

УДК 621.311.4

## УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 220–500 КВ

*Ю. В. Абрамов, В. А. Шелест, М. А. Антонов, В. В. Абрамов*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

В работе предложен ультрафиолетовый метод неразрушающего контроля линейного оборудования, позволяющий точно определить исправность оборудования на линии.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, оборудование, внешняя изоляция, дефектация, линия, диагностика.

## ULTRAVIOLET METHOD OF NONDESTRUCTIVE TESTING OF THE STATE OF THE LINE EQUIPMENT 220-500 KV

*Yu. V. Abramov, V. A. Shelest, M. A. Antonov, V. V. Abramov*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

In this paper, we propose an ultra-violet method of nondestructive testing of linear equipment, which allows us to accurately determine the serviceability of equipment on the line.

**Keywords:** nondestructive testing, equipment, external insulation, inspection, line, diagnostics.

**Введение.** Актуальным направлением развития энергетики является ее интеллектуализация. В этих рамках электрические сети должны стать активно-адаптивными [1]. Для этого необходимы математизация и цифровизация технологических процессов контроля и диагностики.

**Теория вопроса УФ контроля.** Существующей системой профилактического контроля внешней изоляции предполагаются периодические испытания повышенным напряжением, измерения сопротивления, контроль распределения напряжения по многоэлементным конструкциям, визуальный осмотр. Для некоторых видов изоляции (опорная стержневая, полимерная) или дефектов воздушных линий (мест перекрытия изоляции, повреждения проводов, арматуры и др.) методы контроля, кроме визуального осмотра конструкций, не регламентируются.

Поэтому развитие дистанционных бесконтактных методов профилактического контроля является перспективным направлением. Разумеется, дальнейшее развитие этих методов с целью повышения их эффективности должно быть связано с применением IT-технологий [2].

Правила устройства электроустановок предусматривают проверку проводников по условиям короны и радиопомех (пункт 1.3.33) [3]. Контроль данных элементов может эффективно производиться с помощью электронно-оптических ультрафиолетовых (УФ) дефектоскопов. Таким образом, возникновение или увеличение интенсивности короны или поверхностных частичных разрядов (ПЧР) можно использовать для косвенной оценки изолирующей способности или обнаружения дефектов. Диагностика изоляторов с помощью электронно-оптических УФ дефектоскопов является приоритетной, так как выявление дефектов другими способами, без выведения оборудования из эксплуатации затруднительно или малоэффективно. Применение УФ контроля производится при любой нагрузке (необходимо только наличие напряжения) и возможно на самых ранних стадиях развития дефектов. Стандарт СО-34.45-51.300-97 (пункт 30.6.3) не предусматривает никаких иных видов контроля стеклянной изоляции ВЛ, за исключением

внешнего осмотра [4]. Для данного вида изоляции УФ контроль также можно считать приоритетным. 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. УФ-диагностику рекомендуется проводить в пасмурную погоду, желательно в утренние часы при повышенной влажности воздуха (80 % и более) и при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20°C [5]

**Результаты испытаний и исследований УФ контроля.** В работе выбран экспериментальный метод испытаний и исследований методов контроля на работающем оборудовании электрических сетей с последующим статистическим и аналитическим анализом.

Электронно-оптический дефектоскоп позволяет выявить следующие дефекты элементов воздушных линий:

- подвесной изоляции (фарфоровой, стеклянной, полимерной) — трещины, треки, сколы, коррозию металлических элементов, трещины в цементной заделке, дефекты фарфоровых изоляторов; загрязнения пылью, химикатами, удобрениями, морской солью, выбросами промышленных предприятий;

- для токопроводящих элементов — дефекты проводников, нарушение повива проводов, дефекты элементов заземления.

Электронно-оптический дефектоскоп позволяет выявить следующие дефекты оборудования РУ:

- опорно-стержневой изоляции (фарфоровой, стеклянной, полимерной) — сколы, трещины (микротрещины), дефекты армированных швов, коррозию металлических элементов; загрязнения изоляции пылью, химикатами, удобрениями, морской солью, выбросами промышленных предприятий;

- внешней изоляции высоковольтного электрооборудования открытых распределительных устройств электростанций и электрических сетей;

- гибкой ошиновки аппаратов открытых распределительных устройств и площадок открытой установки трансформаторов, ошиновки трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов электростанций и электрических сетей;

- для токопроводящих элементов дефекты проводников, недостаточность сечения для определенной нагрузки, отложения различных видов загрязнений, дефекты элементов заземления [5].

Однако при УФ контроле все оценки дефектации производились только по появлению признаков — возникновению или увеличению интенсивности короны или ПЧР (косвенной оценке состояния изолирующей способности и обнаружения дефектов). Количественная оценка при неразрушающем контроле с помощью электронно-оптических дефектоскопов появилась в настоящее время в рекомендательной форме на основании опыта и анализа последних измерений. При обработке результатов УФ обследования рекомендуется руководствоваться таблицей 1.

