоя загрязнения. Степень загрязнения можно оценить и другими методами, но это дорого обходится.</i>
4	Дефекты полимерных изоляторов. <i>Любое проявление разрядов на оболочке (не путать с короной на экранах!) есть грозный признак внутреннего (увлажнения, трек стержня или границы раздела) или внешнего повреждения.</i>
5	Трещины в опорных фарфоровых изоляторах. <i>Есть методы более надёжные, но более трудоёмкие и дорогие. В УФ- инспекции выявляется примерно треть микротрещин, но зато это делается легко и непринуждённо.</i>

Цель и суть затеваемой работы

Помочь службам диагностики в интерпретации результатов УФ-инспекции с помощью экспертно-диагностической системы «Корона» (рабочее название). Пока система видится такой:



База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция

Основной диагностический признак – **разряды на поверхности изоляции.**

№	Определяемые дефекты
1	нулевые фарфоровые изоляторы в гирляндах* (рис. 1, 2);
2	загрязнение всех видов изоляции* (рис. 3 – 5);
3	трекинго-эрозионные, повреждения оболочки полимерных изоляторов* (рис. 6);
4	увлажнение стеклопластикового стержня из-за потери герметизации*;
5	набросы проволоки;
6	ошибки, проекта, монтажа или ТО (рис. 7, 8) + [10]
Примечание. * - выявляется только при высокой относительной влажности воздуха, туманах, осадках в виде дождя, жидкого налёта, мокрого снега.	

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция

Ошибки первого рода (пропуски дефектов) возникают при недостаточной влажности воздуха при обследовании (рис. 5а) и после сухой погоды в течение нескольких дней, а также при отрицательных температурах

Ошибки второго рода (ложные браковки) имеют место при наложении изображения короны на арматуре (ушке, лодочке и др.) с изображением изолятора (рис. 9). Возможны также при короне на каплях дождя (рис. 10) и при разрядах с края увлажнённой цементной заделки (рис. 11).

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



Рис. 1. Разряды на нижнем изоляторе гирлянды ВЛ 220 кВ в сухую погоду. УФД «Ф-3».
ТС - ухудшенное



Рис. 2. Разряды на целых изоляторах гирлянды с большим числом нулевых изоляторов ВЛ 220 кВ в морозящий дождь. УФД «Ф-3» [6].
ТС - **предаварийное**

Рекомендации

Замена на стеклянные тарельчатые или полимерные стержневые изоляторы

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



Рис. 3 – Разряды на гирлянде изоляторов, загрязнённых пылью и уносами с близкого шоссе.

Камера DayCor II [3].

$N = 2373$ 1/мин.

ТС - ухудшенное

Похожие картины можно увидеть вблизи кольцевых дорог крупных городов.

См. также [10].

Рекомендации Во избежание перекрытий провести обмыв или замену изоляторов

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



Рис. 4. Сильное загрязнение стержневых фарфорового и полимерного изоляторов на ВЛ 250 кВ.

Камера DayCor II [4].

N = ? 1/мин.

ТС - ухудшенное

Рекомендации

Во избежание перекрытий провести замену изоляторов

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



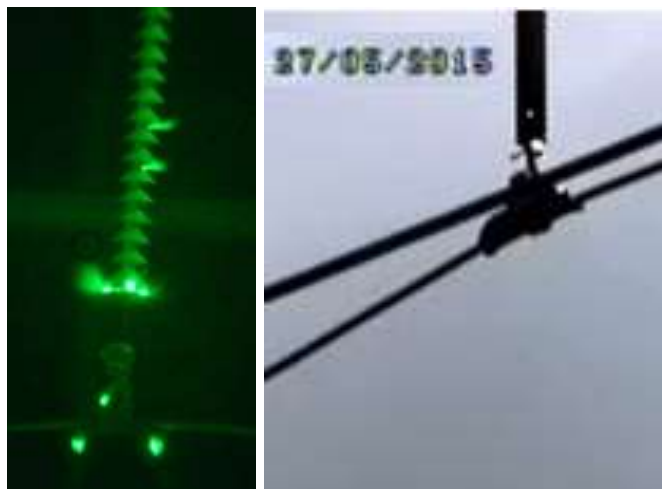
а) относительная влажность воздуха
63 % N = 9 1/мин.

