



**ЭнергоРазвитие**  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР

Опыт диагностики кабельных линий  
с изоляцией из сшитого полиэтилена  
6/10/35 кВ.

Докладчик: начальник СДЭО ООО ИЦ «ЭнергоРазвитие»  
И.П. Фадеев

2024

## Методы диагностики КЛ из сшитого полиэтилена

На сегодняшний день общая нормативная база по испытаниям кабелей с СПЭ-изоляцией отсутствует.

В настоящее время для тестирования состояния кабельных линий с СПЭ изоляцией на практике применяются специализированные высоковольтные испытательные установки с основными пятью типами (формами) выходных напряжений. При помощи этих установок выполняется практическая оперативная оценка технического состояния изоляции кабельных линий:

1. Испытание кабельных линий напряжением промышленной частоты.
2. Испытание напряжением СНЧ синусоидальной формы.
3. Испытание СНЧ напряжением прямоугольной формы.
4. Испытание постоянным напряжением.
5. Испытание затухающим переменным напряжением синусоидальной формы (DAS).

## Сравнение методов диагностики КЛ из сшитого полиэтилена

### Испытание кабельных линий напряжением промышленной частоты

Испытание кабельных линий напряжением промышленной частоты производится как правило на заводе изготовителе. Выходной контроль.

### Испытание напряжением СНЧ 0,1 Гц

Для испытаний КЛ СПЭ напряжением СНЧ с частотой 0,1Гц используют установки фирм BAUR (Frida, Viola) и b2 electronic GmbH (HVA). В Таблице 1 приведены длительность приложенного испытательного напряжения и его величина.

**Табл. 1. Нормы испытаний кабелей с СПЭ-изоляцией согласно VDE DIN 0276-620**

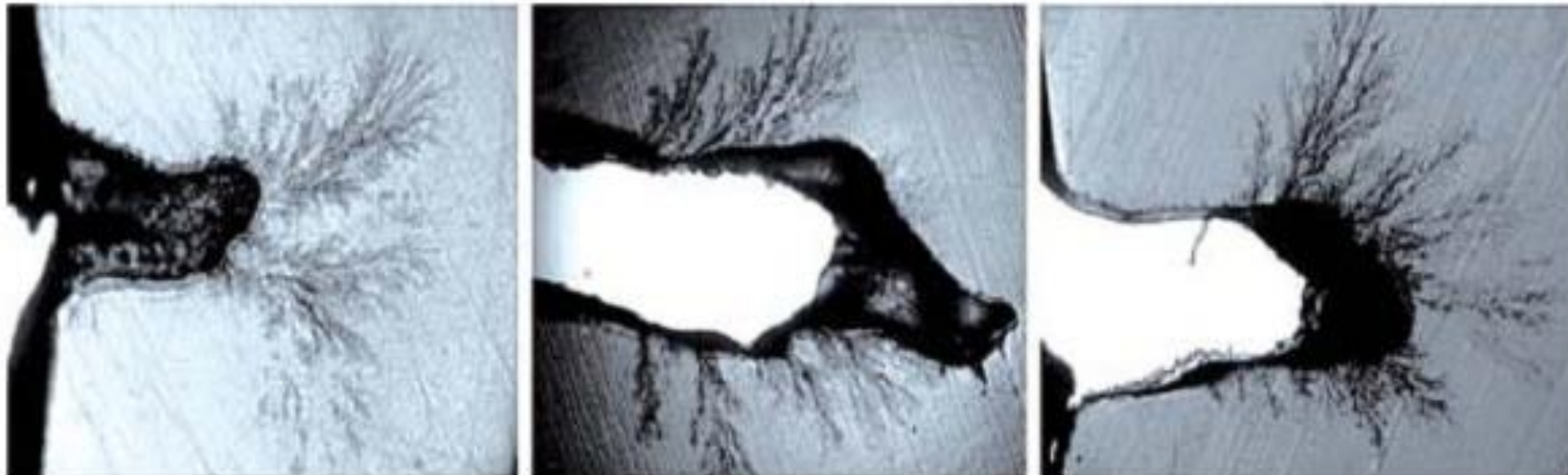
Напряжение кабельной линии, кВ	Испытательное напряжение на 0,1 Гц $3 \times U_0^*$ , кВ	Длительность приложения испытательного напряжения 0,1 Гц
6	12	30 мин.
10	18	
20	35	
35	60	

\*  $U_0$  — фазное напряжение кабельной линии ( $U_0 = U / \sqrt{3}$ ).

## Сравнение методов диагностики КЛ из сшитого полиэтилена

### Испытание напряжением СНЧ 0,1 Гц

При таких испытаниях на КЛ длительно подается повышенное напряжение СНЧ, что оказывает пагубное влияние на тело изоляции. Как показывает практика, чаще всего КЛ СПЭ выдерживают испытания СНЧ. Однако, в теле изоляции может запуститься процесс возникновения триингов «водных деревьев» (это результат воздействия повышенного напряжения), которые в результате эксплуатации могут привести к пробое изоляции и более раннему выходу из строя КЛ.

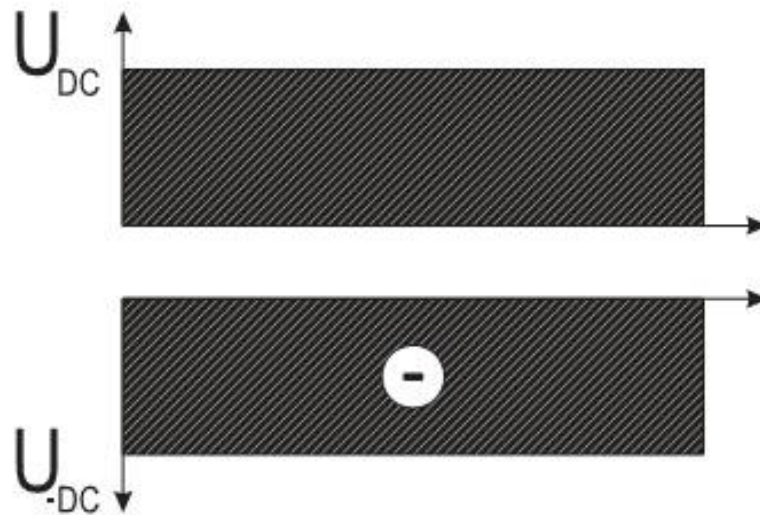




## Сравнение методов диагностики КЛ из сшитого полиэтилена

### Испытание постоянным напряжением

Испытание напряжением постоянного тока, которое в течение нескольких десятилетий успешно использовалось для тестирования кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией, для кабелей с пластиковой изоляцией оказалось непригодным. При этих испытаниях в изоляции на инородных микровключениях молекул воды образуется объемный заряд, который не разряжается при традиционном снятии остаточного заряда с кабеля путем заземления, так как сверху и снизу от этого внутреннего «конденсатора» диэлектрик — сшитый полиэтилен.



## Сравнение методов диагностики КЛ из сшитого полиэтилена

### Испытание затухающим переменным напряжением синусоидальной формы (DAS).

При испытании затухающим переменным напряжением синусоидальной формы (DAS) в отличие от установок СНЧ, время воздействующего напряжения на испытуемый объект менее одной секунды. Поэтому этот метод не оказывает отрицательного влияния на состояние изоляции и не повреждает кабель.

Оцениваются следующие параметры:

- Наличие и уровень частичных разрядов
- Напряжение возникновения разрядов
- Место возникновения разрядов (дефектов)
- Тип дефекта в изоляции
- Тангенс угла потерь в изоляции
- Ёмкость кабельной линии

В настоящее время широкое распространение имеет разработка фирмы ООО ДимРус г. Пермь установки «CPDA-15» для КЛ СПЭ 6/10кВ и «CPDA-60» для КЛ СПЭ 35кВ.

## Испытание затухающим переменным напряжением синусоидальной формы (DAS).

### Описание метода диагностирования

Внешний вид аппаратуры приведен на рис. 1. Принципиально система состоит из высоковольтного источника постоянного напряжения (высоковольтный блок, структурно входящий в блок-анализатор), прецизионного выключателя, индуктора, делителя, накопителя частичных разрядов. В состав аппаратуры входит также комплект присоединительных кабелей. В начале измерений проводится калибровка схемы измерений для каждого кабеля с помощью штатного калибратора GKI-1.

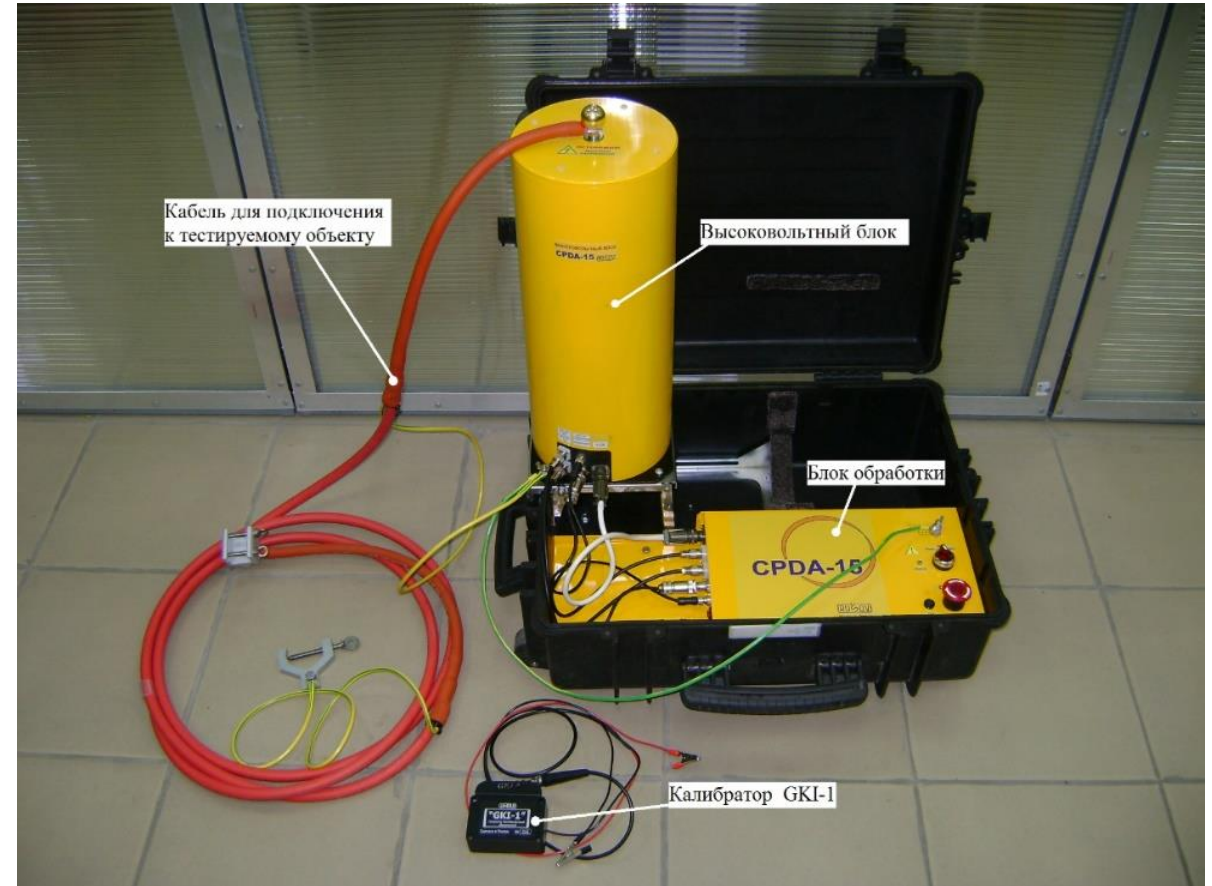


Рис. 1 Внешний вид аппаратуры CPDA-15.



## Испытание затухающим переменным напряжением синусоидальной формы (DAS).

### Описание метода диагностирования

Установка CPDA-15 работает следующим образом: кабельная линия, ее емкость, заряжается от высоковольтного источника постоянным током небольшой величины.

После окончания зарядки емкости кабельной линии, производится замыкание высоковольтного контактора К. При этом накопленный заряд кабельной линии разряжается на землю через индуктивность L.

После замыкания контактора, емкость кабельной линии CL, и добавочная индуктивность L, оказываются включенными параллельно, образуя классический параллельный колебательный контур. Частота колебаний составляет от 20 до 500 Гц. В колебательном контуре возникают колебания, скорость затухания которых определяется потерями энергии в индуктивности и в изоляции кабельной линии.

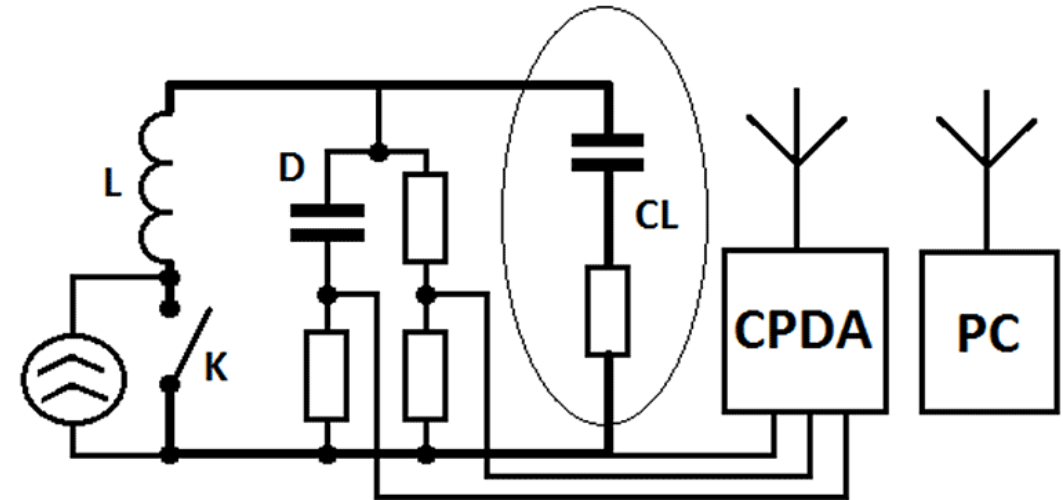


Рис. 2 Схема замещения





## Примеры выполненных работ по диагностике КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена

### Диагностика КЛ СПЭ 10кВ на ТаифНК.

В 2022 году компанией ООО ИЦ «ЭнергоРазвитие» на объектах энергетических предприятий РТ была выполнена работа по диагностике кабельных линий 10кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена неразрушающим методом в количестве 320 шт. Год ввода в эксплуатацию КЛ – 2018г. Диагностика проводилась установкой «CPDA-15».

По результатам диагностики было выявлено, что несмотря на небольшой срок эксплуатации, из 320 продиагностированных КЛ:

- 44% исправны;
- 56% имеют дефекты, которые распределяются следующим образом;
- дефекты концевых муфт в количестве – 26%;
- дефекты соединительных муфт в количестве – 23%;
- ЧР низкого уровня и малой интенсивности в кабеле – 7%.

## Примеры выполненных работ по диагностике КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена

**Диагностика КЛ СПЭ 35кВ на объектах ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез».**

Так же в 2022 году компанией ООО ИЦ «ЭнергоРазвитие» на объекте ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» была выполнена работа по диагностике кабельных линий 35кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена неразрушающим методом в количестве 13 шт.

Диагностика проводилась установкой «CPDA-60» (Рис. 3). По результатам диагностики было выявлено, что:

- 5 КЛ исправны;
- 2 КЛ имеют дефект соединительных муфт (пример – Рис. 4);
- 1 КЛ имеет дефект концевых муфт (пример – Рис. 5);
- 5 КЛ имеют ЧР низкого уровня и малой интенсивности;

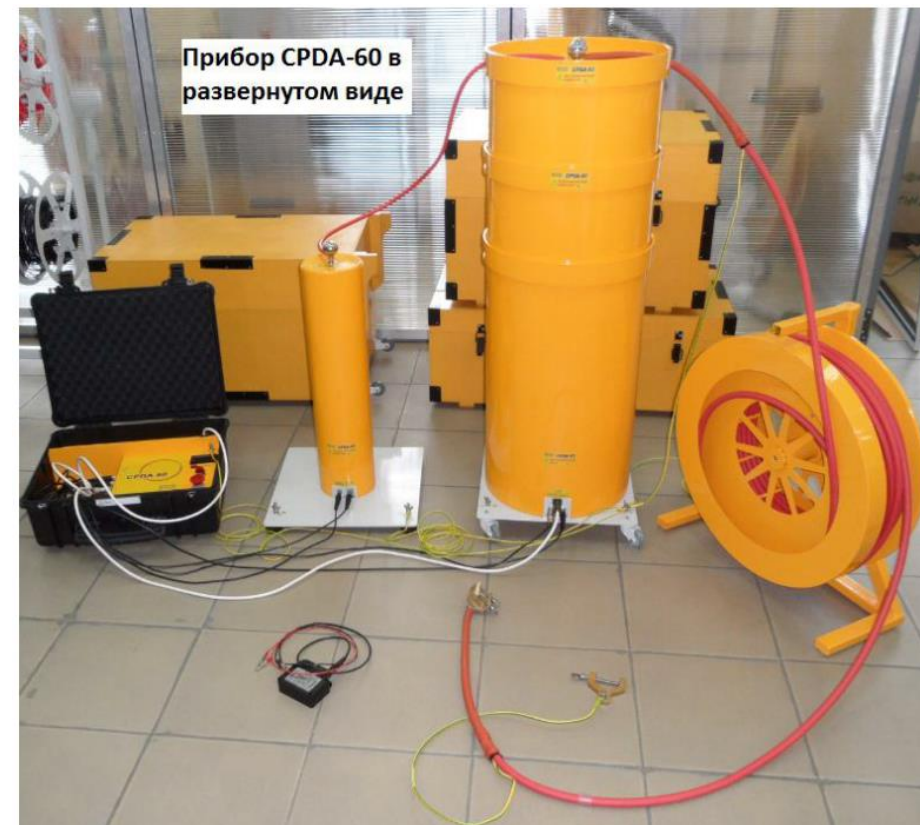
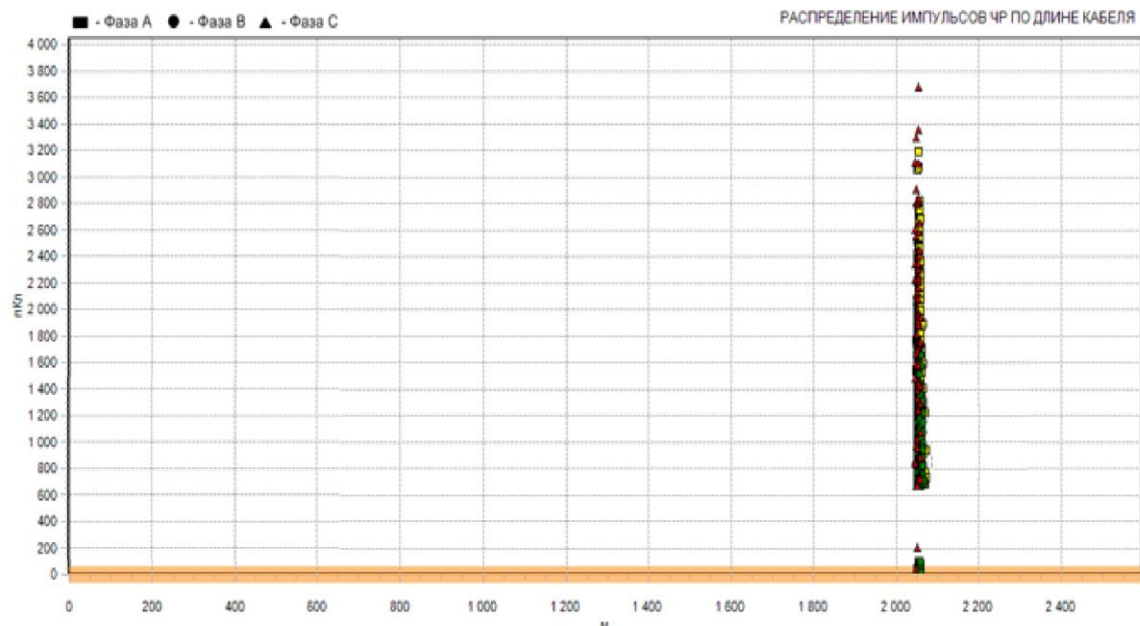


Рис. 3 Прибор CPDA-60 в развернутом виде.

## Примеры выполненных работ по диагностике КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена

Диагностика КЛ СПЭ 35кВ на объектах ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез».

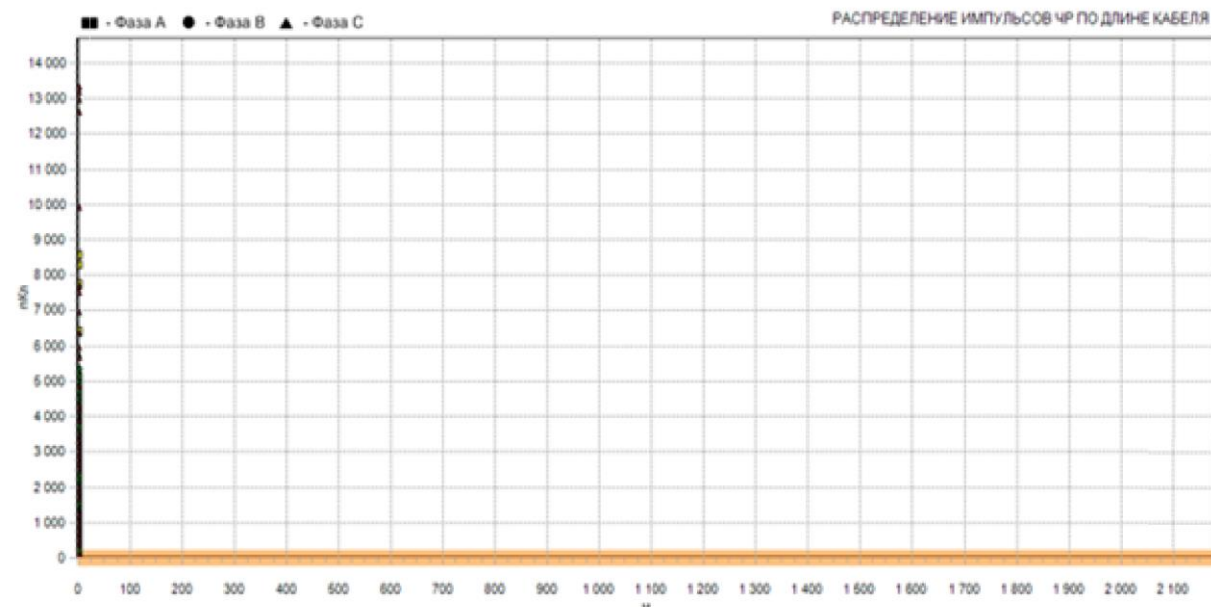
10. АМПЛИТУДНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧР:



ЦРП-5 яч.1 ввод №2 ..... ПС «Кудьма» ф. «ЗЦЛ»

Рис. 4 Пример распределения ЧР при дефекте соединительной муфты.

10. АМПЛИТУДНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧР:



ЦРП-6 ввод №2 н. «Б» ..... НГ ТЭЦ КРУЭ-35 кВ яч 18 ..... ЦРП-6 ввод №2 н. «А»

Рис. 5 Пример распределения ЧР при дефекте концевой муфты



## Примеры выполненных работ по диагностике КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена

### Диагностика КЛ СПЭ 10кВ в КЭС.

В 2023 году компанией ООО ИЦ «ЭнергоРазвитие» в филиале АО «Сетевая компания» Казанские электрические сети была выполнена работа по диагностике одной кабельной линии 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена неразрушающим методом. Диагностика проводилась установкой «CPDA-15» (Рис. 1). Длина кабельной линии составила 1158 м.

По результатам диагностики было выявлено, что:

- в фазе «А» обнаружен дефект на расстоянии 833 м (пример – Рис. 6);
- в фазе «С» обнаружен дефект на расстоянии 176 м (пример – Рис. 7);
- по результатам калибровки определены расстояния до соединительных муфт на расстоянии 653 м (дефекты изоляции не обнаружены)



# Примеры выполненных работ по диагностике КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена

## Диагностика КЛ СПЭ 10кВ в КЭС.

Амплитудное распределение импульсов ЧР(пКл) по длине кабеля (м) ф.А:

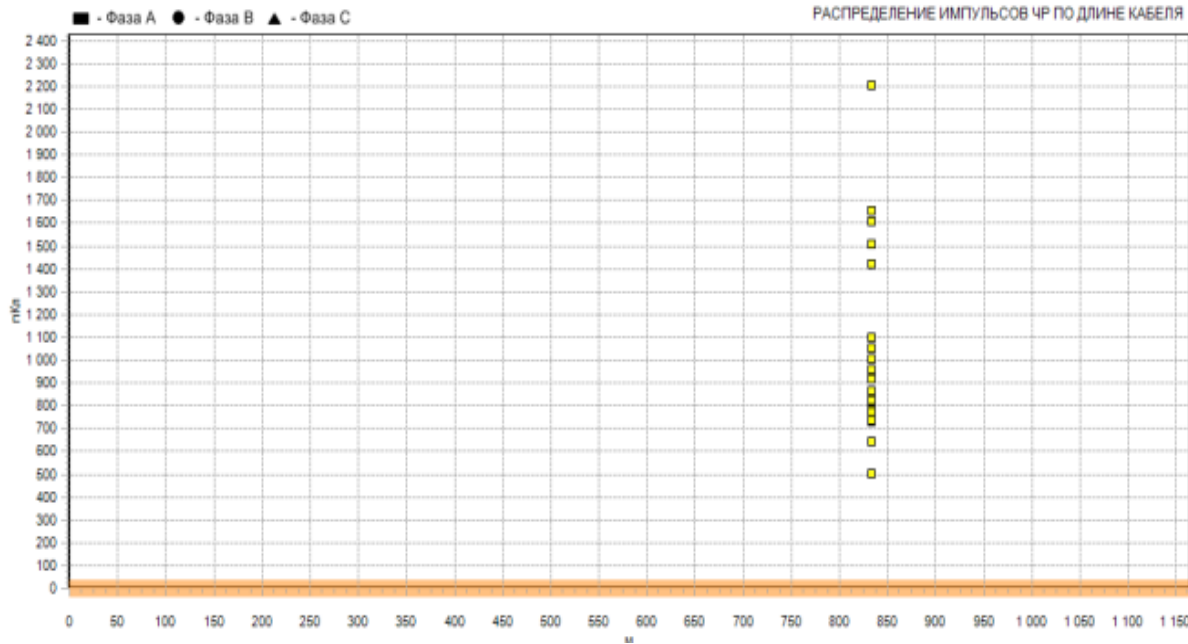


Рис. 6 Пример распределения ЧР в фазе «А» по телу кабеля.

Амплитудное распределение импульсов ЧР(пКл) по длине кабеля (м) ф.С:

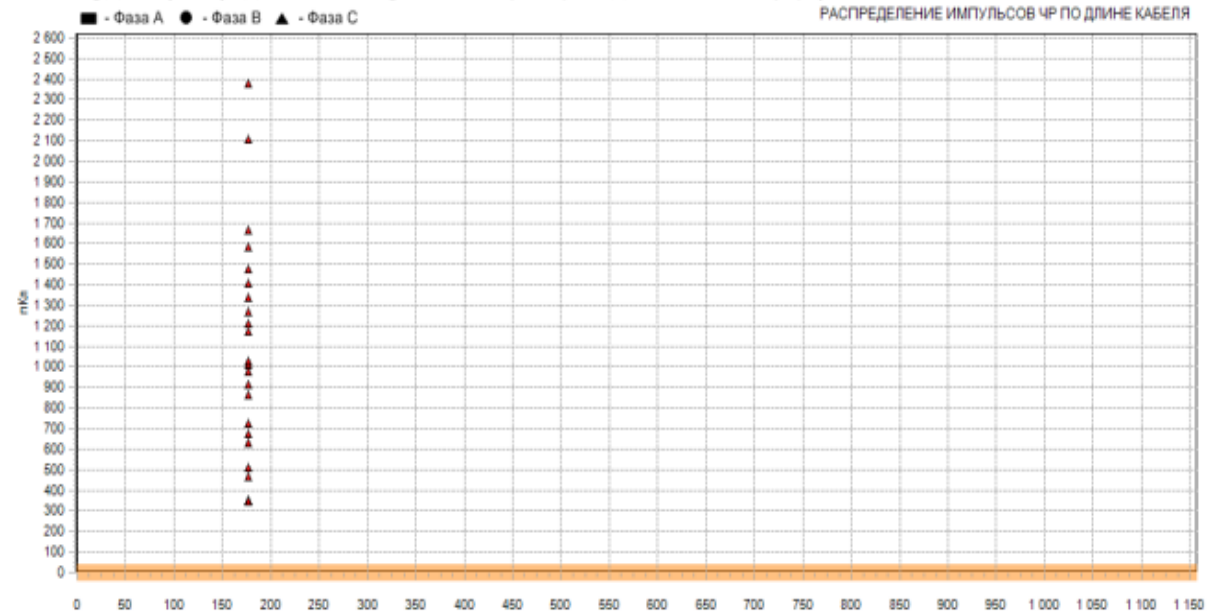


Рис. 7 Пример распределения ЧР в фазе «С» по телу кабеля.

## Результаты

В результате получаем:

- предупреждение возникновения аварийных ситуаций, не связанных с механическими повреждениями кабельных линий;
  - цель таких испытаний не добиться пробоя изоляции в слабом месте, а его прогнозирование;
  - применение меньших напряжений и времени снижает уровень старения изоляции кабельных линий;
  - видимый результат — информация о текущем состоянии изоляции и ее остаточном ресурсе.
- Возможность сохранения данных позволяет отслеживать динамику изменения состояния изоляции.

При помощи этих систем решаются следующие задачи:

- проверка рабочих характеристик испытываемых объектов;
- планирование обслуживания и замены муфт и секций кабеля и проведения профилактических мероприятий;
- значительное сокращение количества вынужденных простоев;
- увеличение сроков службы кабельных линий за счет использования неразрушающих методов диагностики.



**Спасибо за внимание!**