Таблица 1

## Рекомендации по обработке результатов УФ

Измеренная величина интенсивности разряда, импульс/с	Характеристика интенсивности разряда	Характеристика состояния изоляции
0–1 000	низкая	соответствует нормальному состоянию изоляции
1 000–5 000	средняя	соответствует наличию развившегося дефекта изоляции, незначительно влияющего на надежность и не требующего срочного ремонта
более 5 000	высокая	соответствует предаварийному состоянию изоляции

Ниже приводятся примеры измерения УФ обследования изоляторов с помощью электронно-оптических УФ дефектоскопов (таблицы 2, 3, 4.).

Таблица 2

## Обследование № 1

<b>Описание</b>	ПС 220 кВ «Ш-XX», ПМЭС 28.06.2018 шинный портал 220 кВ №№ 106-107, гирлянда изоляторов ф. «А» в сторону ШР 220 кВ 2 секции СВЭ, коронация 1 и 2 изоляторов от провода из-за ржавления металлического стержня и возможного загрязнения изоляторов	
<b>Оборудование</b>	подвесной изолятор, стекло	
<b>Корона/Дугообразование</b>	да/нет	
<b>УФ и Видео сигнал</b>		
<b>Факторы влияющие на интенсивность разряда</b>		
<b>Напряжение, кВ</b>	220	
<b>Положение</b>	1 и 2 подвесной тарельчатый изолятор от провода	
<b>Влажность</b>	25 %	
<b>Показания счетчика</b>	124	
<b>Начальная стадия дефекта &lt; 1000</b>	устранить при плановом ремонте	<b>V</b>

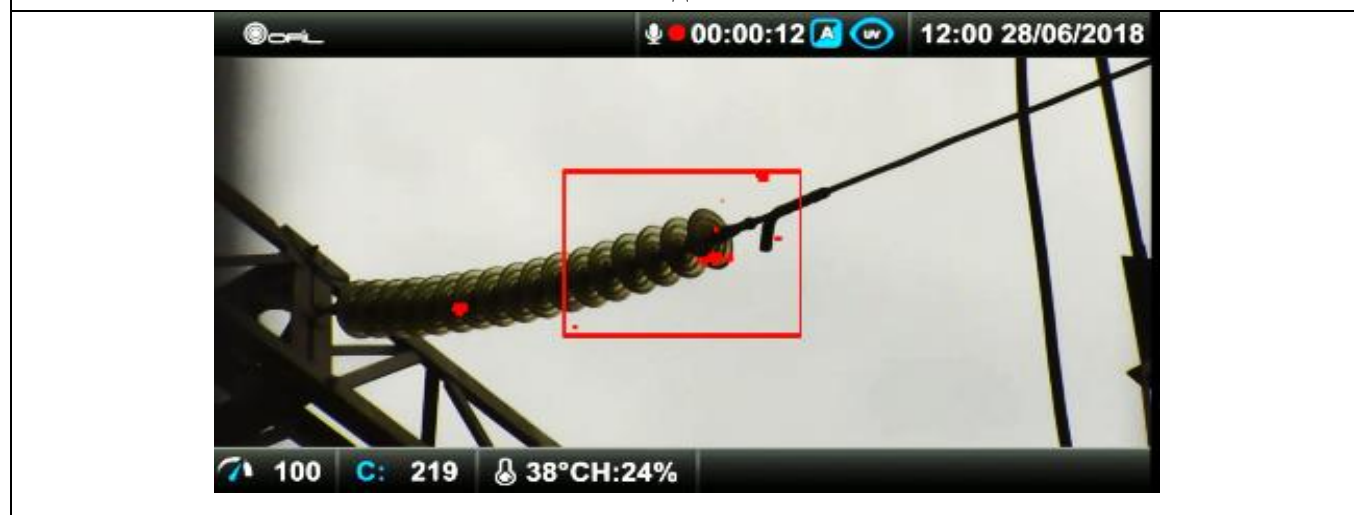
<b>Развитый дефект 1000-5000</b>	устранить при первой возможности	-
<b>Аварийный дефект &gt; 5000</b>	устранить немедленно	-
<b>Анализ и рекомендации</b>		
<p>Нарушена изоляционная способность. Причина — ржавление металлического стержня и возможное загрязнение юбки подвешного изолятора.</p> <p>Выполнить ревизию указанного узла при ближайшем плановом ремонте, провести инспекцию УФ дефектоскопом после устранения дефекта.</p>		