б) туман, влажность > 95 %
N = ? 1/мин.

Рис. 5 – Зависимость разрядной активности на загрязнённых полимерных изоляторах от влажности воздуха. Камера DayCor II [4]. ТС - ухудшенное

Рекомендации Во избежание перекрытий провести обмыв фарфоровых и замену полимерных изоляторов

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



а

б

Рис. 6: а – Корона в узле подвески, на экране и на оболочке полимерного изолятора 220 кВ с разгерметизацией и сильными внутренними повреждениями.

УФД «Ф-6» при испытаниях высоким напряжением в ВИК СибНИИЭ;

б – ВЛ 220 кВ «Шумиха-Промышленная» МЭС Урала. Повреждение ПИ из-за отсутствия экрана на оконцевателе.

ТС - **предаварийное**

Рекомендации

Срочная замена повреждённых изоляторов

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



Рис. 7 – разряды на оболочках полимерных изоляторов изолирующей траверсы. Камера DayCor II [5].
Причина: отслоения оболочки от стержней, вызванные недопустимыми изгибающими нагрузками вследствие ошибки проектирования.
N = ? 1/мин.
ТС - ухудшенное

Рекомендации

Замена повреждённых изоляторов

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция

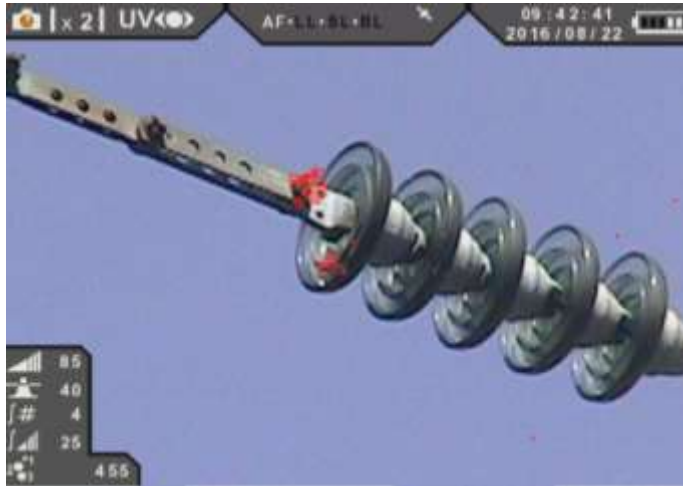


Рис. 8 – Корона на арматуре и разряды на поверхности первого от провода изоляторе. Камера CoroCAM 6D [6]. N = 455 1/мин.

Причина – ошибка проектирования: провод крепится к гирлянде через промзвенья, что резко увеличивает неоднородность поля в узле подвески, в т.ч. на шпelinтах, и напряжение на ближнем к проводу изоляторе. ТС – рабочее. Не представляет опасности для дальнейшей эксплуатации

Рекомендации Для подавления радиопомех, генерируемых разрядами, смонтировать экран перед изолятором

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция

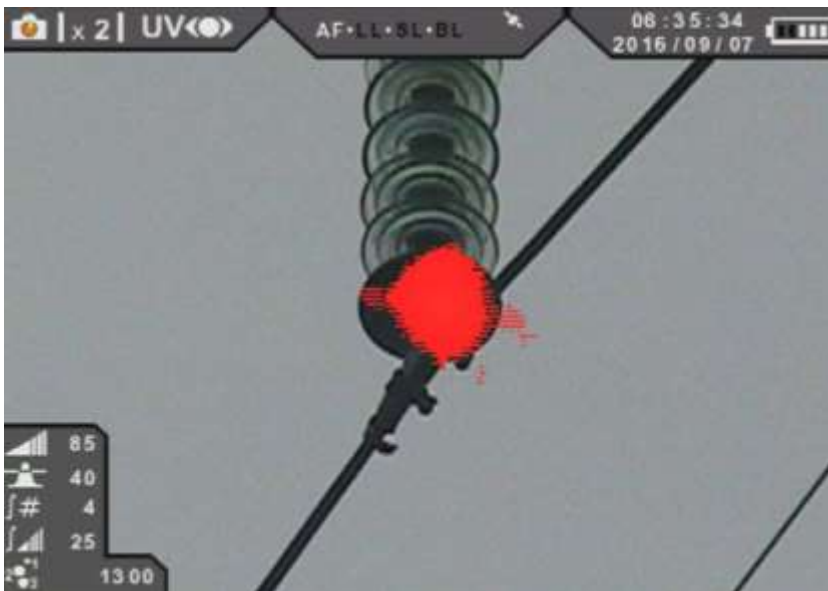


Рис. 9. Разряды на поверхности ближнего к проводу изолятора или корона на ушке.

Камера CoroCAM 6D [6].

N = 1300 1/мин.

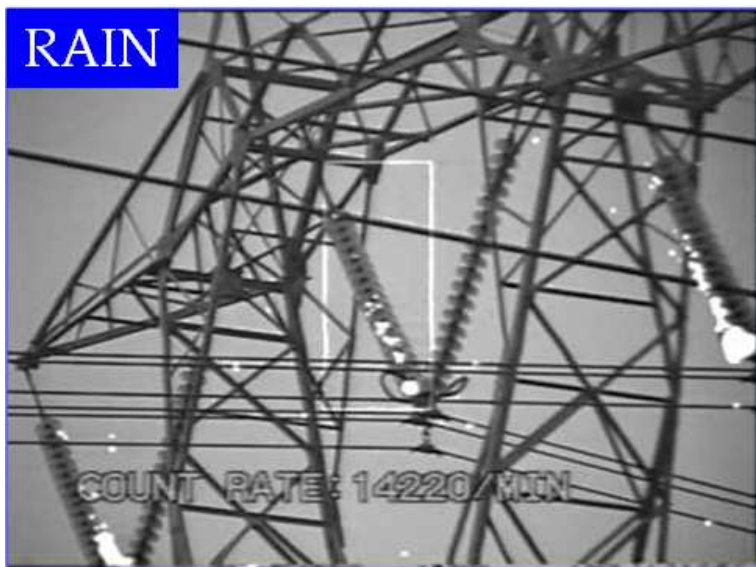
Причина: локальное усиление поля на арматуре.

ТС – рабочее.

Рекомендации

Повторить осмотр под другим углом

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



а) Дождь, 50 метров, усиление 80
N = 14220 1/мин.



б) Сухо, 50 метров, усиление 250
N = 998 1/мин.

Рис. 10 – Зависимость интенсивности разрядов на стеклянных изоляторах от дождя. Камера DayCor II [4]. ТС – рабочее.

Рекомендации Учитывать погодные условия при интерпретации результатов

База данных /ВЛ /220 кВ /изоляция



а



б

Рис. 11 – Разряды по поверхности стеклянных изоляторов и корона на спиральной арматуре. Получено камерой DayCor II (а) и в лаборатории (б) [7].

Причина ПЧР – микротрещины и увлажнение цементной заделки стержня.

ТС – рабочее. Не представляет опасности для дальнейшей эксплуатации.

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы

Основной диагностический признак – **локальная корона**

№	Определяемые дефекты
1	Повреждение (смятие, «фонари») и обрыв проволок верхнего повива (рис. 12, 13, 16);
2	Коррозия провода (рис. 14, 15);
3	Метки дуги (ожоги) в месте перекрытия, случившегося ранее (рис. 15);
4	Набросы проволоки (рис. 17);
5	Ошибки, допущенные в проекте или при монтаже (рис. 14а).

Пропуски дефектов – при недостаточной чувствительности регистрации.

Ложные браковки – при короне в месте термитной сварки шлейфа (рис. 18) либо короне с каплей дождя (рис. 19), реже – с прилипшего к проводу птичьего помёта.

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы

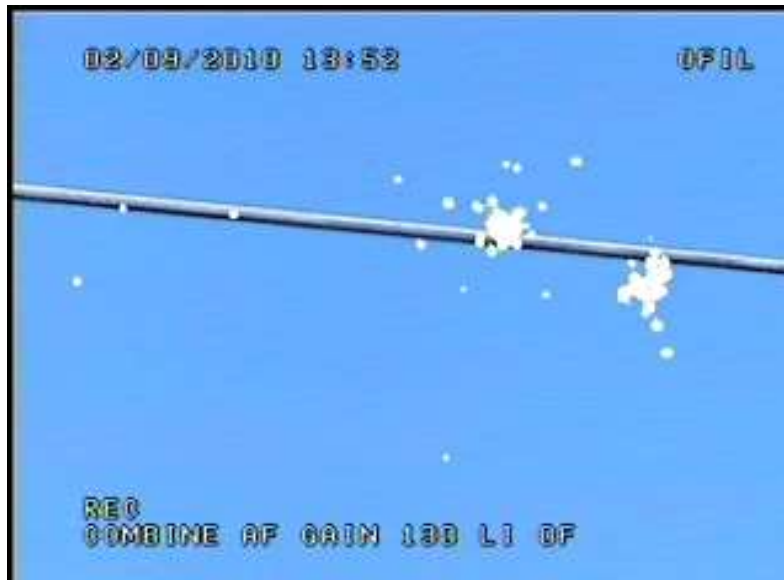


Рис. 12 – Коронирование провода в пролете.

Камера DayCor Super B [6]. Коэфф. усиления =130.

N = ? 1/мин.

Причинами могут быть механическое повреждение провода (более вероятен обрыв проволоки верхнего повива).

ТС – ухудшенное.

Рекомендации На контроль. В случае развития повреждения провода с угрозой расплетения наложить бандаж.

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы



Рис. 13 – Локальная корона на проводе.

Камера CoroCAM 6D [6].

N = 190 1/мин.

Вероятная причина: некритическое повреждение верхнего повива провода.

ТС – рабочее.

Рекомендации Провести верховой осмотр. В случае развития повреждения повива произвести ремонт провода.

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы



а



б

Рис. 14 – Множественные (а) и локальные (б) очаги короны на проводах ВЛ 220 кВ. УФД «Ф-6» [6]. Вероятные причины: заниженное сечение провода (а), общая (а) и локальная (б) коррозия провода. ТС – рабочее.

Рекомендации Провести верховой осмотр и при подтверждении диагноза – замену участка провода в ближайшую ремонтную кампанию

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы

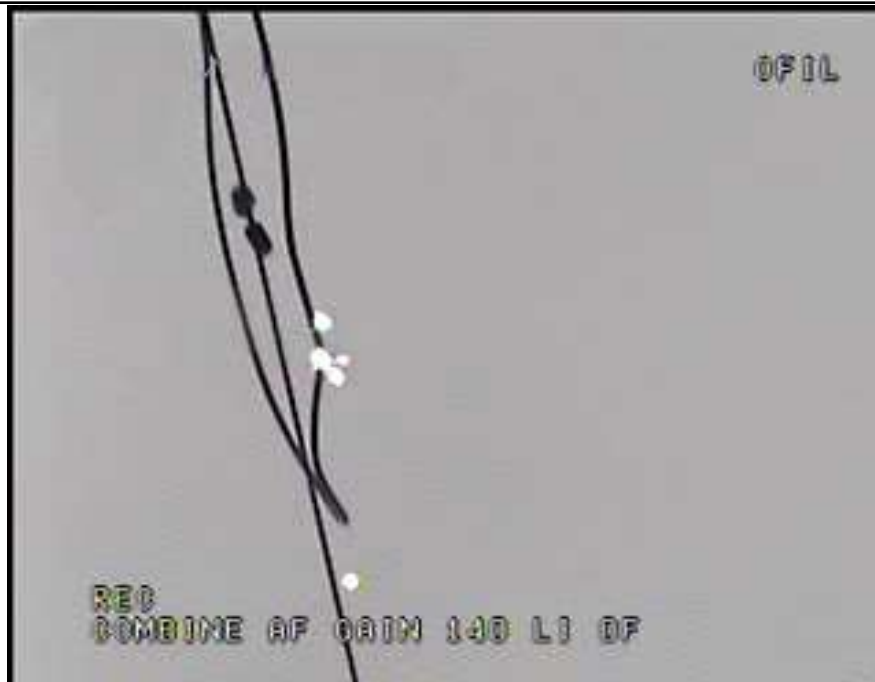


Рис. 15 – Корона в нижней части шлейфа.

