



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ЭЛЕКТРОИНЖИНИРИНГ
ДИАГНОСТИКА И СЕРВИС

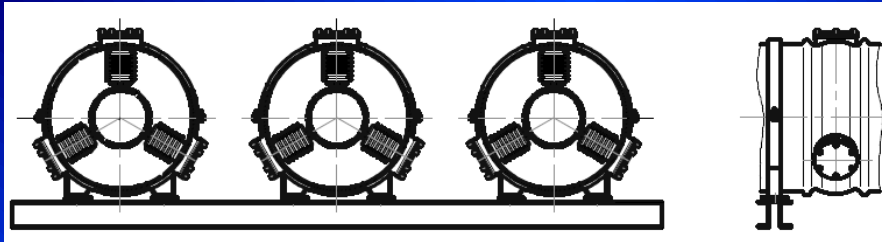
Диагностика экранированных токопроводов и токопроводов с литой изоляцией

Долин А.П. – генеральный директор ООО НТЦ «ЭДС»
Долин С.А. – главный специалист ООО НТЦ «ЭДС»

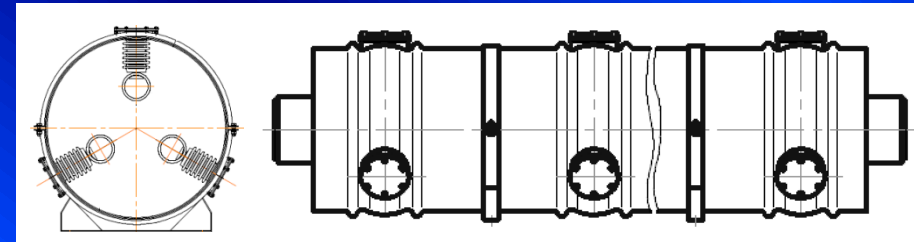
Москва
2017

Экранированные токопроводы

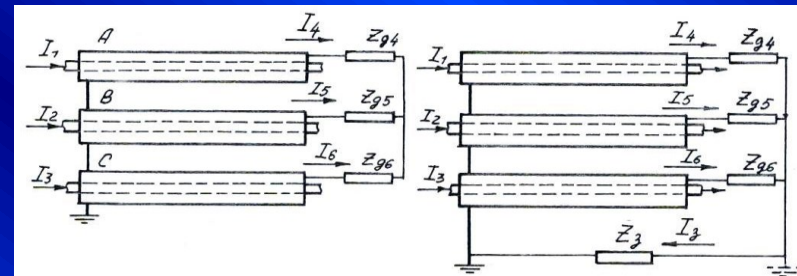
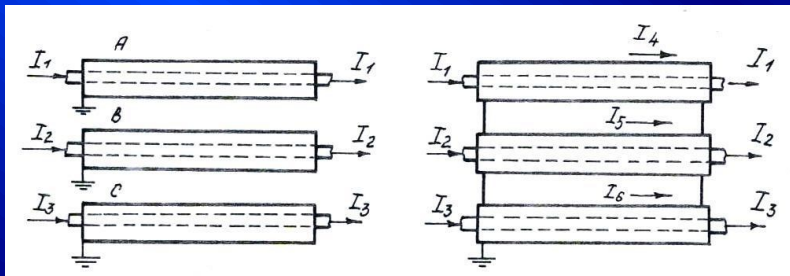
Пофазно-экранированные



С общим экраном



Схемы соединений оболочек
пофазно-экранированных токопроводов



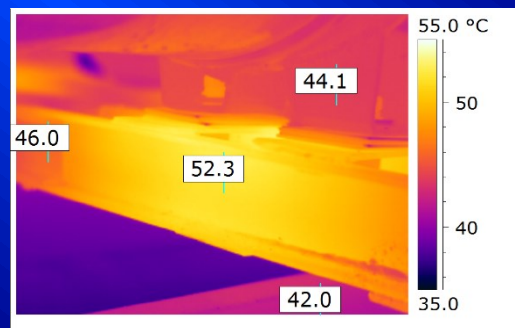
Дефекты токопроводов

Дефект	Метод
Механические повреждения и другие дефекты экранов и компенсаторов,	Осмотр
Потеря изоляции экранов	Тепловидение
Дефекты перемычек	Тепловидение, осмотр
Трещины, увлажнение и загрязнение поверхности опорных изоляторов	1) Испытания повышенным напряжением 2) Локация ЧР

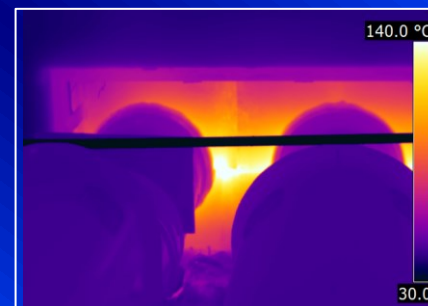
Повреждения экранов



Потеря изоляции экранов и нагрев опорной балки



Аномально высокий нагрев токовой перемычки

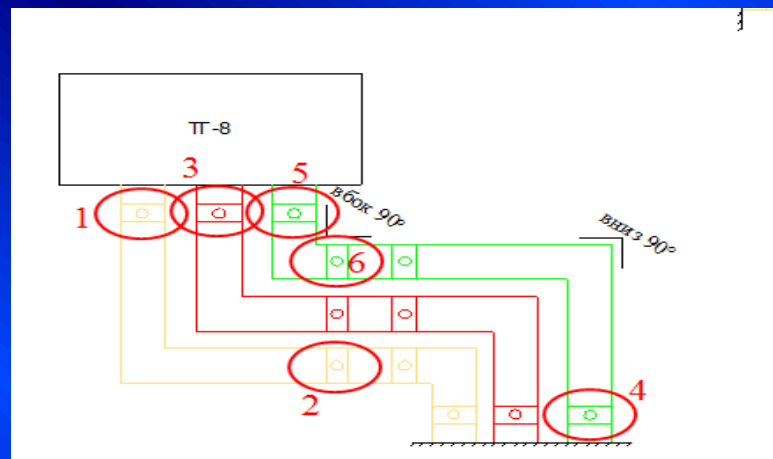


Диагностика опорных изоляторов токопроводов

Токопровод ТЭНЭ-20



Разметка токопровода на участки и выполнение эскиза трассы



Методы диагностики опорных изоляторов

Разрушающий контроль
(испытания повышенным напряжением)

- + однозначное определение **развитого** дефекта
- необходимость вывода оборудования из работы;
- необходимость ремонтных работ при обнаружении дефекта
- Проблема локализации дефекта

Неразрушающий контроль
(локация ЧР)

- + не требует вывода оборудования из работы
- + выявление дефектов до разрушения изоляторов
- возможные ошибки I и II рода

Обследование токопроводов

Обследование каждого пояса
изоляторов токопровода
акустическим и индукционным
методом



Прибор AR-200
для акустической
локации



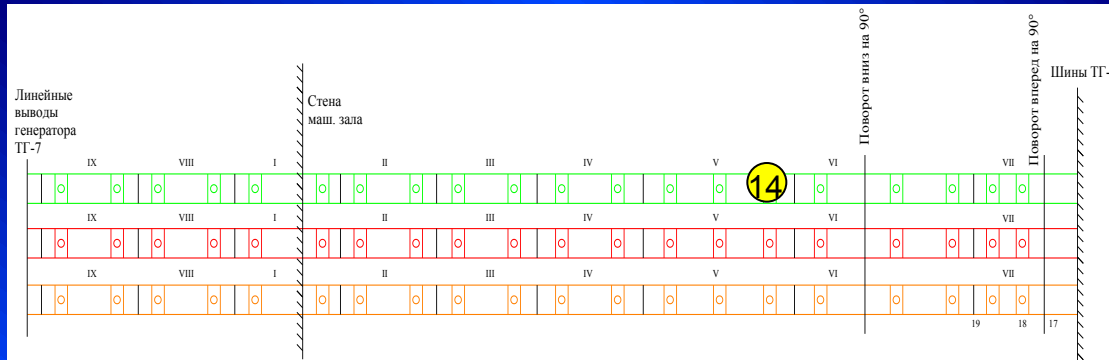
Прибор R400 для
электромагнитной
локации ЧР