Таблица 3

Обследование № 2

<b>Описание</b>	ПС 220 кВ «Ш-XX», ПМЭС 28.06.2018 шинный портал 220 кВ №№ 113-114, гирлянда изоляторов ф. «В» в сторону ЛР 220 кВ Шахты и 2 секции 220 кВ, коронация 1 изолятора от провода из-за его возможного загрязнения
<b>Оборудование</b>	подвешной изолятор, стекло
<b>Корона/Дугообразование</b>	да/нет

УФ и Видео сигнал



Факторы влияющие на интенсивность разряда

<b>Напряжение, кВ</b>	220	
<b>Положение</b>	1 подвешной тарельчатый изолятор от провода	
<b>Влажность</b>	24 %	
<b>Показания счетчика</b>	219	
<b>Начальная стадия дефекта &lt; 1000</b>	устранить при плановом ремонте	<b>V</b>
<b>Развитый дефект 1000-5000</b>	устранить при первой возможности	-
<b>Аварийный дефект &gt; 5000</b>	устранить немедленно	-

Анализ и рекомендации

Нарушена изоляционная способность. Причина — возможное загрязнение юбки подвешного изолятора.

Выполнить ревизию указанного узла при ближайшем плановом ремонте, провести инспекцию УФ дефектоскопом после устранения дефекта.

## Обследование № 3

<b>Описание</b>	ВЛ 220, ПМЭС 03.07.2018 опора № 73 спиральный соединительный шлейфовый зажим ф. «левая», коронация спирального зажима из-за его возможного некачественного монтажа (плохой контакт).
<b>Оборудование</b>	спиральный соединительный шлейфовый зажим
<b>Корона/Дугообразование</b>	да/нет

## УФ и Видео сигнал



## Факторы влияющие на интенсивность разряда

<b>Напряжение, кВ</b>	220	
<b>Положение</b>	Спиральный соединительный шлейфовый зажим	
<b>Влажность</b>	27 %	
<b>Показания счетчика</b>	117	
<b>Начальная стадия дефекта &lt; 1000</b>	устранить при плановом ремонте	V
<b>Развитый дефект 1000-5000</b>	устранить при первой возможности	-
<b>Аварийный дефект &gt; 5000</b>	устранить немедленно	-

## Анализ и рекомендации

Причина — возможно некачественный монтаж спирального соединительного шлейфового зажима (плохой контакт).

Рекомендуем провести визуальный осмотр, тепловизионный контроль и осуществлять контроль за развитием дефекта с помощью УФ дефектоскопа.

Проанализировано около пятисот измерений, во всех случаях диагностика подтвердилась.

**Заключение.** Необходимо продолжить анализ измерений и накопление базы данных для включения в нормативы, представленные в таблице 1, характеристик состояния изоляции в стандарт СТО 34.01-23.1-001-2017 ПАО «Россети».

## Библиографический список

1. Зеленохат, Н. И. Интеллектуализация ЕЭС России: инновационные предложения / Н. И. Зеленохат. — Москва : МЭИ, 2013. — 191 с.
2. Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей



Российской Федерации [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/901865958/>\_(дата обращения : 15.03.2020).

3. Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/901839683> (дата обращения : 15.03.2020).

4. Объем и нормы испытаний электрооборудования : СТО 34.01-23.1-001-2017 [Электронный ресурс] / docplan.ru. — Режим доступа : <https://docplan.ru/Data2/1/4294844/4294844732.htm> (дата обращения : 17.03.2020).

5. Мейер, А. Ультрафиолетовое излучение / А. Мейер, Э. Зейтц. — Москва : Наука, 1982. — 63 с.

*Об авторах:*

**Абрамов Юрий Викторович**, доцент кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344023, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Страны Советов, 1), доцент, [abramovjv1910@yandex.ru](mailto:abramovjv1910@yandex.ru)

**Шелест Владимир Александрович**, доцент кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344023, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Страны Советов, 1), кандидат технических наук, доцент, [vshel@yandex.ru](mailto:vshel@yandex.ru)

**Антонов Михаил Андреевич**, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1)

**Абрамов Владислав Викторович**, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1)

*Authors:*

**Abramov, Yuriy V.**, associate professor of the Department of Intelligent Electrical Networks, Don State Technical University (1, Strany Sovetov sq., Rostov-on-Don, 344023, RF), associate professor, [abramovjv1910@yandex.ru](mailto:abramovjv1910@yandex.ru)

**Shelest, Vladimir A.**, associate professor of the Department of Intelligent Electrical Networks, Don State Technical University (1, Strany Sovetov sq., Rostov-on-Don, 344023, RF), Cand.Sci., associate professor, [vshel@yandex.ru](mailto:vshel@yandex.ru)

**Antonov, Mikhail A.**, master's degree student of the Department of Intelligent Electrical Networks, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF)

**Abramov, Vladislav Viktorovich**, master's degree student of the Department of Intelligent Electrical Networks, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF)