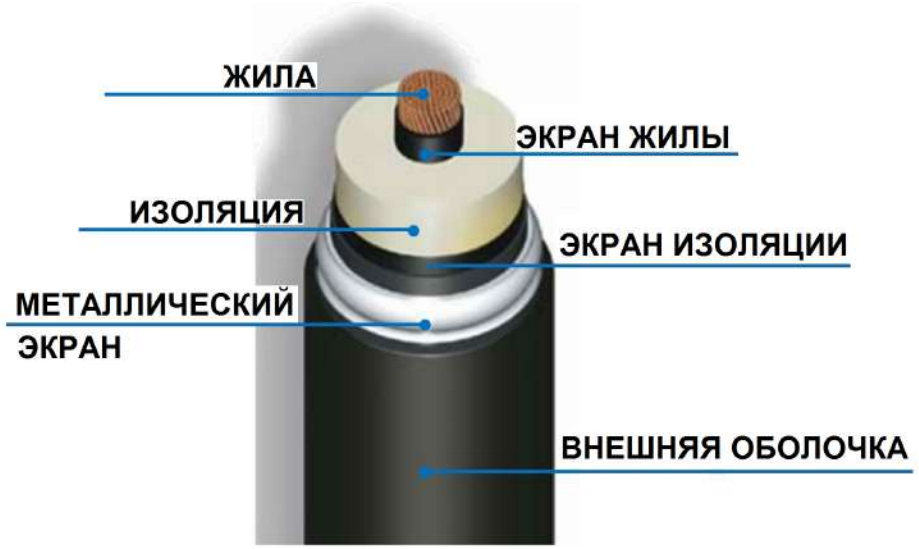


TECHIMP

ДИАГНОСТИКА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ

ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ В КАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ



Дефекты являются результатом:

- производственного процесса
- транспортировки
- монтажа/установки
- воздействия ТЭОМ-факторов (термических, электрических, окружающей среды, механических)

Основные типы дефектов:

- внутренние ЧР в кабеле и кабельной арматуре
- поверхностные ЧР на концевых муфтах
- коррозия металлического экрана
- повреждение внешней оболочки

ПРИЧИНЫ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Различные процессы старения, одновременно происходящие в одной и той же кабельной линии:

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ

- ✓ Разрывание полимерных цепей
- ✓ Окисление изоляционного материала

ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЕ

- ✓ Термические циклы (расширение и сжатие) из-за различных режимов нагрузки

МЕХАНИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ

- ✓ Вибрационные и механические силы, обусловленные как внешними причинами, так и электромагнитными силами, вызванными протекающим током

СТАРЕНИЕ ОТ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

- ✓ Возможное попадание влаги и/или внешних загрязнений

Все вышеуказанные механизмы старения могут вызывать образование пустот и расслоений → инициирование активности ЧР!

ВАЖНОСТЬ ДИАГНОСТИКИ ЧР

ЧР как СЛЕДСТВИЕ
пустот и расслоений, провоцирующих появление...



...приводит к увеличению повреждений...

ЧР как ПРИЧИНА

ПРИМЕНЕНИЕ ЧР НА КАБЕЛЯХ

- ЧР тесты проводятся на кабелях и арматуре в лаборатории, чтобы убедиться, что они свободны от ЧР.



КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

- ЧР тесты проводятся после монтажа для проверки качества монтажа (особенно в арматуре).



ИСПЫТАНИЯ ПРИ ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПО МЕСТУ

- ЧР тесты проводятся с фиксированными интервалами или непрерывно во время срока службы кабеля для обнаружения развития механизмов старения/деградации.



ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ПО МЕСТУ

РЕШЕНИЯ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ ВН/СН

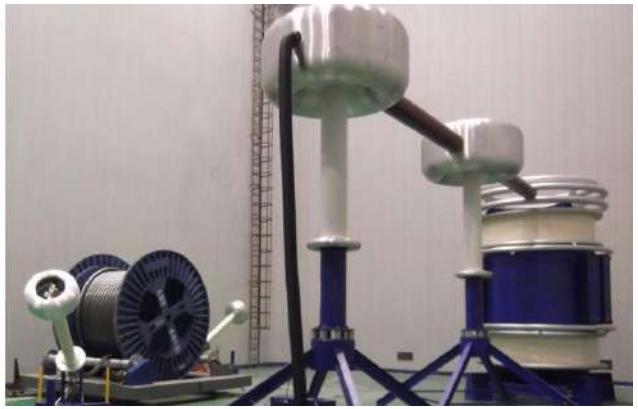


TECHIMP
WM0417

Измерение и анализ частичных разрядов для кабелей,
трансформаторов, КРУЭ. Рекомендации и примеры

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

ЧР контроль качества



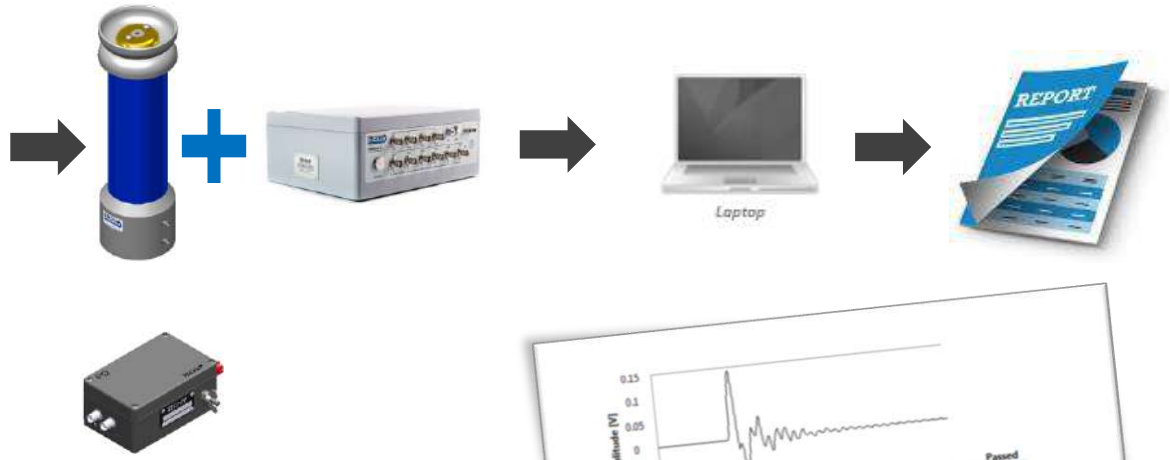
- Приемочный тест на заводе (Factory Acceptance Test - FAT)

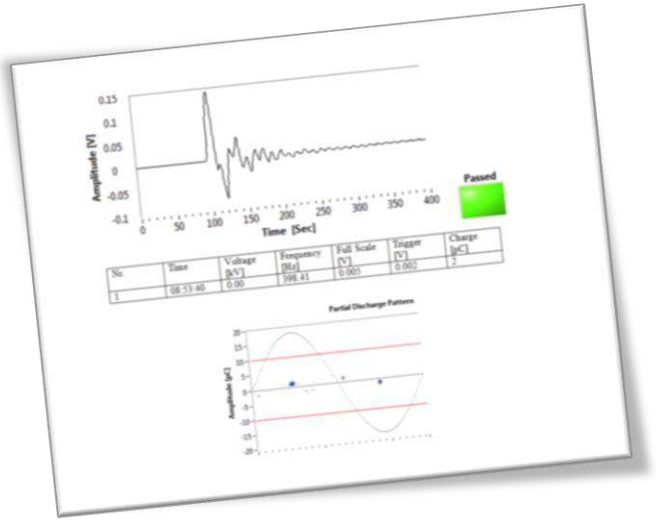
  на кабельных барабанах, концевых и соединительных муфтах
- Целевой клиент: производители кабелей
- Потребности клиентов:

  - прибор, соответствующий IEC60270
  - быстрая и простая процедура тестирования для неквалифицированных операторов

РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА







- Автоматический отчет

ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

- Предназначены для проверки качества монтажа
- Целевые клиенты:

  - конечные пользователи (потребители)

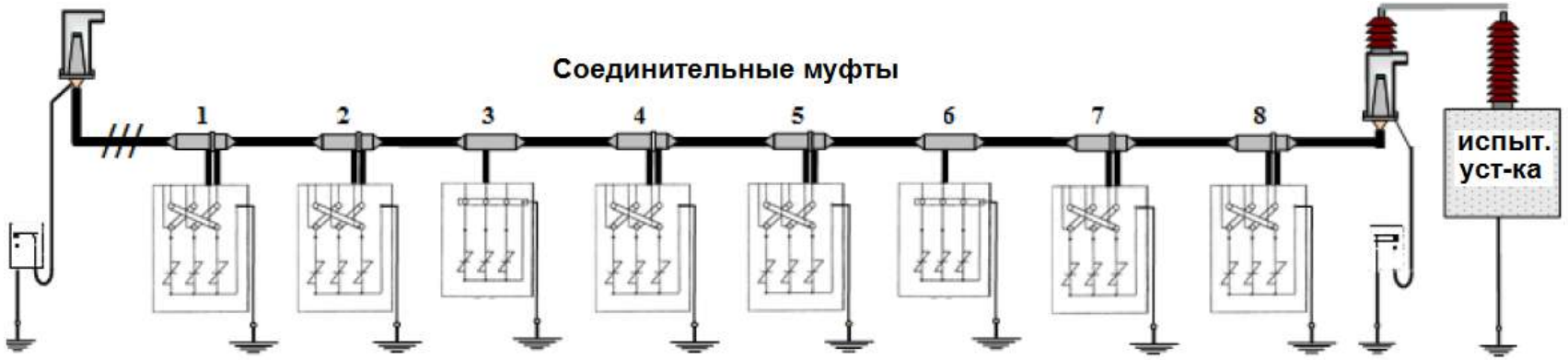
  - производители кабелей

  - генподрядные организации

  - монтажные/сервисные компании

ТЕСТИРОВАНИЕ КАБЕЛЕЙ ПО МЕСТУ

Тестирование кабелей: офлайн/онлайн точечные замеры ЧР (последовательно)







Один оператор

$$N_{зам.} = N_{муфт}$$

Несколько операторов

$$N_{зам.} = \frac{N_{муфт}}{N_{опер.}}$$

Один оператор: трудно локализовать источник ЧР, если ЧР не является постоянным

Несколько операторов: меньше точек измерений в кабельной системе

ОФЛАЙН измерения позволяют достичь уровней напряжения, превышающих номинальные

ОФЛАЙН измерения позволяют одновременно проверять одну фазу

TECHMP
WM0417



ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

TECHMP
WM0417

Измерение и анализ частичных разрядов для кабелей, трансформаторов, КРУЭ. Рекомендации и примеры

ОНЛАЙН/ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ - "ЗА" И "ПРОТИВ"

Оффлайн испытания

- (+) напряжение может быть выше номинального
- (+) возможность проведения других диагностических тестов
- (+) оценка напряжений возникновения и погасания ЧР
- (-) оборудование выведено из работы
- (-) оборудование вне реальных условий работы
- (-) большая нагрузка для старой изоляции

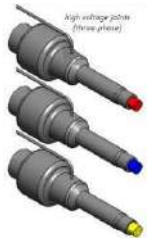
Онлайн испытания

- (+) оборудование в работе
- (+) оборудование в реальных условиях работы (ТЭОМ-факторы)
- (+) быстрый тест



ОНЛАЙН/ОФФЛАЙН ТОЧЕЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Как сервис Techimp





