



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ЭЛЕКТРОИНЖИНИРИНГ  
ДИАГНОСТИКА И СЕРВИС

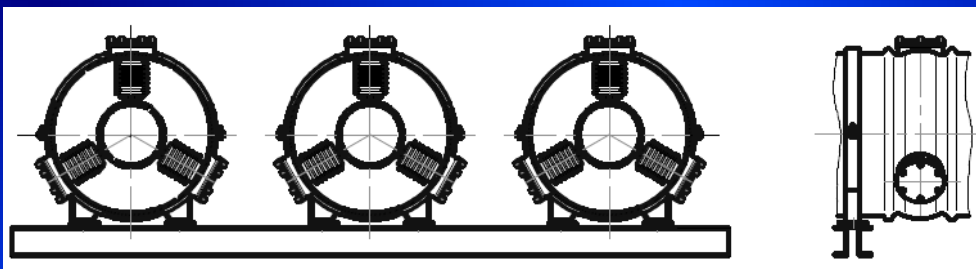
# Диагностика и расчет электромагнитных и тепловых процессов в экранированных токопроводах в различных режимах

Долин А.П., Мацапура Д.В.

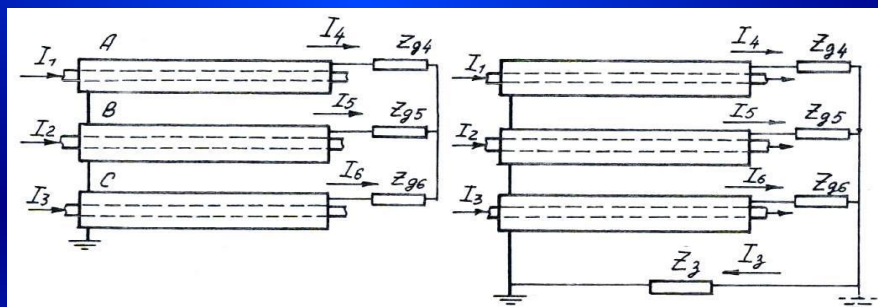
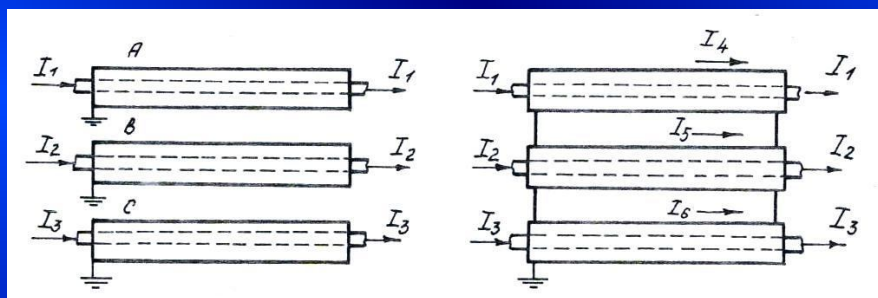
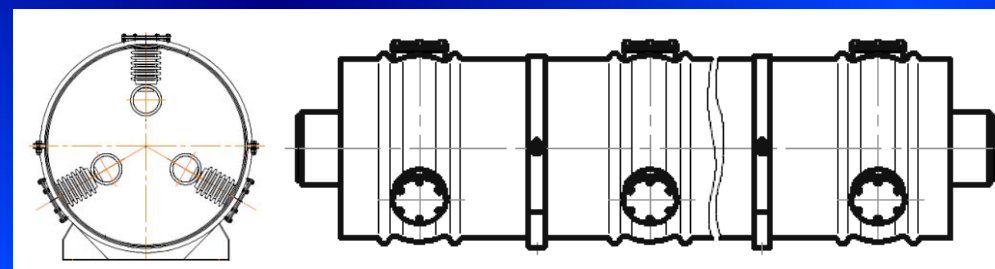
Пермь 2013

# Обследуемые токопроводы

## Пофазно-экранированные



## С общим экраном



Схемы соединений оболочек  
пофазно-экранированных токопроводов

## Методы диагностики

Разрушающий  
контроль

Неразрушающий  
контроль

# Дефекты токопроводов

- дефекты опорных изоляторов  
(трещины, увлажнение и загрязнение поверхности)
- дефекты перемычек
- дефекты изоляции экрана

## Методы диагностики дефектов опорных изоляторов

### Разрушающий контроль (испытания повышенным напряжением)

- + точное определение дефекта
- необходимость вывода оборудования из работы;  
необходимость ремонтных работ при наличии дефекта

### Неразрушающий контроль (измерение ЧР)

- + не требует вывода оборудования из работы  
своевременное выявление развивающихся дефектов
- возможные ошибки I и II рода

# Обследование токопроводов

Токопровод ТЭНЭ-20



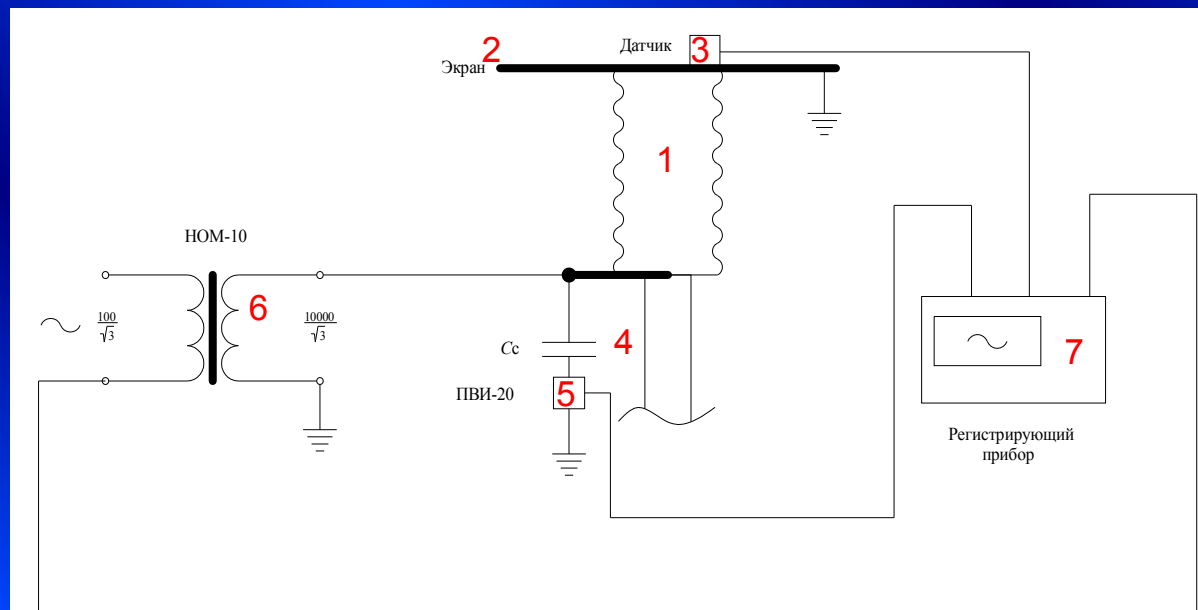
Разметка токопровода на участки и выполнение эскиза трассы токопровода



Обследование каждого пояса изоляторов токопровода акустическим и индукционным методом приборами AR200 и R400



# Испытательная установка



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



# Приборы, используемые для исследования дефектов изоляторов



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



Переносной прибор для измерения и анализа частичных разрядов в высоковольтной изоляции R400



Цифровой четырехканальный 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



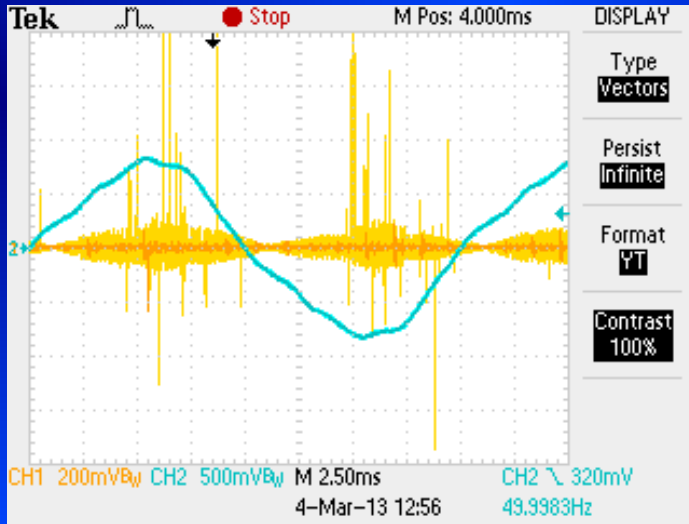
Рабочий изолятор типа ИОР-10



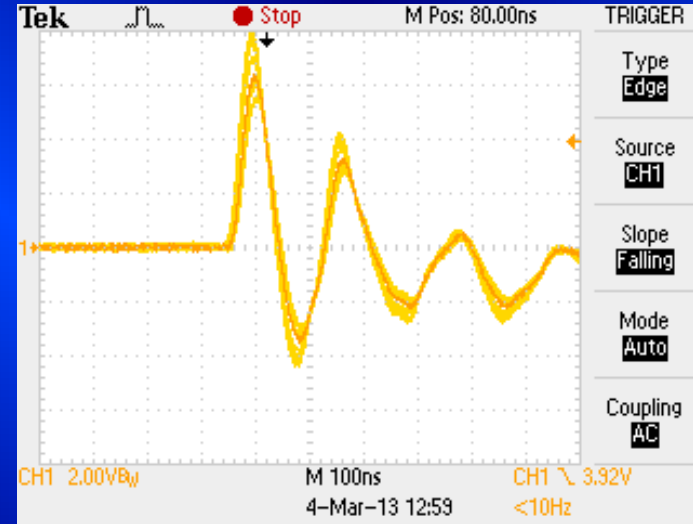
# Осциллограммы электрических сигналов на увлажненном и загрязненном изоляторе

Осциллограммы разрядной активности

В режиме накопления  
на развертке 2,5 мс/дел

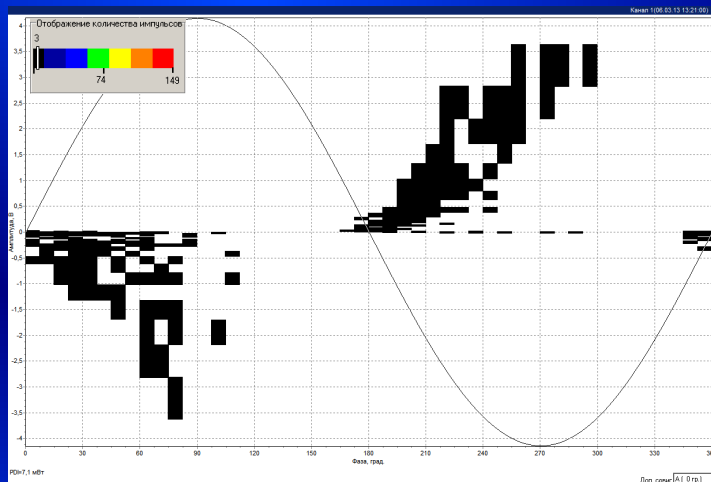


На развертке 100 нс/дел

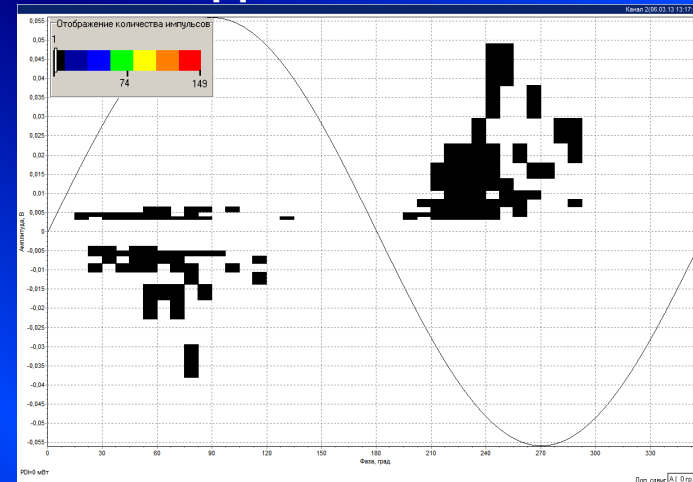


Амплитудно-фазовые распределения импульсов сигналов, зарегистрированных прибором R400

Высокочастотный датчик

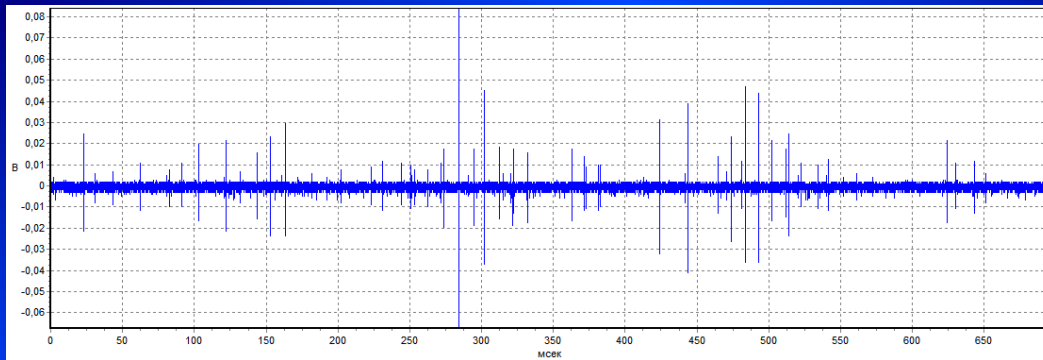


Датчик RFCT-6

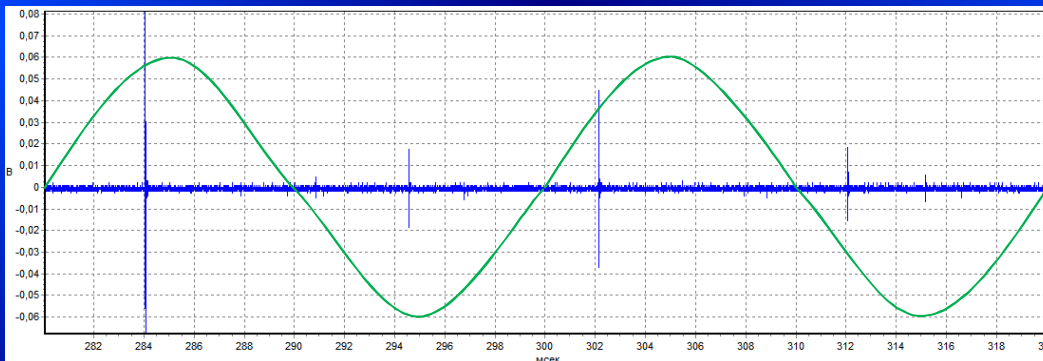




# Результаты акустической локации электрических разрядов AR200 на увлажненном и загрязненном изоляторе



Исходный акустический сигнал



Исходный акустический сигнал в интервале времени 280-320 мс

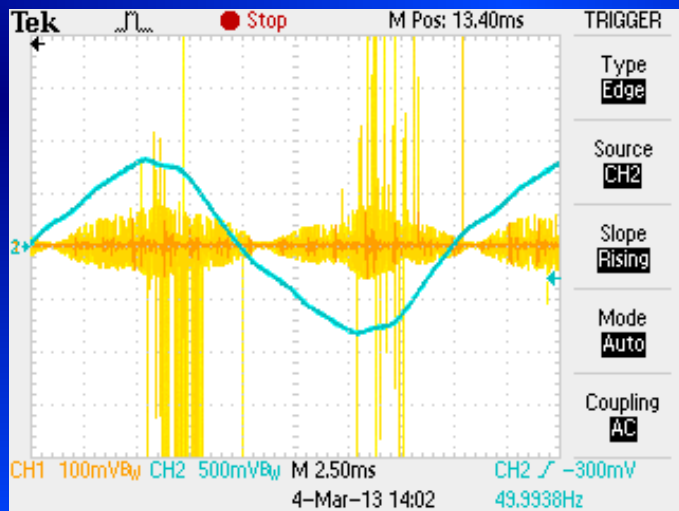


Спектр акустического сигнала

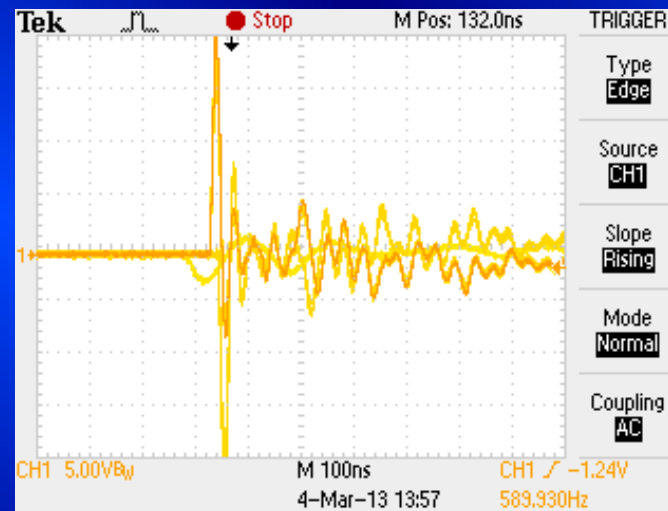
# Осциллограммы электрических сигналов на сухом изоляторе с трещинами

Осциллограммы разрядной активности

В режиме накопления  
на развертке 2,5 мс/дел

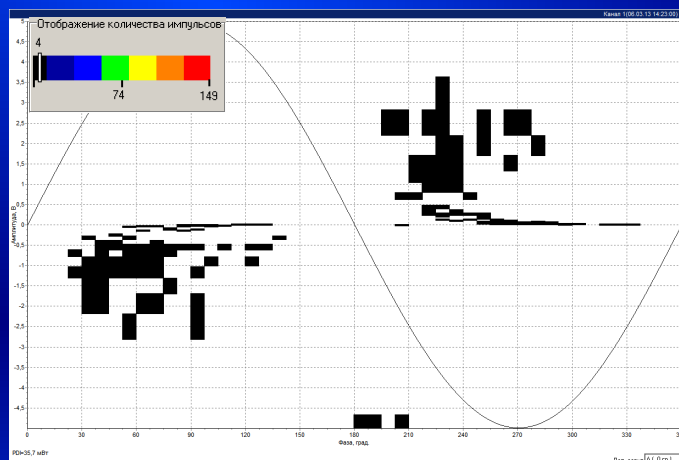


На развертке 100 нс/дел

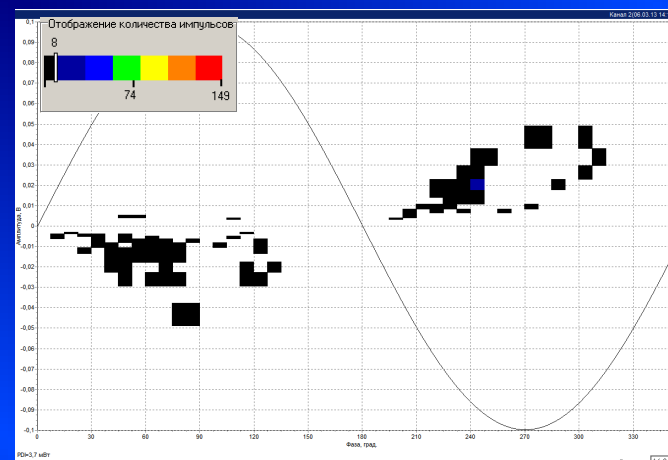


Амплитудно-фазовые распределения импульсов сигналов, зарегистрированных прибором R400

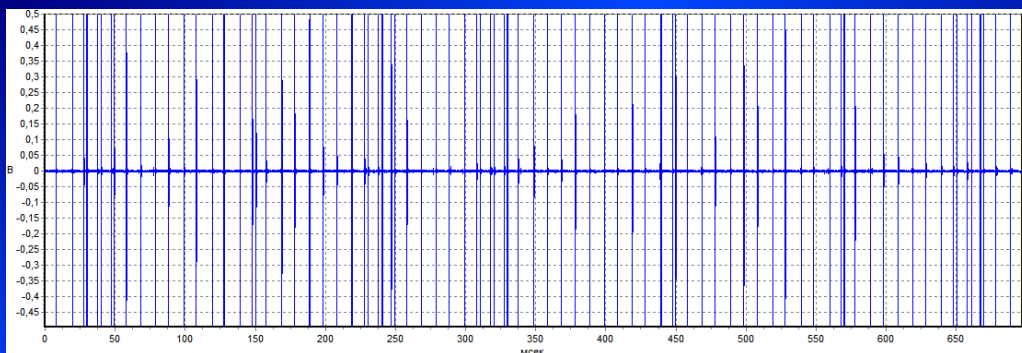
Высокочастотный датчик



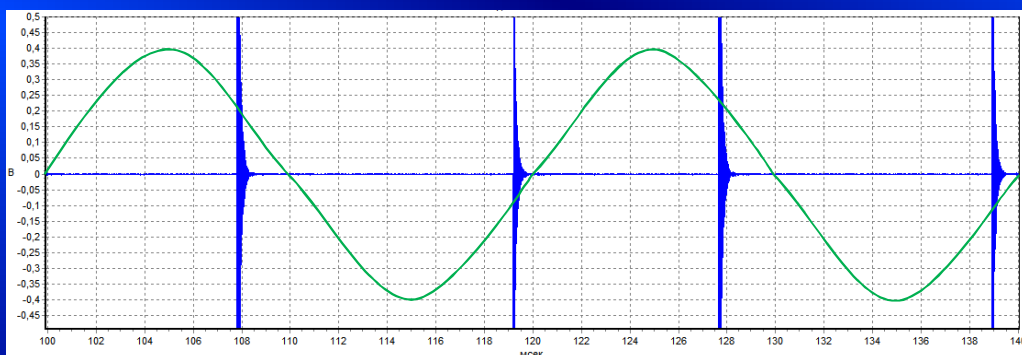
Датчик RFCT-6



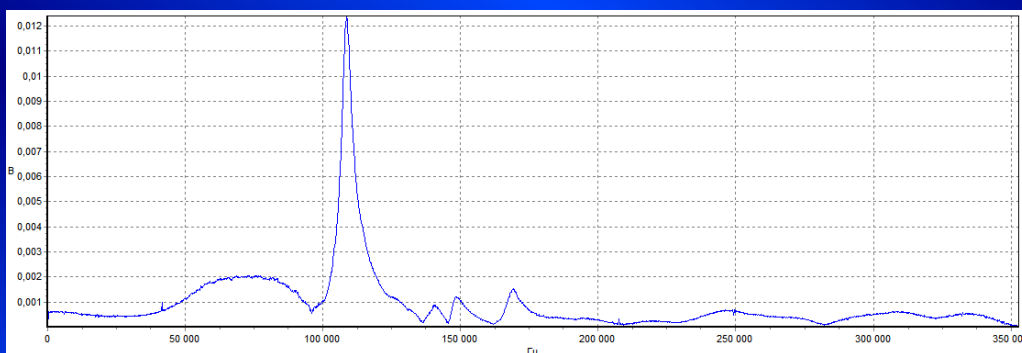
# Результаты акустической локации электрических разрядов AR200 на сухом изоляторе с трещинами



Исходный акустический сигнал



Исходный акустический сигнал в интервале времени 100-140 мс

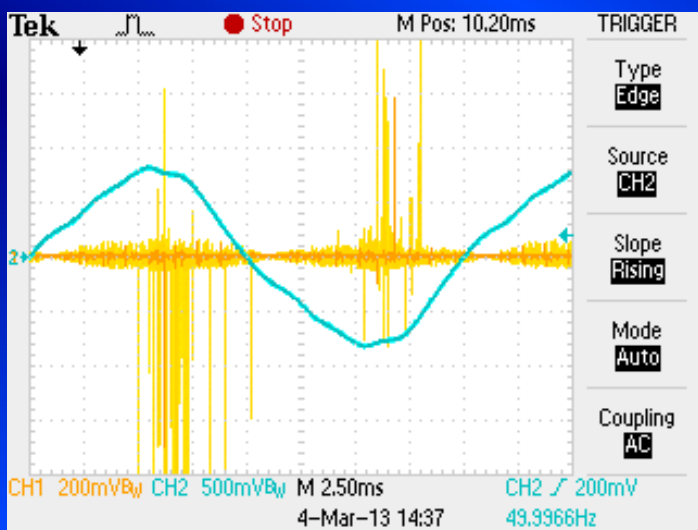


Спектр акустического сигнала

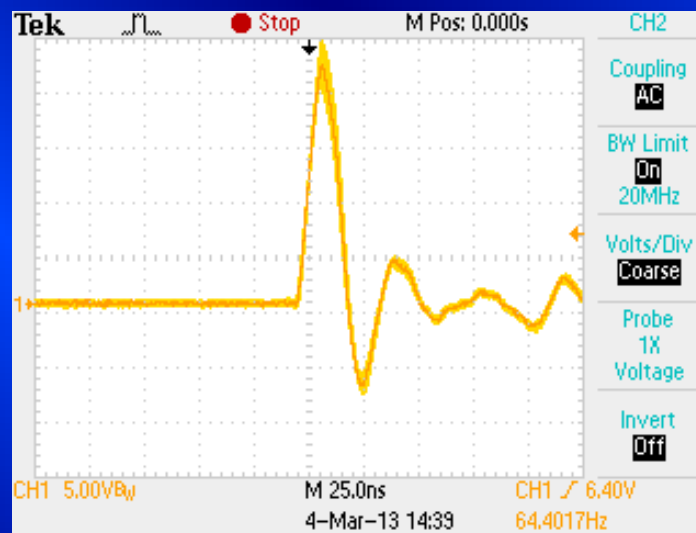
# Осциллограммы электрических сигналов на увлажненном и загрязненном изоляторе с трещинами

## Осциллограммы разрядной активности

В режиме накопления  
на развертке 2,5 мс/дел

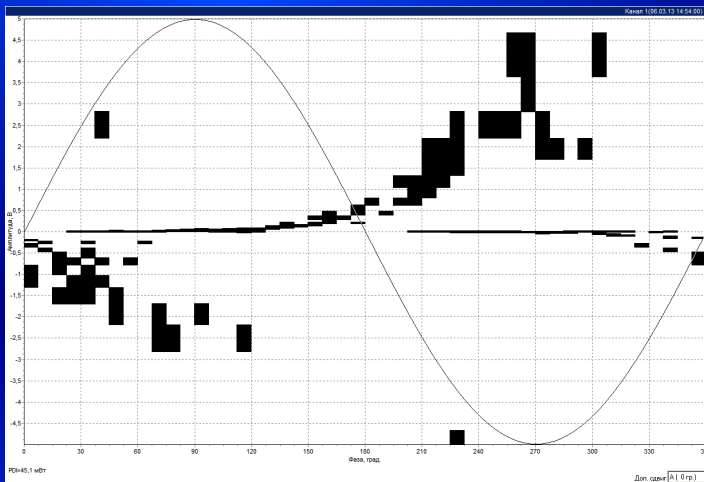


На развертке 25 нс/дел

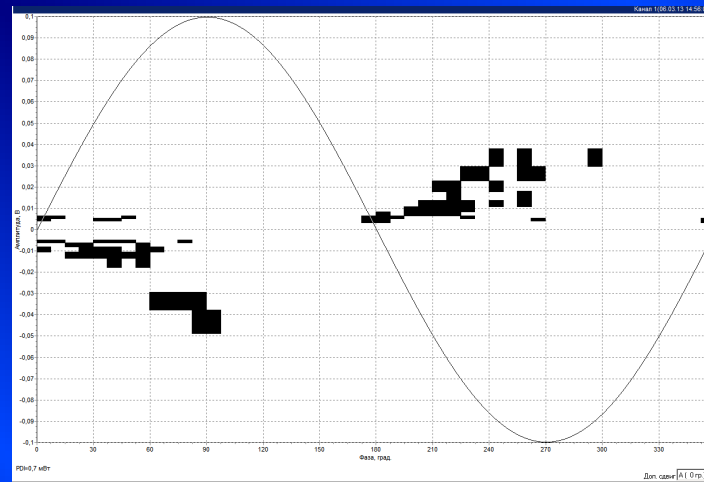


Амплитудно-фазовые распределения импульсов сигналов, зарегистрированных прибором R400

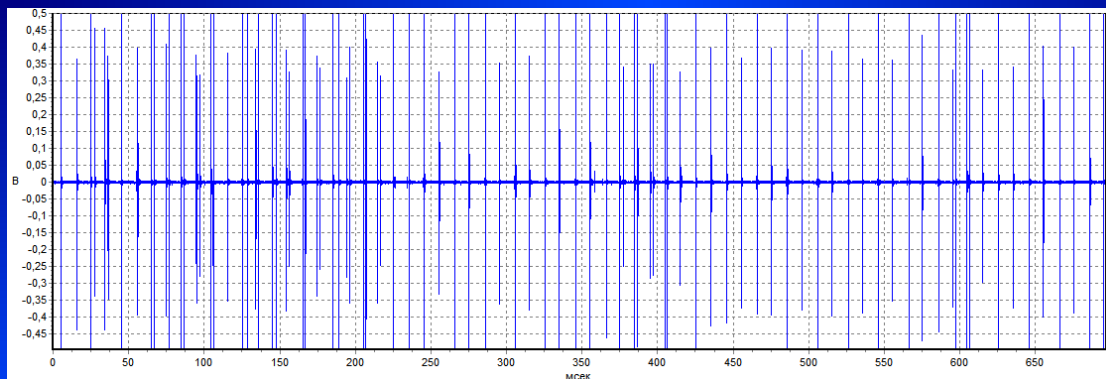
Высокочастотный датчик



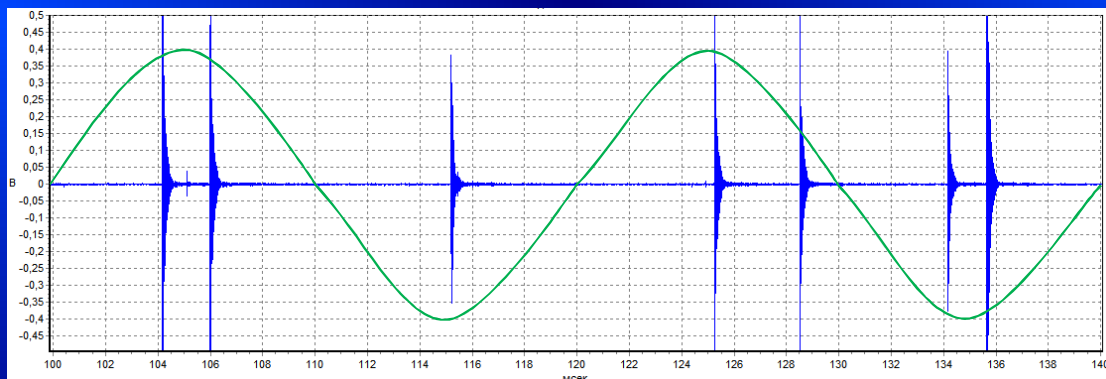
Датчик RFCT-6



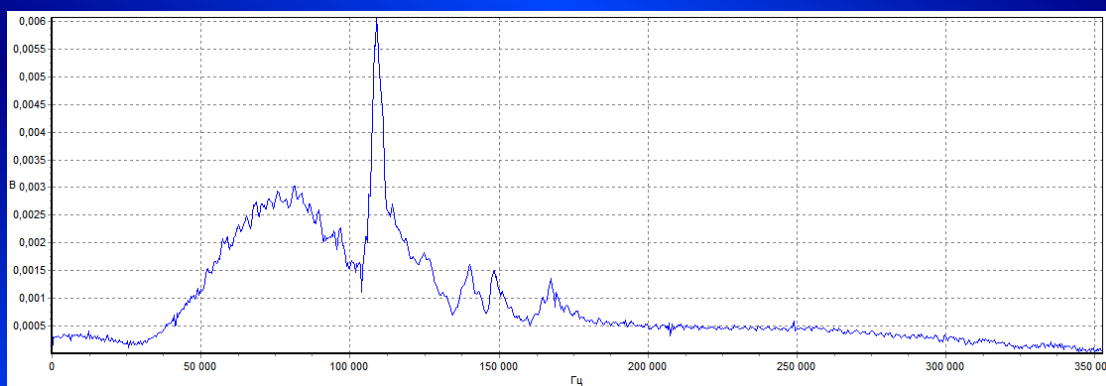
# Результаты акустической локации электрических разрядов AR200 на увлажненном и загрязненном изоляторе с трещинами



Исходный акустический сигнал



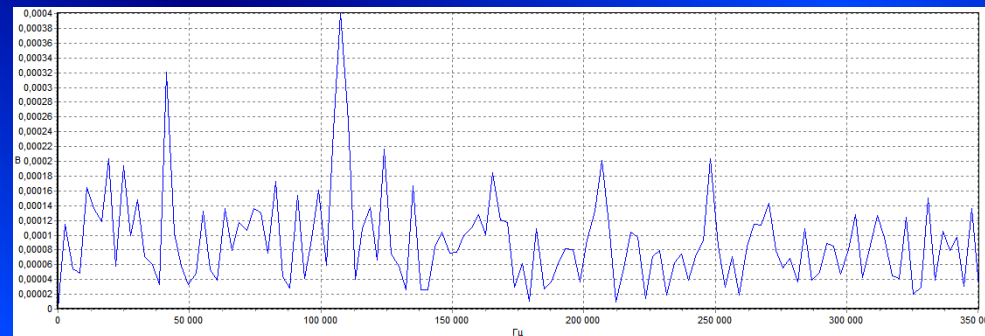
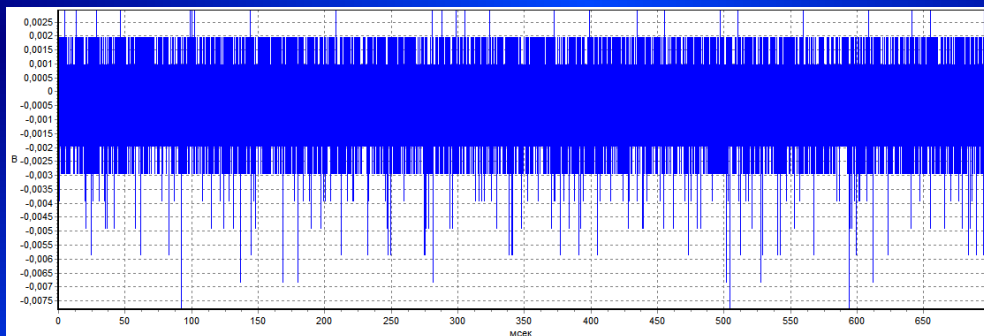
Исходный акустический сигнал в интервале времени 100-140 мс



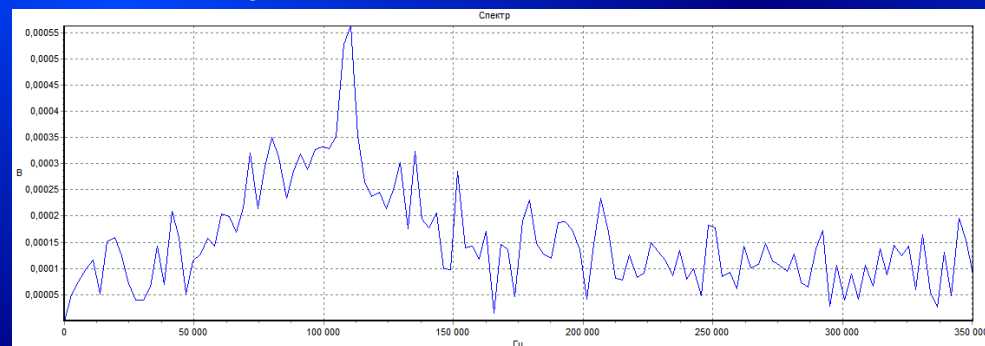
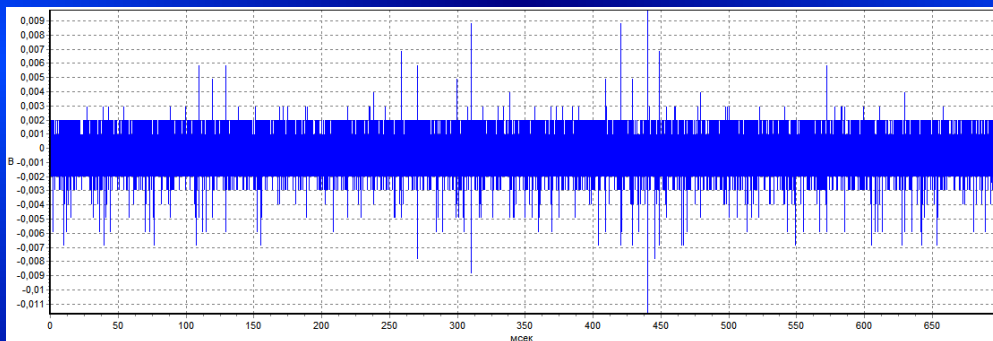
Спектр акустического сигнала

# Изменение акустического сигнала на увлажненном и загрязненном изоляторе с трещинами

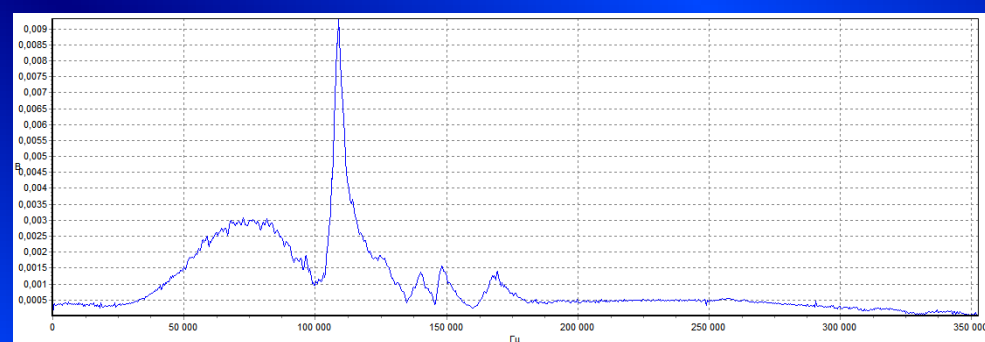
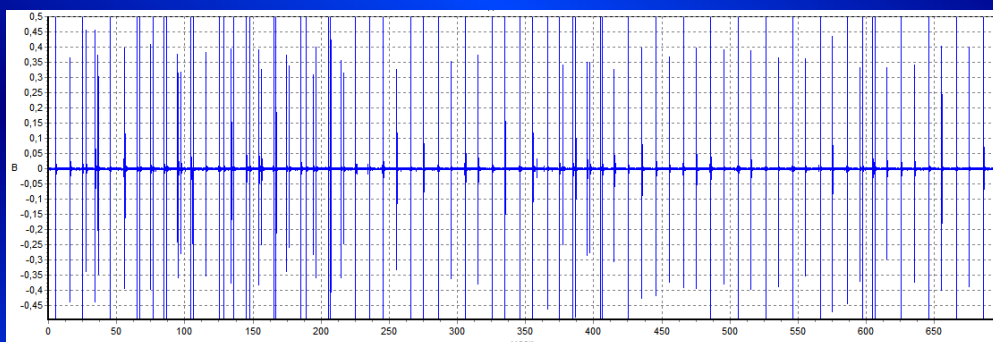
$U_{\phi} = 4,0 \text{ кВ}$  ( $U_{\text{л}} = 6,93 \text{ кВ}$ )



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

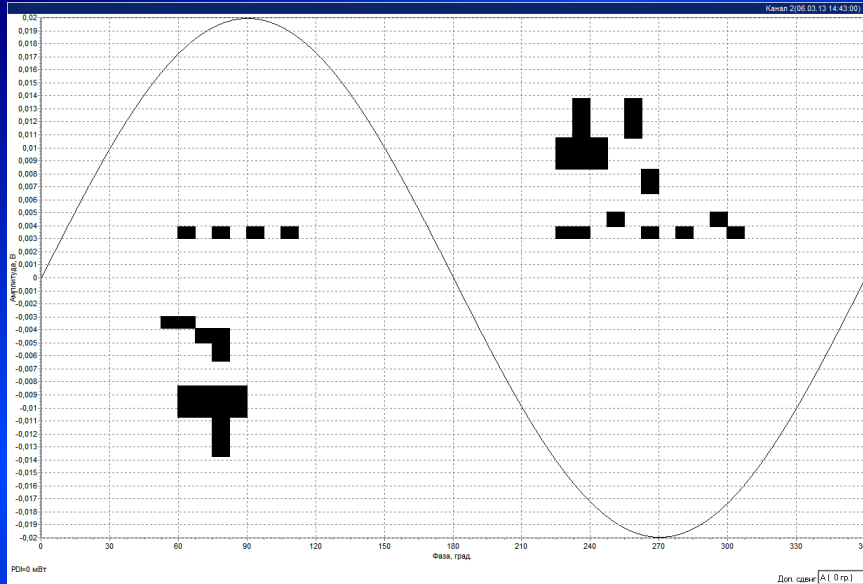


$U_{\phi} = 6,1 \text{ кВ}$  ( $U_{\text{л}} = 10,56 \text{ кВ}$ )

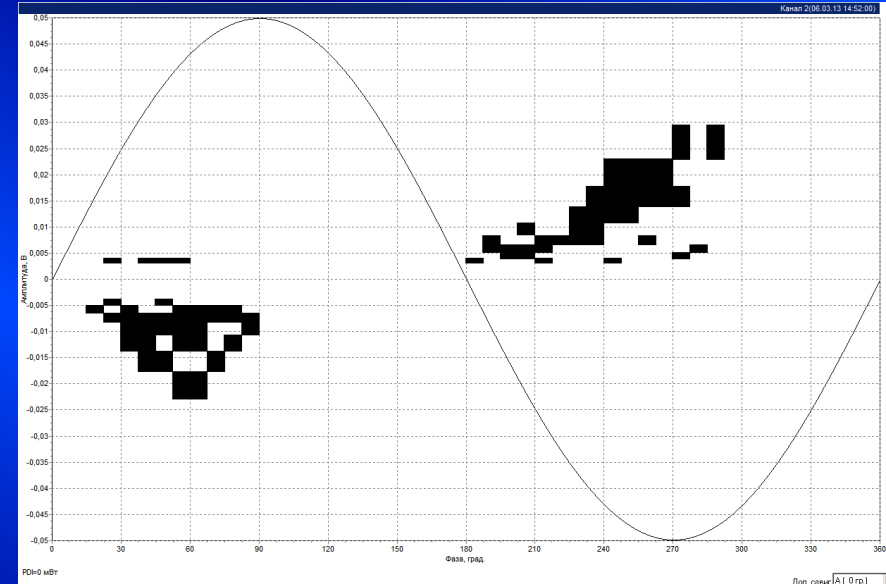


# Изменение электрического сигнала на увлажненном и загрязненном изоляторе с трещинами (датчик RFCT-6)

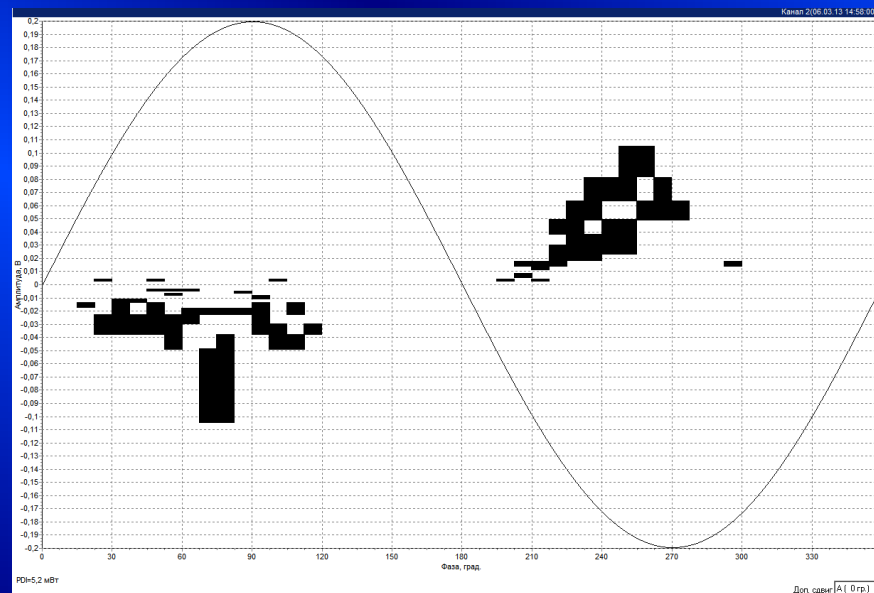
$U_{\phi} = 4,0 \text{ кВ}$  ( $U_{\text{л}} = 6,93 \text{ кВ}$ )



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



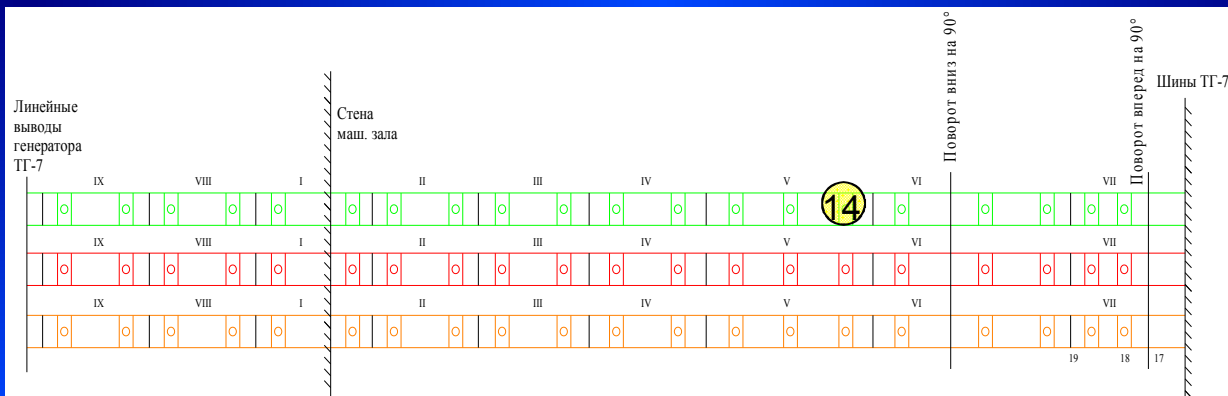
$U_{\phi} = 6,1 \text{ кВ}$  ( $U_{\text{л}} = 10,56 \text{ кВ}$ )



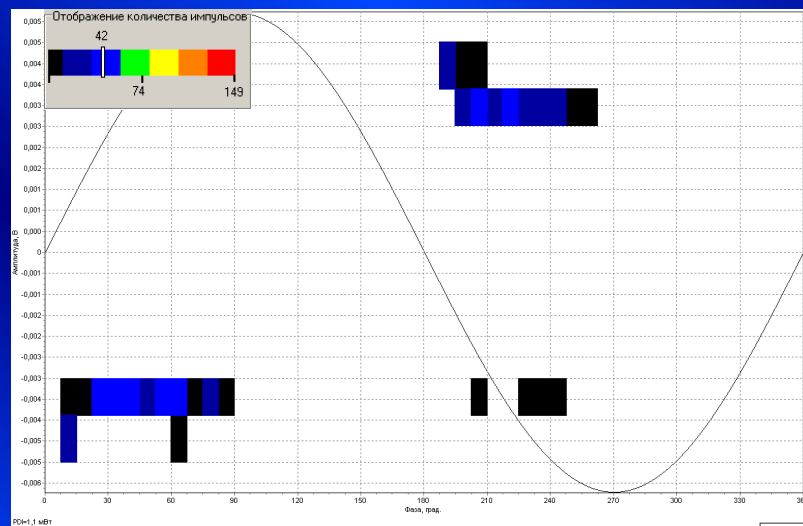
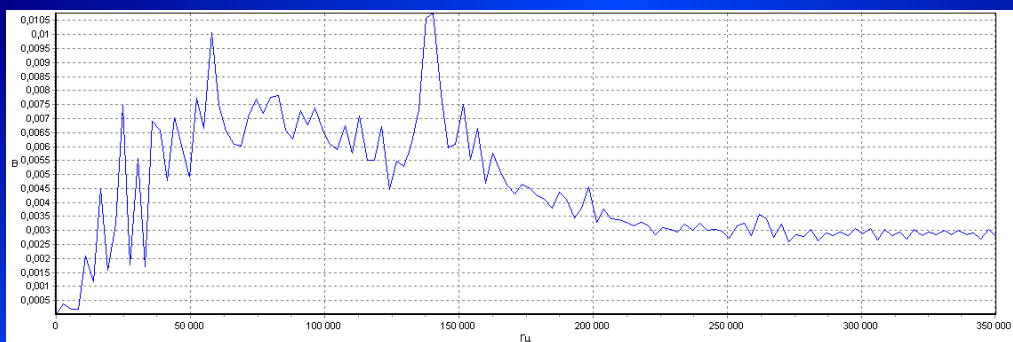
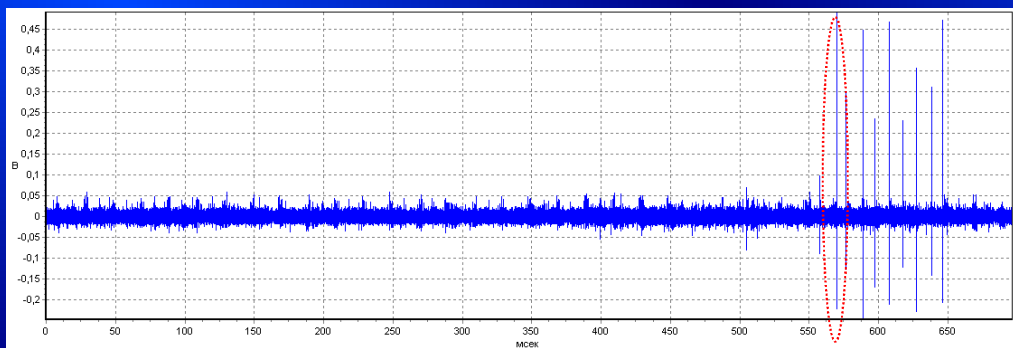
# Диагностика экранированных токопроводов

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





# ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫХ (ГЕНЕРАТОРНЫХ) ТОКОПРОВОДОВ



- Расчет температуры нагрева шин и экранов в рабочих режимах
- Расчет длительно допустимых токов, потерь, падений напряжения в проводниках
- Расчеты токопроводов в наружных и внутренних электроустановках
- Учет солнечной радиации и окраски проводников
- Возможность расчета при различных схемах соединения экранов (в том числе нештатных)
- Удобный интерфейс пользователя
- Высокая точность расчетов, подтвержденная результатами испытаний

Программа EKRRAN - [НОВЫЙ ПРОЕКТ]

Проект: Расчет

Тип токопровода: Выберите тип токопровода

Место прокладки токопроводов: Внутренние и наружные установки

Схема соединения: Выберите схему соединения экранов

Выполнить расчет

**ПАРАМЕТРЫ МАТЕРИАЛОВ ПРОВОДНИКОВ**

Марка сплава шины: Вести параметры

Удельное электрическое сопротивление шины (Ом·м): 0.000000300 при температуре (град С): 20.0

Температурный коэффициент электрического сопротивления (1/град С): 0.004

Марка сплава экрана: Вести параметры

Удельное электрическое сопротивление экрана (Ом·м): 0.000000300 при температуре (град С): 20.0

Температурный коэффициент электрического сопротивления (1/град С): 0.004

**УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Температура воздуха во внутренних установках, град С: 40.0

Температура воздуха в наружных установках, град С: 40.0

Интенсивность солнечной радиации, Вт/м<sup>2</sup>: 950.0

Скорость ветра, м/с: 0.6

Направление ветра (угол азим), град: 90.0

**ПАРАМЕТРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОВОДНИКОВ**

Поверхность шины: Вести параметры

Степень черноты шины: 0.92

Внутренняя поверхность экрана: Вести параметры

Степень черноты внутренней поверхности экрана: 0.92

Внешняя поверхность экрана: Вести параметры

Степень черноты внешней поверхности экрана: 0.81

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью экрана: 0.30

Рабочий ток, А: 12500.0

Внешний диаметр, мм, шин: 420.0

        экрана: 890.0

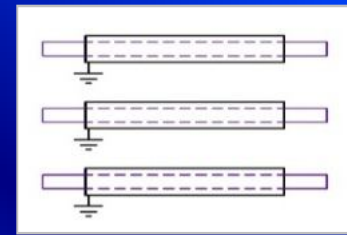
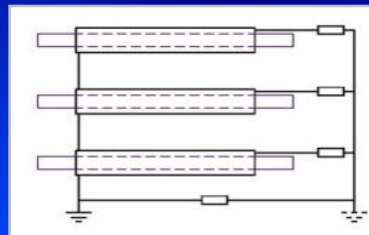
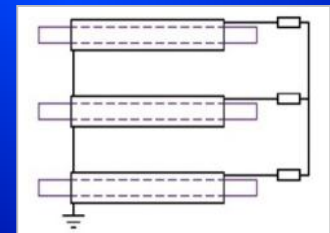
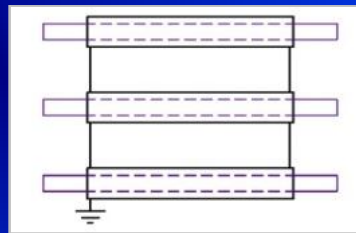
Толщина стенки, мм, шин: 10.0

        экрана: 5.0

Расстояние между осями фаз, мм: 1200.0

Температура, град С, шин: 105.0

        экрана: 80.0



Схемы соединения экранов



# РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННОГО ТОКОПРОВОДА ТЭКНЕ-20-8000 УХЛ1

## Схема соединения экранов: непрерывные, замкнутые накоротко экраны

ЭКРАМ\_EDS - [НОВЫЙ ПРОЕКТ]

Файл Справка

Вид расчета: Расчет температуры проводников и потерь

Выполнить расчет

Тип токопровода: ТЭКНЕ-20-8000-УХЛ1

Место прокладки токопроводов: Внутренние и наружные установки

Схема соединения экранов: Непрерывные, замкнутые накоротко экраны

Рабочий ток, А: 6800.0

Внешний диаметр, мм, шин: 280.0

экрана: 678.0

Толщина стенки, мм, шин: 15.0

экрана: 4.0

Расстояние между осями фаз, мм: 1000.0

Допустимая температура, град С, шин: 105.0

экрана: 80.0

Марка сплава шины: АД31Т

1) Удельное электрическое сопротивление шин (Ом\*м): 0.000000350 при температуре (град С): 20.0

2) Температурный коэффициент электрического сопротивления (1/град С): 0.004

Марка сплава экрана: А5Н (А0Н, А6Н, А7Н)

1) Удельное электрическое сопротивление экрана (Ом\*м): 0.000000295 при температуре (град С): 20.0

2) Температурный коэффициент электрического сопротивления (1/град С): 0.004

Условия окружающей среды: Стандартные

Температура воздуха во внутренних установках, град С: 40.0

Температура воздуха в наружных установках, град С: 40.0

Интенсивность солнечной радиации, Вт/м<sup>2</sup>: 850.0

Скорость ветра, м/с: 0.6

Направление ветра (угол атаки), град: 90.0

Поверхность шин: Окрашенная цветной краской

Степень черноты шин: 0.92

Внутренняя поверхность экрана: Окрашенная цветной краской

Степень черноты внутренней поверхности экрана: 0.92

Внешняя поверхность экрана: Окрашенная серой краской

Степень черноты внешней поверхности экрана: 0.92

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью экрана: 0.65

ЭКРАМ\_EDS - [Результаты расчета]

Сохранить отчет

Проводники	Фазы	Потери, Вт/м	Продольный ток, А	Падение напряжения
Шины	А	179	6800	0,397
	В	179	6800	0,399
	С	179	6800	0,397
Экраны	А	192	6786	0,006
	В	192	6775	0,006
	С	192	6786	0,006

Суммарные потери в шинах.....	536	Вт/м
в экранах.....	577	Вт/м
в токопроводе.....	1112	Вт/м
Удельные потери на фазу.....	371	Вт/м

## Результаты расчета

Проводники	Фаза	Потери, Вт/м	Продольный ток, А	Падение напряжения, В/м
Шины	А	179	6800	0,397
	В	179	6800	0,399
	С	179	6800	0,397
Экраны	А	192	6786	0,006
	В	192	6775	0,006
	С	192	6786	0,006



# РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННОГО ТОКОПРОВОДА ТЭКНЕ-20-8000 УХЛ1

Схема соединения экранов: секционированные (разомкнутые) экраны

**Тип токопровода:** ТЭКНЕ-20-8000-УХЛ1

**Место прокладки токопроводов:** Внутренние и наружные установки

**Схема соединения экранов:** Секционированные (разомкнутые) экраны

**Марка сплава шины:** АД31Т

1) Удельное электрическое сопротивление шины (Ом\*м): 0.000000350 при температуре (град С): 20.0

2) Температурный коэффициент электрического сопротивления (1/град С): 0.004

**Марка сплава экрана:** А5Н (А0Н, А6Н, А7Н)

1) Удельное электрическое сопротивление экрана (Ом\*м): 0.000000295 при температуре (град С): 20.0

2) Температурный коэффициент электрического сопротивления (1/град С): 0.004

**Условия окружающей среды:** Стандартные

Температура воздуха во внутренних установках, град С: 40.0

Температура воздуха в наружных установках, град С: 40.0

Интенсивность солнечной радиации, Вт/м\*2: 850.0

Скорость ветра, м/с: 0.6

Направление ветра (угол атаки), град: 90.0

**Рабочий ток, А:** 6800.0

**Внешний диаметр, мм, шин:** 280.0

**экрана:** 678.0

**Толщина стенки, мм, шин:** 15.0

**экрана:** 4.0

**Расстояние между осями фаз, мм:** 1000.0

**Допустимая температура, град С, шин:** 105.0

**экрана:** 80.0

**EKРАН\_EDS - [Результаты расчета]**

Сохранить отчет

Проводники	Фазы	Потери, Вт/м	Продольный ток, А	Падение напряжения
Шины	А	176	6800	0,94
	В	179	6800	0,781
	С	176	6800	0,94
Экраны	А	50	0	0,56
	В	169	0	0,388
	С	50	0	0,56

Суммарные потери в шинах.....	532	Вт/м
в экранах.....	270	Вт/м
в токопроводе.....	802	Вт/м
Удельные потери на фазу.....	267	Вт/м

## Результаты расчета

Проводники	Фаза	Потери, Вт/м	Продольный ток, А	Падение напряжения, В/м
Шины	А	176	6800	0,94
	В	179	6800	0,781
	С	176	6800	0,94
Экраны	А	50	0	0,56
	В	169	0	0,388
	С	50	0	0,56

**Падение напряжения в экране на 100 м токопровода до 560 В**



**Спасибо за внимание !**