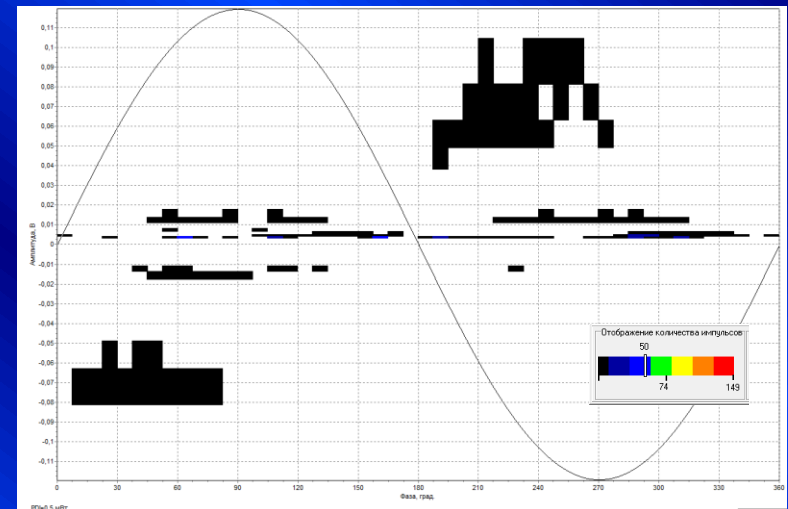
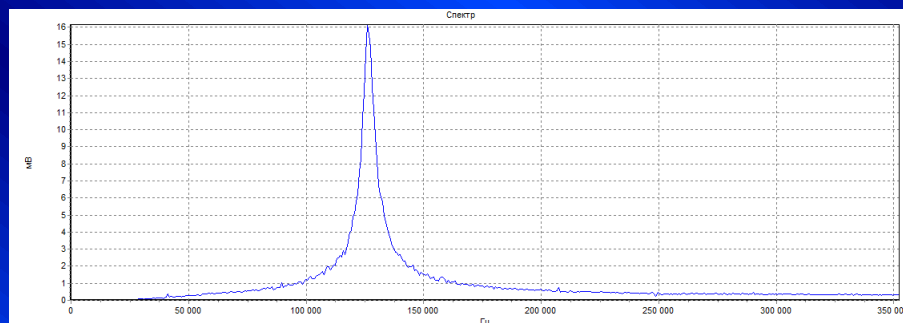
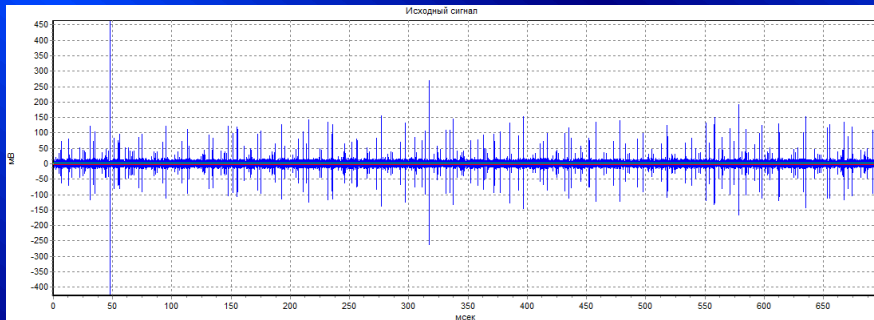
Диагностика экранированных токопроводов

Фотография места обнаружения сигналов на фазе А токопровода 10 кВ ТЭНЕ-10

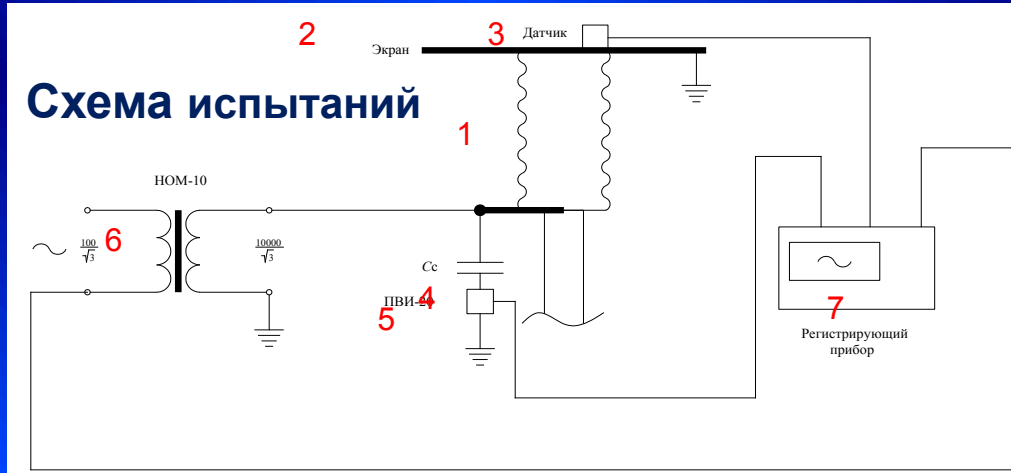
Эскиз трассы токопровода 10 кВ ТЭНЕ-10



Осциллограмма, спектр импульсов акустического сигнала, амплитудно-фазовое распределение импульсов сигнала на фазе А токопровода 10 кВ ТЭНЕ-10



Экспериментальные исследования образцов дефектов изоляторов



1 – изолятор; 2 – экран; 3 – датчики; 4 – высоковольтный конденсатор;
5 – высокочастотный датчик ЧР; 6 – трансформатор НОМ-10;
7 – регистрирующий прибор

Установка акустических и индукционных датчиков на экране



Цифровой осциллограф Tektronix
TPS2024 с пиковым детектором на 10
нс и полосой пропускания до 200 МГц



Объект исследования

Дефектный изолятор типа ИОР-10-7,5 III М УХЛ2



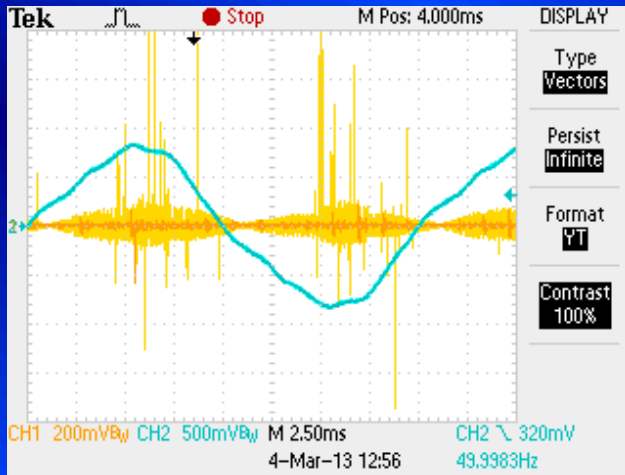
Рабочий изолятор типа ИОР-10



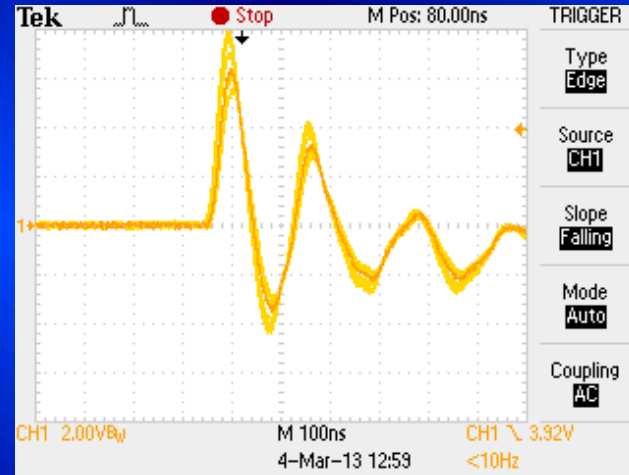
Осциллограммы электрических сигналов на увлажненном и загрязненном изоляторе

Осциллограммы разрядной активности

В режиме накопления
на развертке 2,5 мс/дел

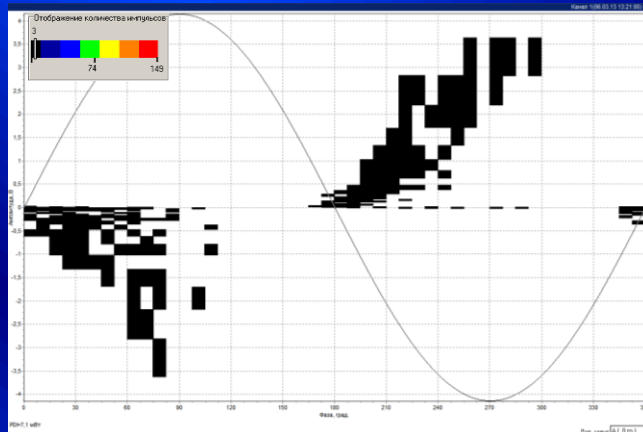


На развертке 100 нс/дел

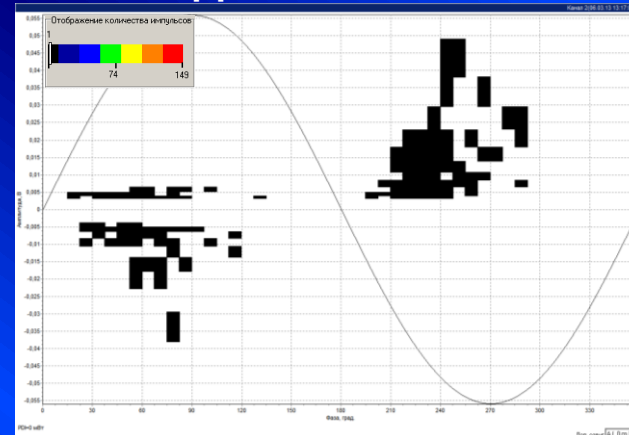


Амплитудно-фазовые распределения импульсов сигналов, зарегистрированных прибором R400

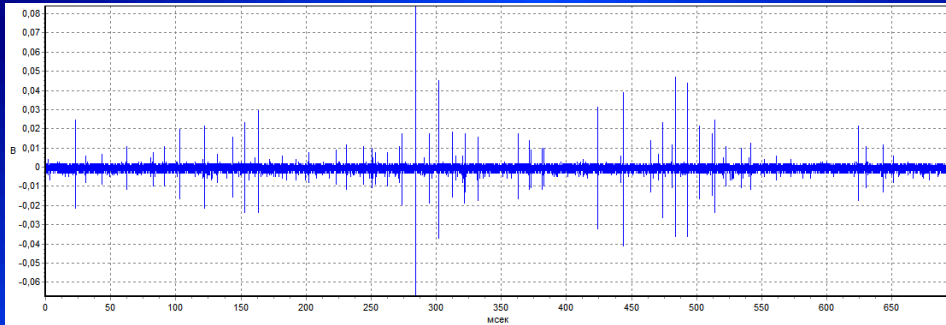
Высокочастотный датчик



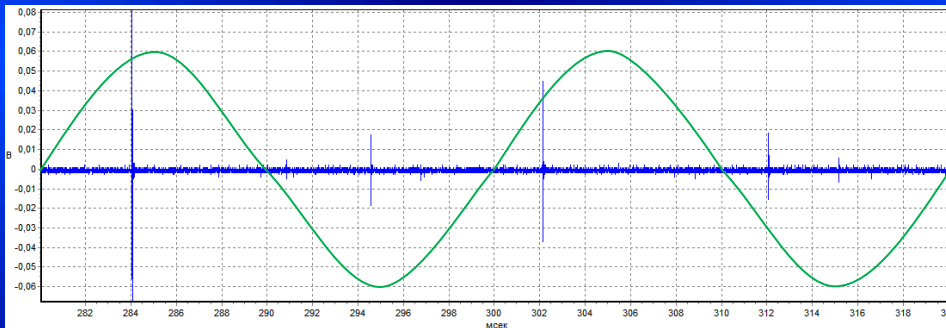
Датчик RFCT-6



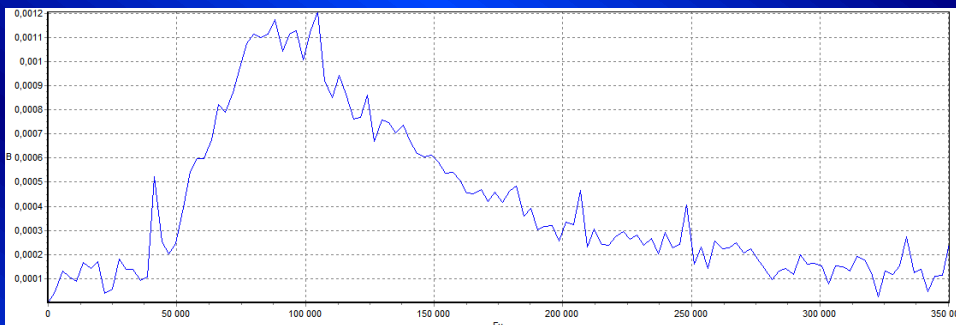
Результаты акустической локации электрических разрядов AR200 на увлажненном и загрязненном изоляторе



Исходный акустический сигнал



Исходный акустический сигнал в интервале времени 280-320 мс

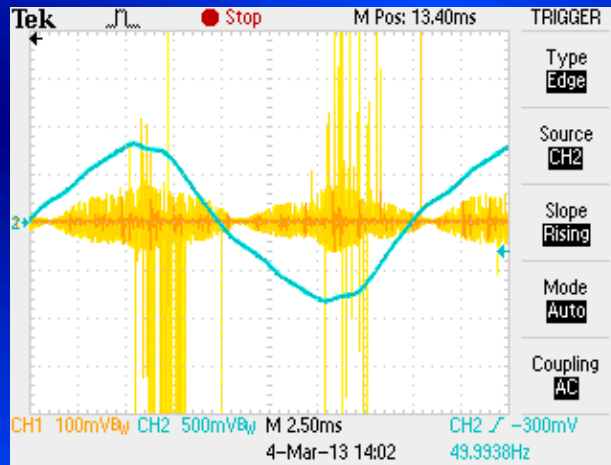


Спектр акустического сигнала

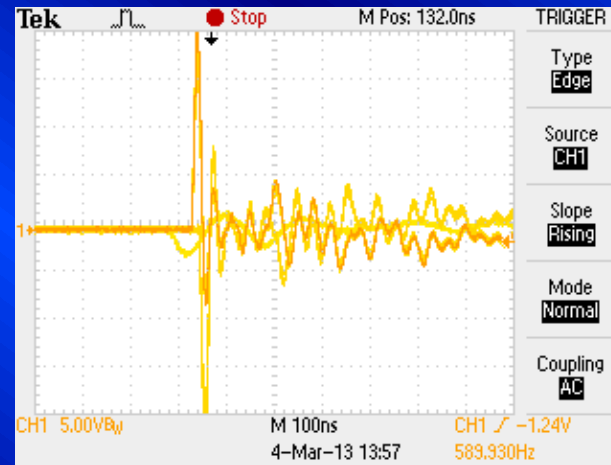
Осциллограммы электрических сигналов на сухом изоляторе с трещинами

Осциллограммы разрядной активности

В режиме накопления
на развертке 2,5 мс/дел

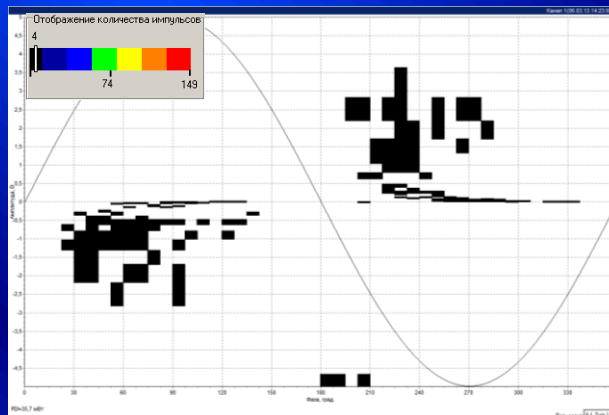


На развертке 100 нс/дел

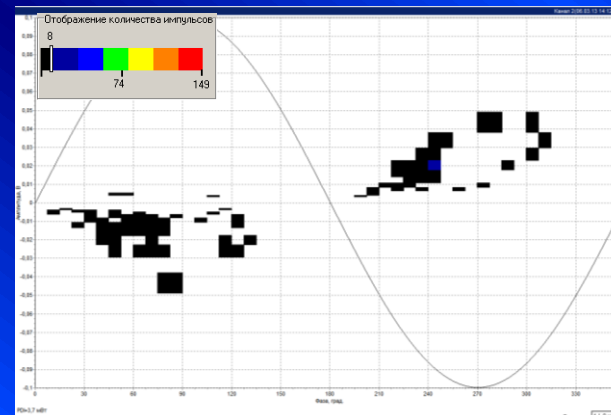


Амплитудно-фазовые распределения импульсов сигналов, зарегистрированных прибором R400

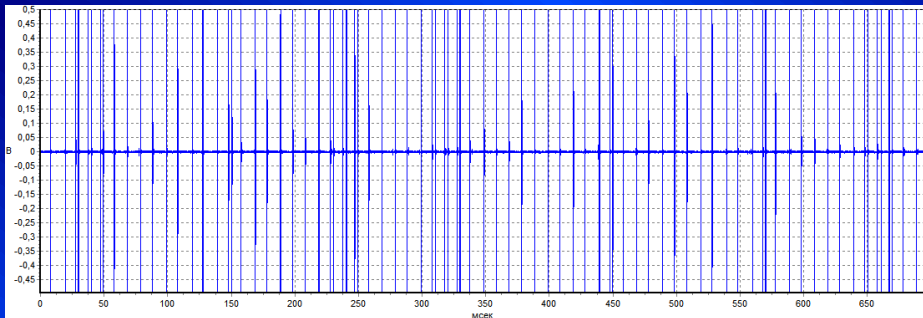
Высокочастотный датчик



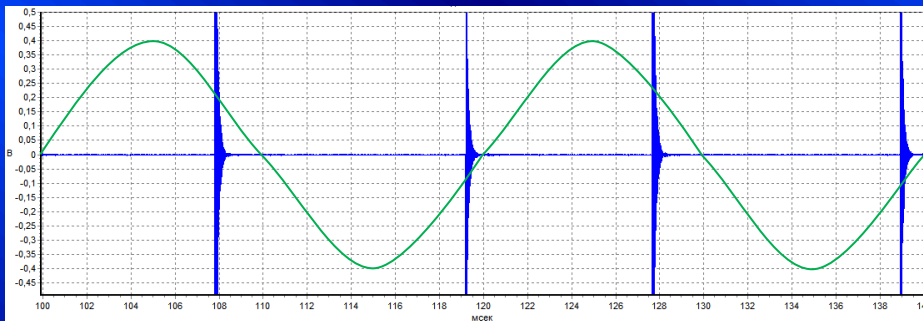
Датчик RFCT-6



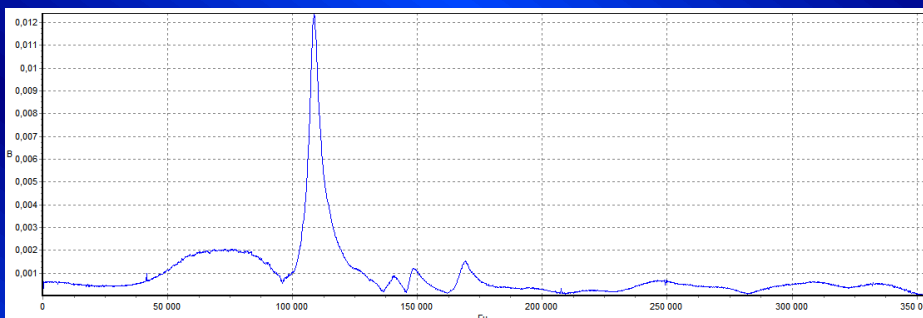
Результаты акустической локации электрических разрядов AR200 на сухом изоляторе с трещиной



Исходный акустический сигнал



Исходный акустический сигнал в интервале времени 100-140 мс

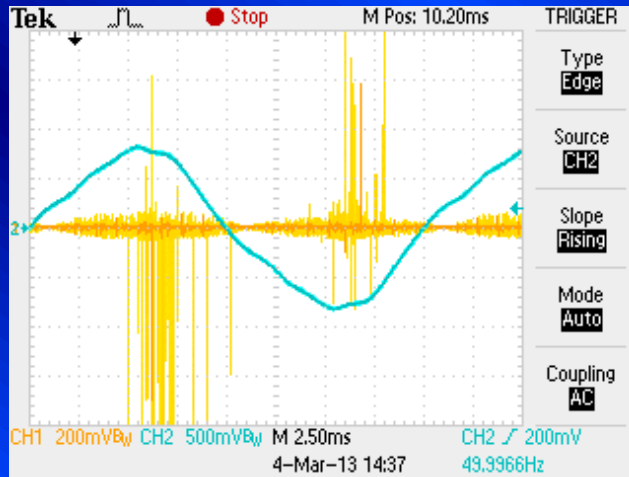


Спектр акустического сигнала

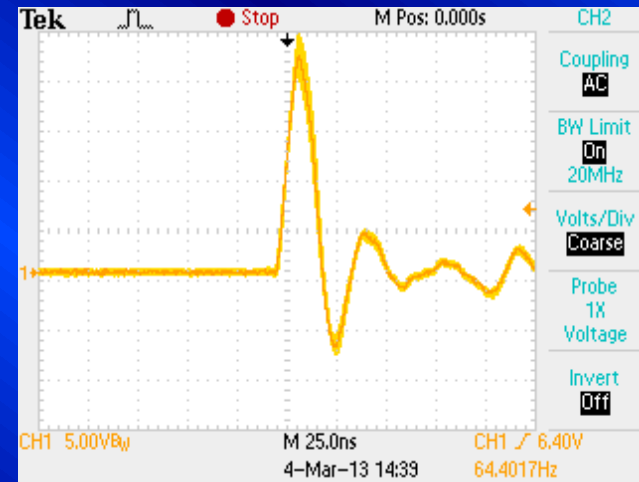
Осциллограммы электрических сигналов на увлажненном и загрязненном изоляторе с трещинами

Осциллограммы разрядной активности

В режиме накопления
на развертке 2,5 мс/дел

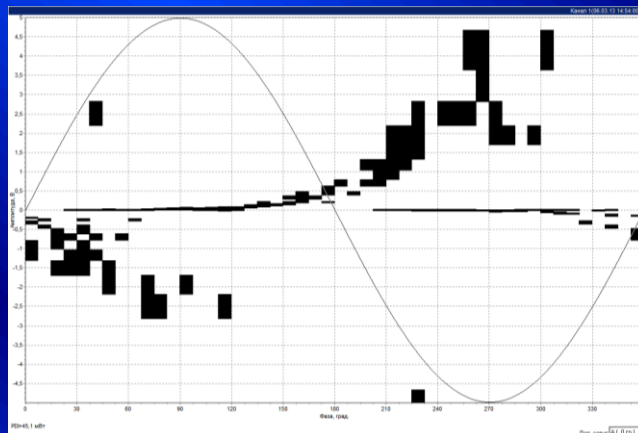


На развертке 25 нс/дел

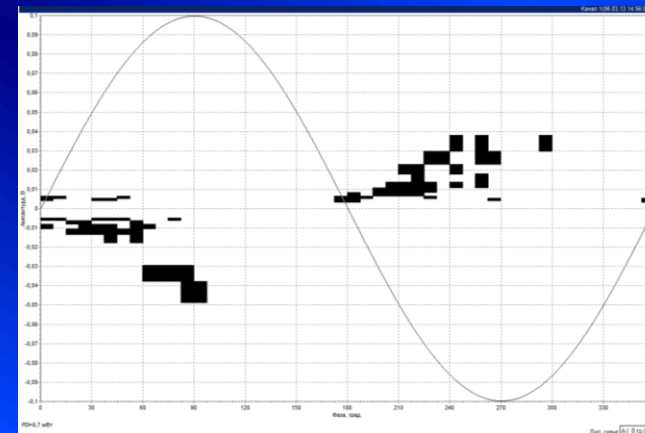


Амплитудно-фазовые распределения импульсов сигналов, зарегистрированных прибором R400

Высокочастотный датчик

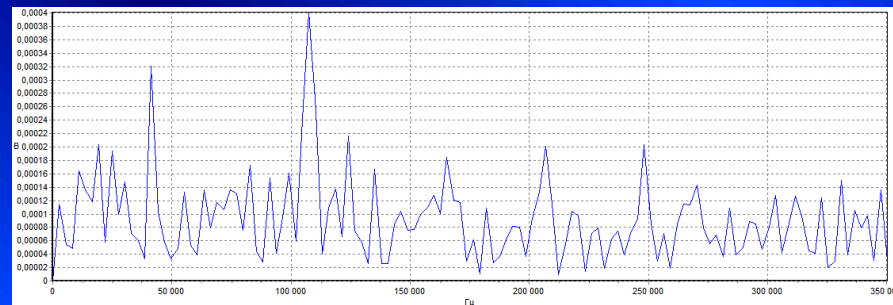
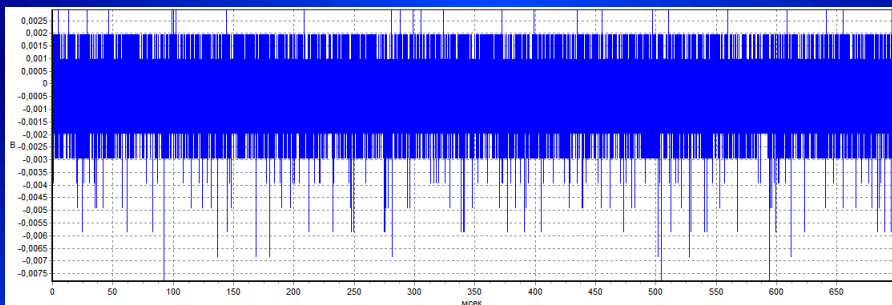


Датчик RFCT-6

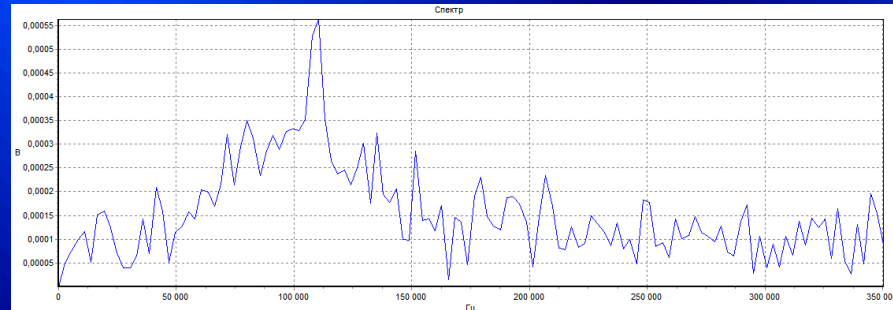
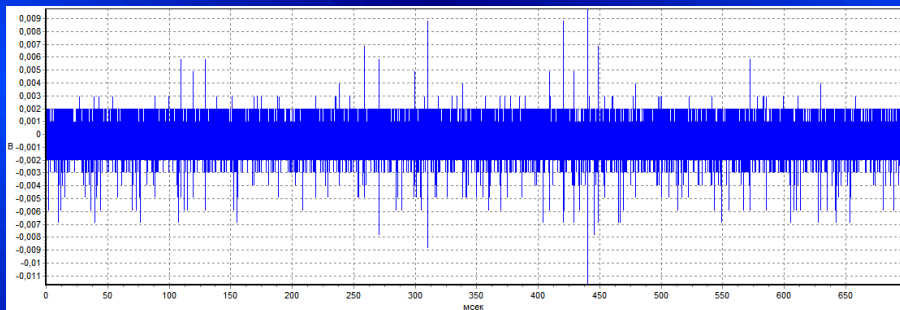


Изменение акустического сигнала на увлажненном и загрязненном изоляторе с трещиной

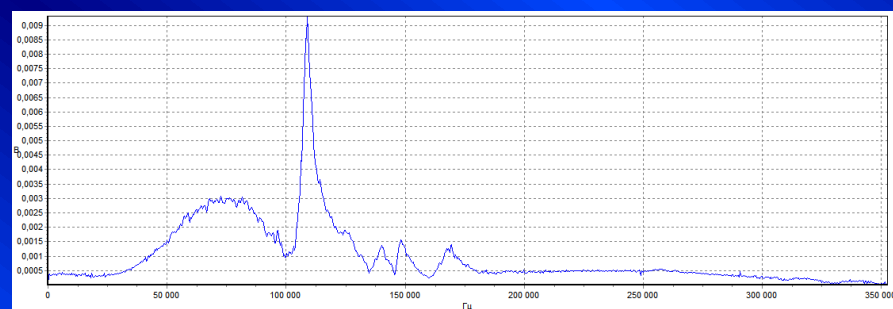
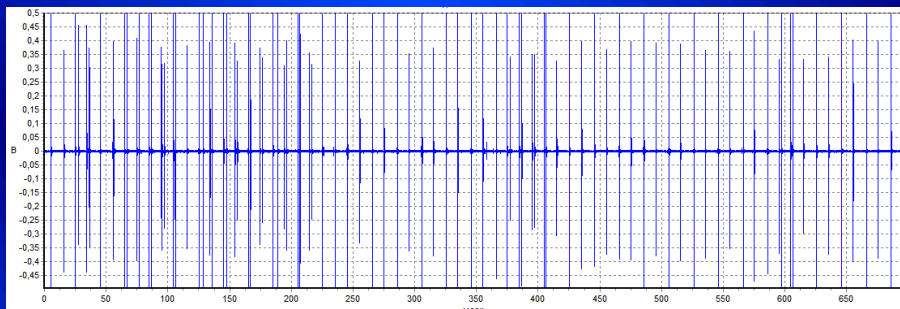
$U_{\phi} = 4,0 \text{ кВ}$ ($U_{\Gamma} = 6,93 \text{ кВ}$)



$U_{\phi} = 5,0 \text{ кВ}$ ($U_{\Gamma} = 8,66 \text{ кВ}$)

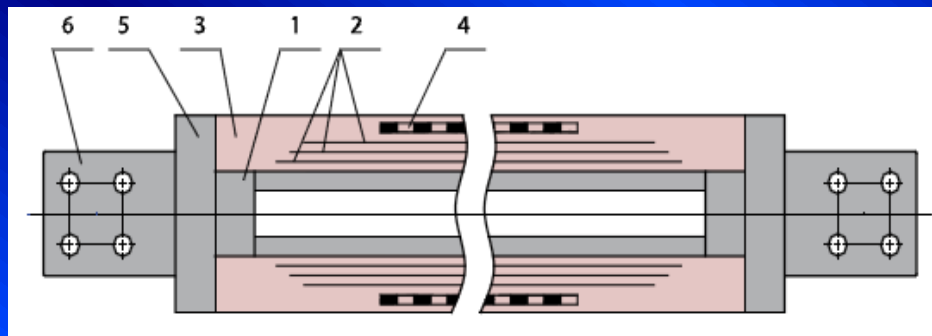


$U_{\phi} = 6,1 \text{ кВ}$ ($U_{\Gamma} = 10,56 \text{ кВ}$)



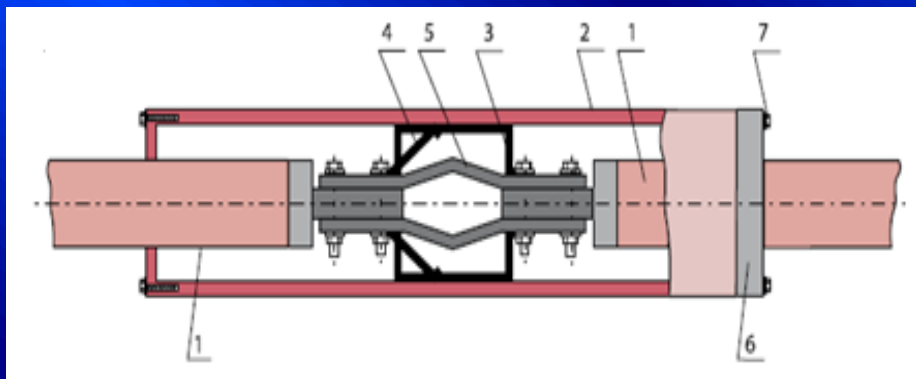
Конструктивные особенности пофазно изолированных токопроводов с литой изоляцией напряжением 6-35 кВ

Секция токопровода



- 1 – токоведущий проводник (*Al, Cu*);
- 2 – полупроводящие слои;
- 3 – изоляционный слой;
- 4 – заземляющий слой;
- 5 – фланец (*Al, Cu*);
- 6 – контактная площадка (*Al, Cu*)

Соединение секций токопровода (муфта)



- :1 – секции токопровода;
- 2 – соединительная муфта;
- 3 – металлическое кольцо;
- 4 – контактная пружина;
- 5 – шинный компенсатор;
- 6 – алюминиевый фланец;
- 7 – болт заземления

Область применения

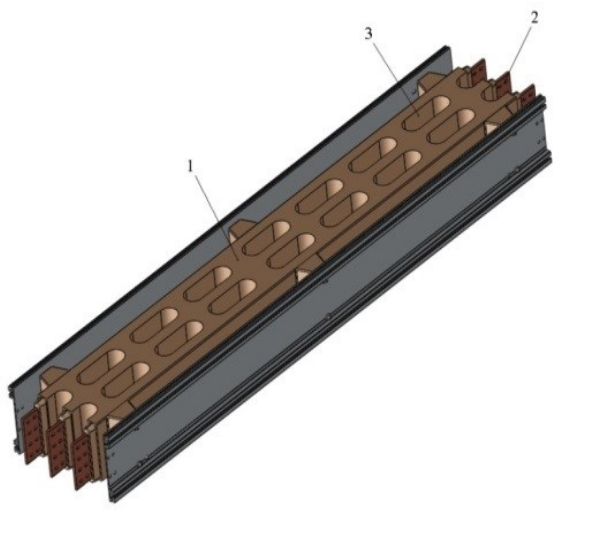
Номинальное напряжение: 6-35 кВ (РФ), 6-170 кВ (за рубежом)

Рабочий ток: до 6500 А и двухпроводные до 12 000 А.

Внутренние и наружные установки

Токопроводы комплектные литые (ТКЛ)

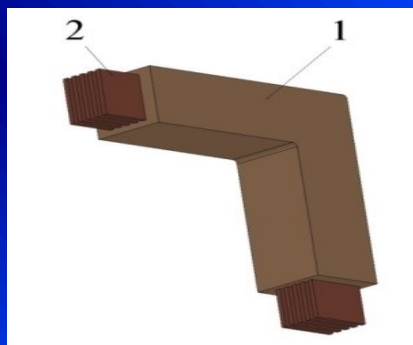
Прямая секция ТКЛ



Трасса токопровода ТКЛ



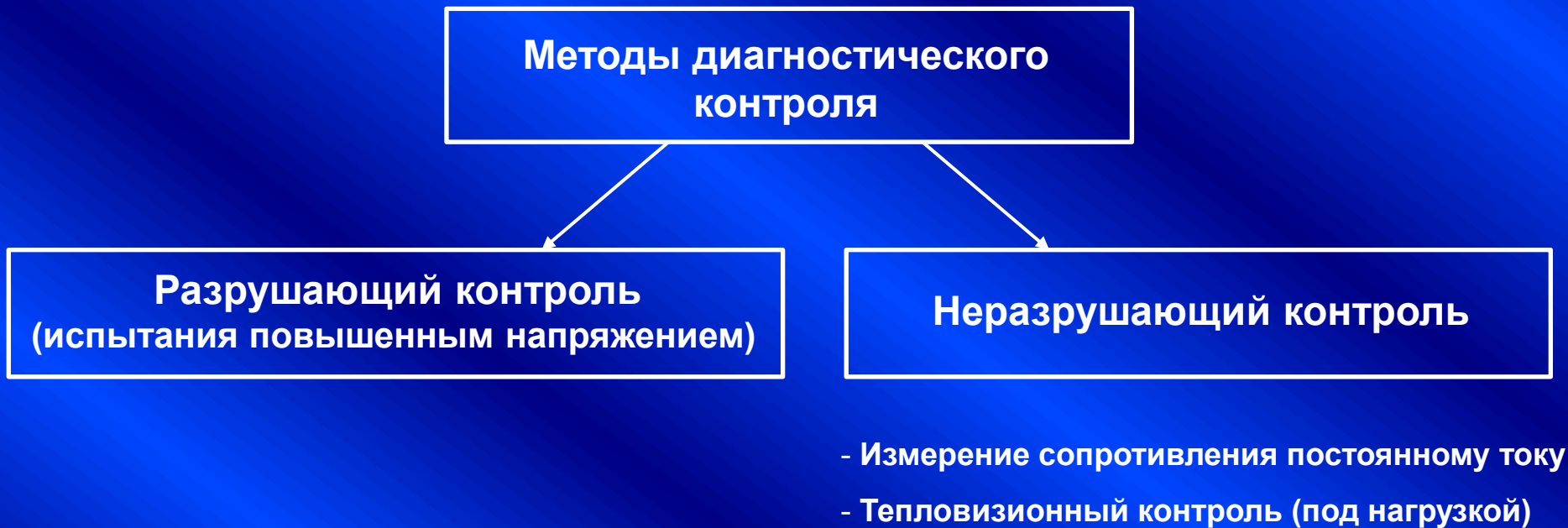
L-образная секция



- 1- защитный кожух
- 2- шины
- 3-изоляция шин



Используемые и рекомендуемые производителями методы диагностического контроля



Основные дефекты:

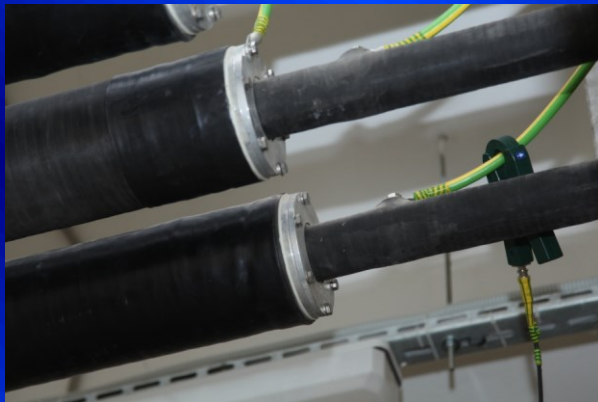
- контактных соединений
- дефекты выравнивающих обкладок и заземлений
- твердой изоляции

Методы измерения частичных и искровых разрядов в ТПЛ

- Локация (измерение) ЧР электромагнитным (безконтактным) методом по длине токопровода прибором DIM-Loc в СВЧ диапазоне и направленной антенны
- Измерение ЧР электрическим методом с использованием высокочастотных датчиков-клещей, устанавливаемых на поводки заземления экранов муфт и поводки заземления экранов секций токопровода
- Локация ЧР акустическим методом

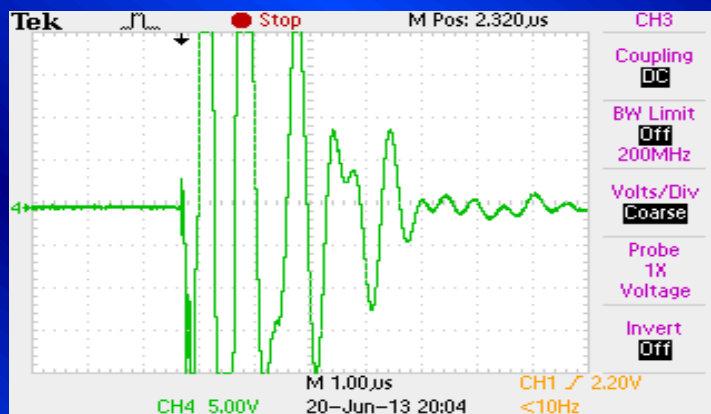


Измерение ЧР электрическим методом

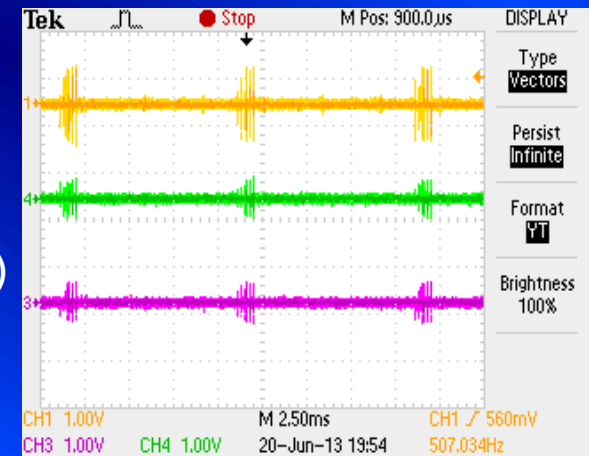


- Датчик, установленный на проводнике заземления обкладки муфты ТПЛ
- Цифровой четырехканальный осциллограф Tektronix TPS2024 с пиковым детектором на 10 нс и полосой пропускания до 200 МГц

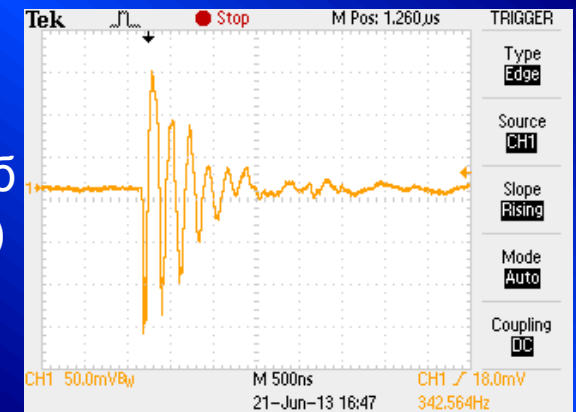
Осциллограммы импульсов искровых разрядов



Осциллограммы импульсов ЧР в изоляции



а)

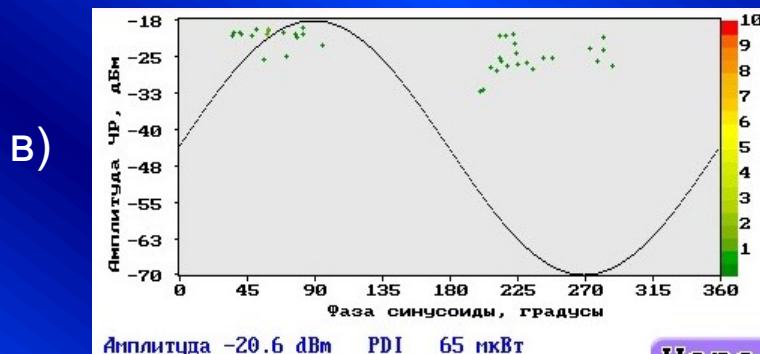
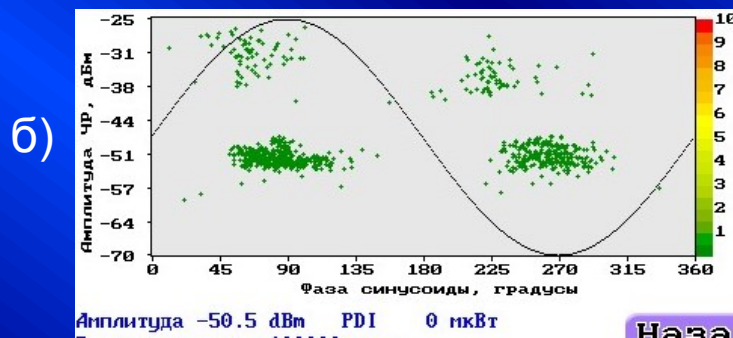
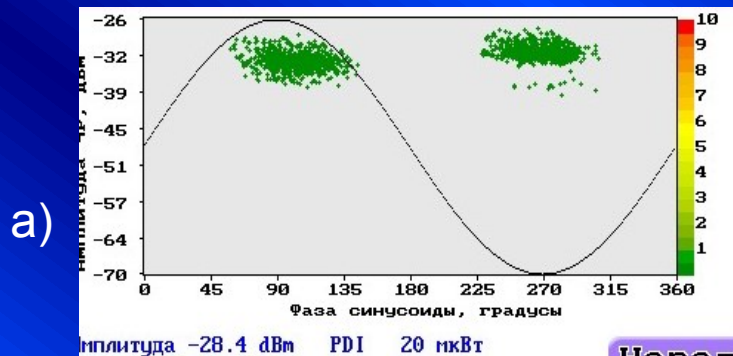


б)

а – на развертке 2,5 мс/дел. (1 период сетевой частоты),
б – на развертке 500 нс/дел.



Измерение ЧР и других электрических разрядов в ТПЛ на ПС «Волхов-Северная»



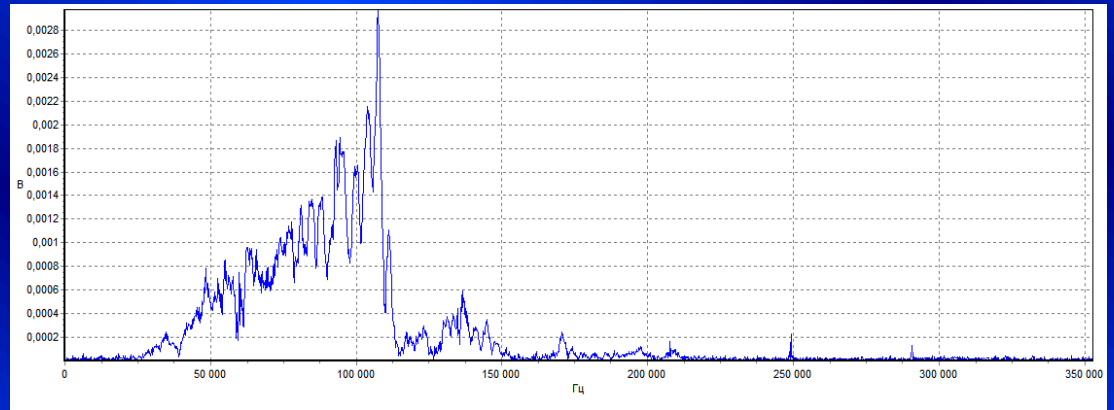
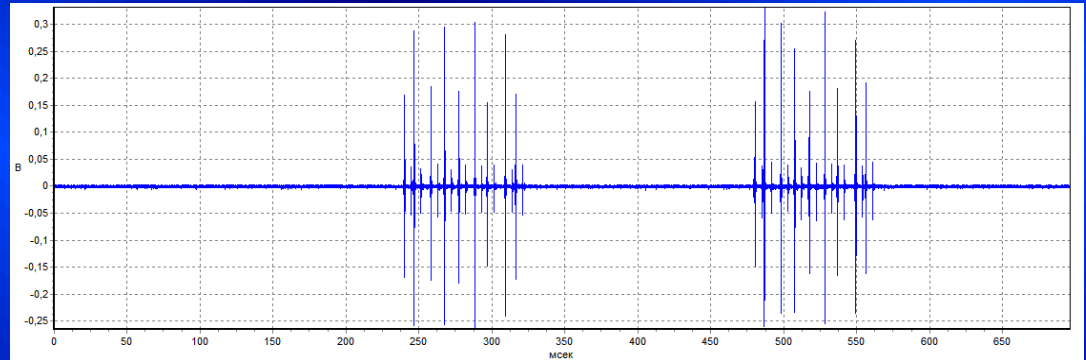
Амплитудно-фазовое распределение импульсов, зарегистрированных высокочастотным сканером а, б) в момент искрения в экране фазы А в) при отсутствии искрения

Кривая промышленной частоты напряжения получена от сети 0,4 кВ и не привязана к обследуемой фазе.

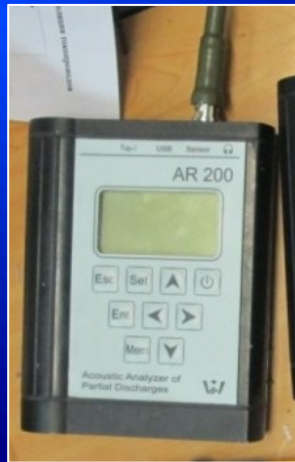


Муфта ТПЛ

Регистрация искровых разрядов акустическим датчиком



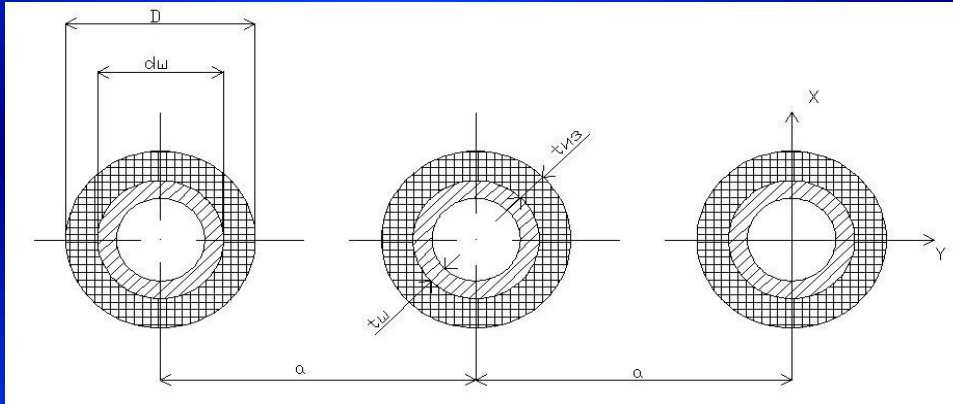
Осциллограмма импульсов и спектр сигнала при искровых разрядах в муфте токопровода



Переносный прибор поиска и анализа частичных разрядов при помощи акустического датчика AR-200