Камера DayCor Super B [6].

Коэфф. усиления =140

N = ? 1/мин.

Вероятными причинами являются коррозия или ожоги шлейфа дугой перекрытия.

ТС – рабочее.

Рекомендации

Провести верховой осмотр шлейфа. Проверить журнал отключений и показания ОМП. При подтверждении перекрытия – регулировать длину шлейфа; при коррозии – заменить.

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы

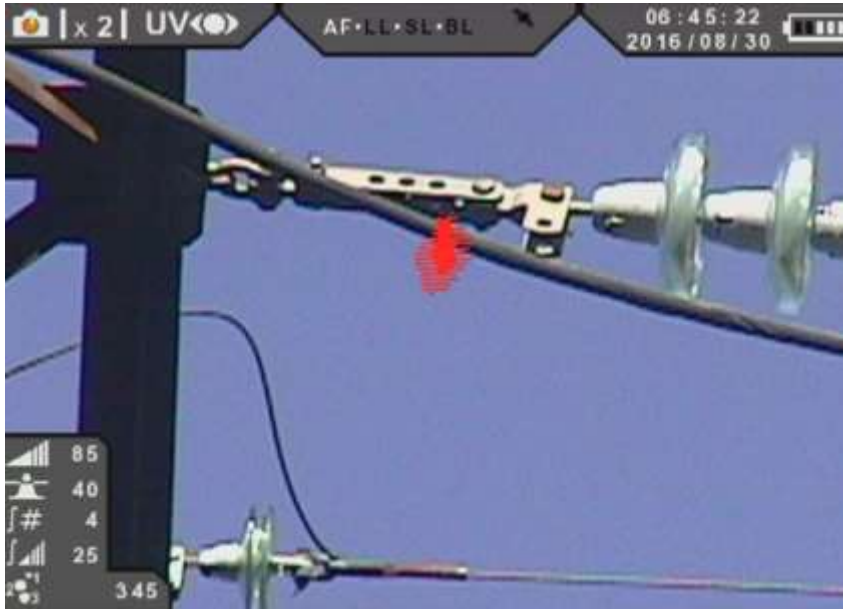


Рис. 16 – Корона на шлейфе.

Камера CoroCAM 6D [6].

N = 345 1/мин.

Причина коронирования – повреждение верхнего повива провода.

ТС – рабочее.

Рекомендации Провести верховой осмотр. В случае развития повреждения повива произвести ремонт провода.

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы

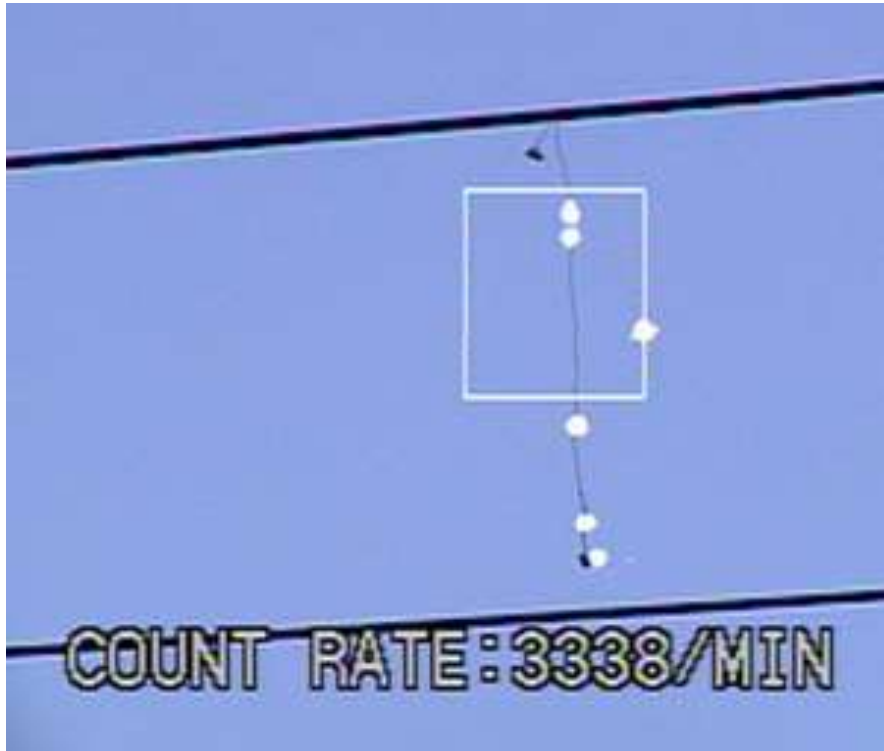


Рис. 17 – Коронирование
наброшенной проволоки.
Камера DayCor II [8].

N = 3338 1/мин.

Причина – стороннее вмешательство.

ТС – **ухудшенное**: наброс большой
длины чреват перекрытием.

Рекомендации

Включить в план техобслуживания снятие наброса

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы



Рис. 18 – Стримерная корона в месте сварки шлейфа.

Камера DayCor Super B [6]. Коэфф.

усиления =140

N = ? 1/мин.

Причина – локальные усиления напряжённости

электрического поля на поверхности

деформированного в месте сварки провода.

ТС – рабочее.

Рекомендации

При очередном обследовании провести тепловизионный контроль шлейфа

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы

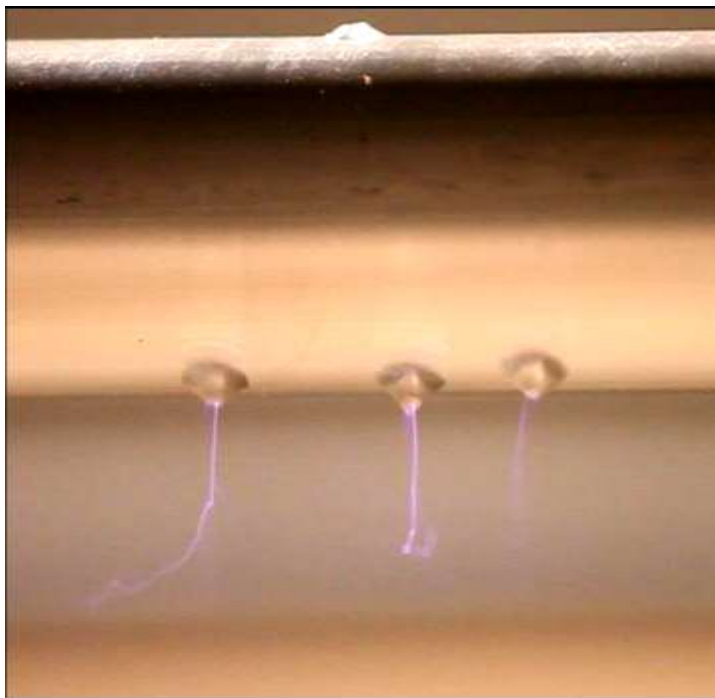


Рис. 19 – Стримерная корона с каплей дождя на трубе (макете провода), фото [9].

Причина – локальные усиления напряжённости электрического поля на каплях.

Рекомендации

Учитывать влияющий фактор при УФ инспекции в дождливую погоду

БД /ВЛ /220 кВ /провода и шлейфы



Рис. 20 – Корона на зажиме и ушке.
Получено камерой CoroCAM 6D [6].
N = 535 1/мин.

ТС – рабочее. Не представляет опасности для дальнейшей эксплуатации

Рекомендации

При недопустимом уровне радиопомех установить экран в узле подвески