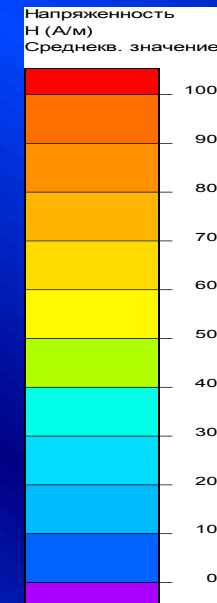
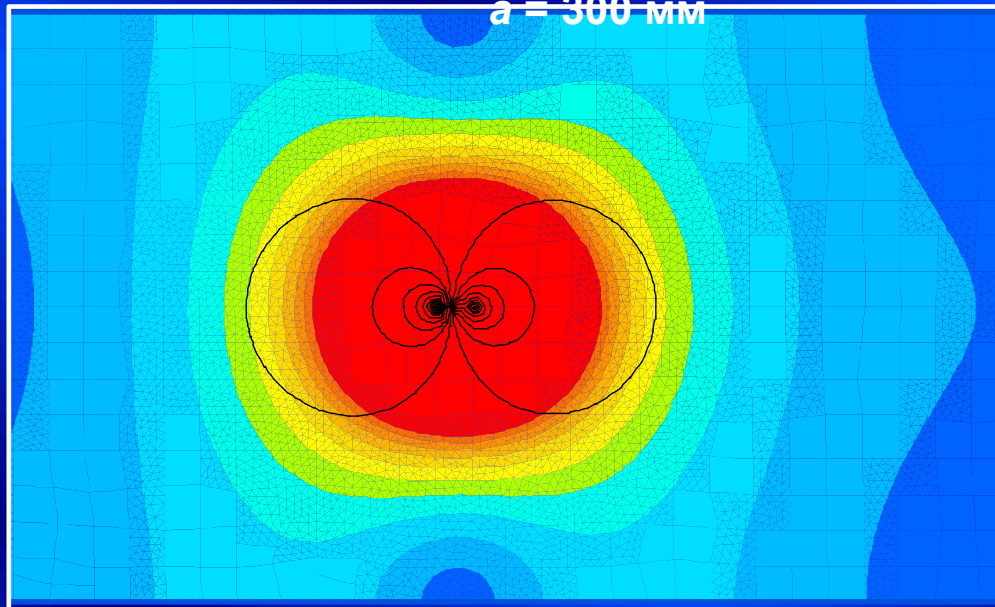
Напряженность магнитного поля ТПЛ



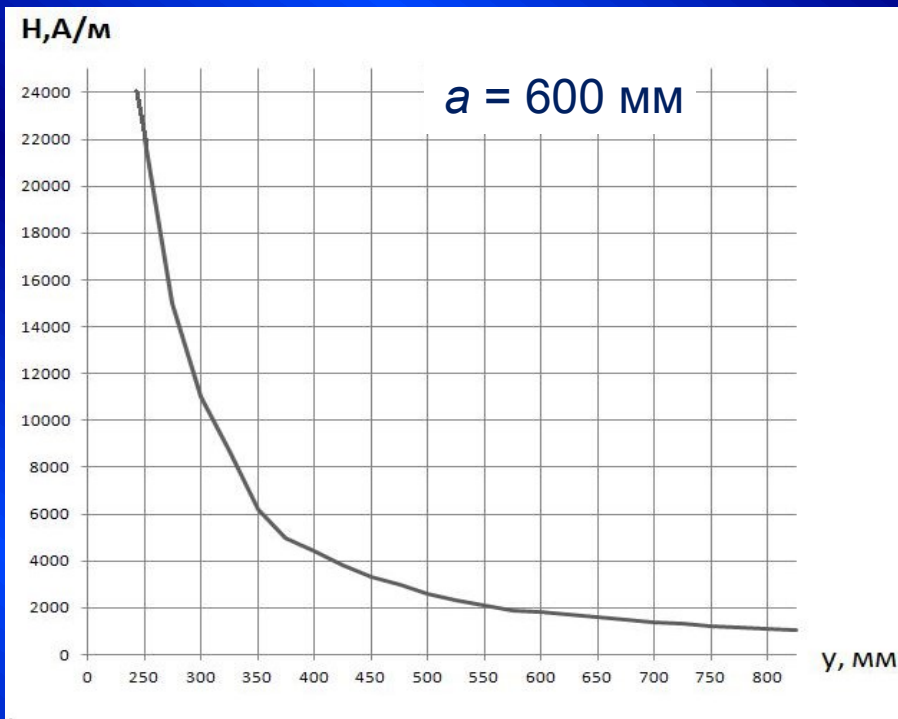
Параметры токопровода
Шины $d_{ш} = 190$ мм, $t_{ш} = 10$ мм,
Изоляция $t_{из} = 7,5$ мм
Диаметр фазы $D = 205$ мм
Расстояния между осями фаз
 $a = 300 \dots 650$ мм

Эпюра напряженности магнитного поля у токопровода с литой изоляцией при рабочем токе 6500 А и расстоянии между фазами

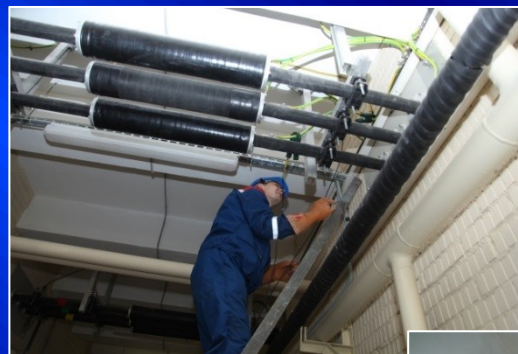
$a = 300$ мм



Расчетные уровни напряженности магнитного поля



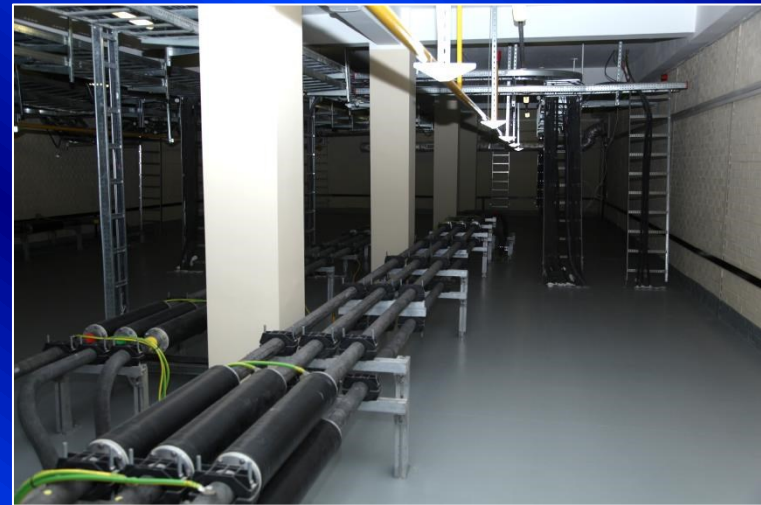
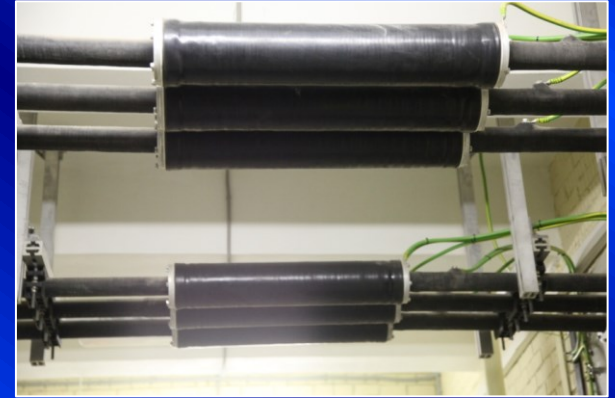
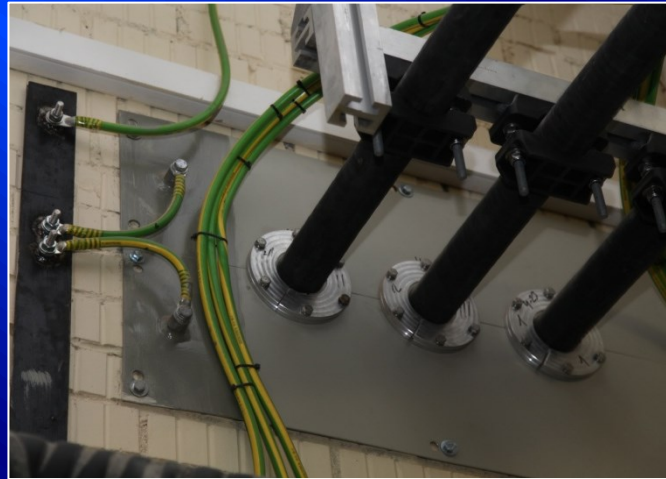
ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Гигиенический норматив. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях» :
 Допустимое значение напряженности магнитного поля (действующее значение) равно **16 А/м**



Предельно допустимые уровни воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц (СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	Общем	локальном
<= 1	1600 / 2000	6400/8000
2	800 / 1000	3200 / 4000
4	400 / 500	1600 / 2000
8	80 / 100	800 / 1000

Трассировка токопроводов



Заключение и выводы

Для обеспечения эксплуатационной надежности и безопасного обслуживания токопроводов с литой изоляцией необходимо:

1) проводить измерение ЧР при послемонтажном и периодическом эксплуатационном диагностическом контроле;

2) при проектировании трасы и эксплуатации токопроводов учитывать уровень напряженности магнитного поля вблизи токопроводов и при высоких напряженностях ограничить зону и время пребывания персонала.

Спасибо за внимание !