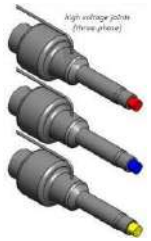


Aquila

TECHIMP



Как инструмент тестирования для персонала заказчика







Alpha



Заказчик

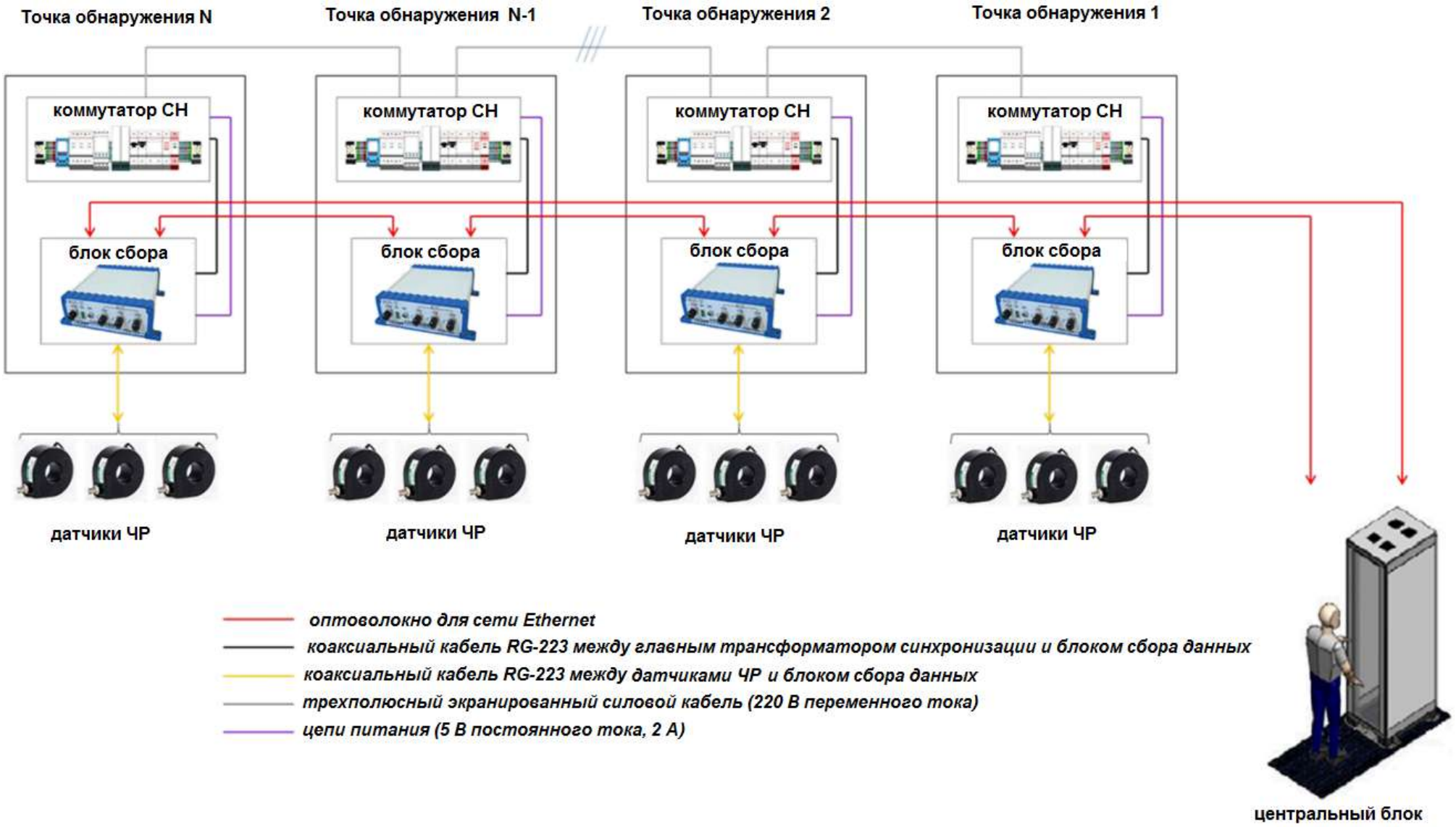


TECHIMP

ПОСТОЯННЫЙ МОНИТОРИНГ

- **Выгоды**
  - (+) оборудование в реальных условиях работы
  - (+) 24/7 онлайн оценка ЧР
  - (+) Оценка тенденций (трендов)
  - (+) Автоматическая сигнализация
  - (-) Большие инвестиции

ПОСТОЯННЫЙ МОНИТОРИНГ



ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР № 1

Пусконаладочные измерения обнаружили вредные ЧР, подтвержденные визуально

РАСПОЛОЖЕНИЕ	Европа (Италия, Сицилия)
ОБОРУДОВАНИЕ	кабель ВН
$U_{ном}$	150 кВ (линейное)
ИЗОЛЯЦИЯ	СПЭ (XLPE)
ТИП ИСПЫТАНИЙ	Пусконаладочные, оффлайн
ДАТЧИК	Высокочастотный ТТ (HFCT)

TECHIMP

ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Информация об измерении:

- Тип испытаний: пусконаладочные, оффлайн
- Тип измерений: последовательный
- Тип концевых муфт: наружной установки; в составе КРУЭ
- Год испытаний: 2011
- Датчик ЧР: высокочастотный ТТ (High Frequency Current Transformer - HFCT)
- Оборудование: кабель 150 кВ
- Длина кабеля: 58 м
- Тип изоляции: СПЭ (XLPE)



ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Сторона концевых муфт наружной установки

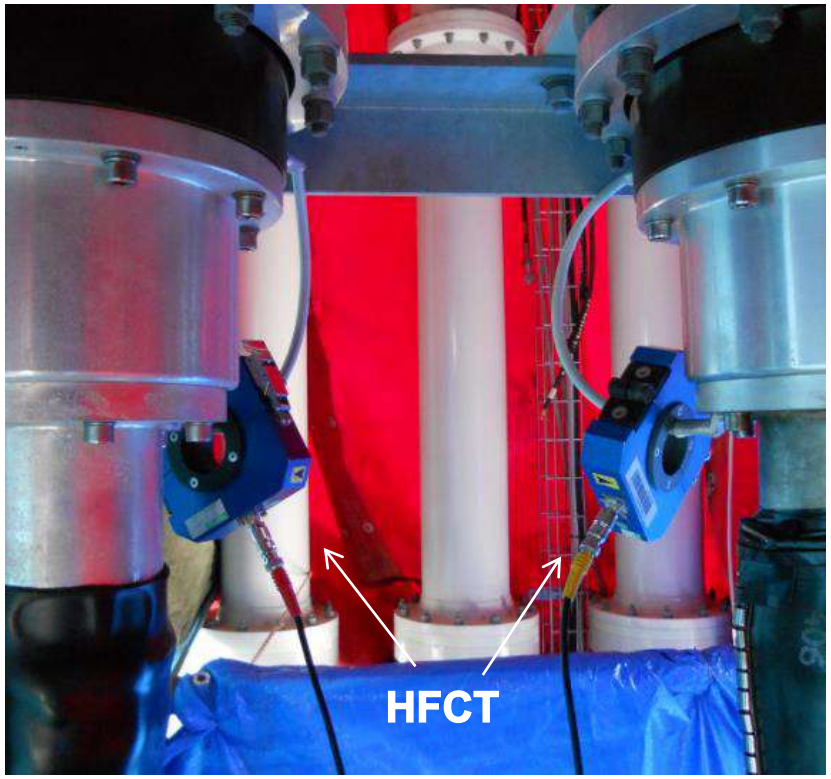




ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

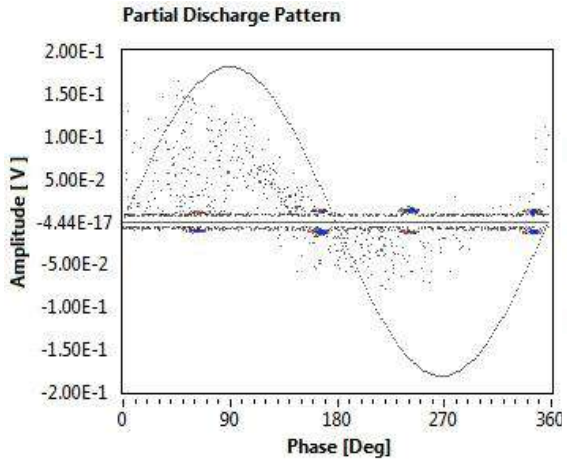
Сторона концевых муфт в составе КРУЭ



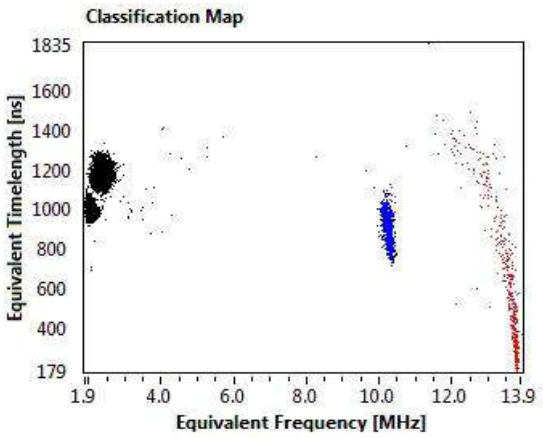


ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Полный шаблон ЧР



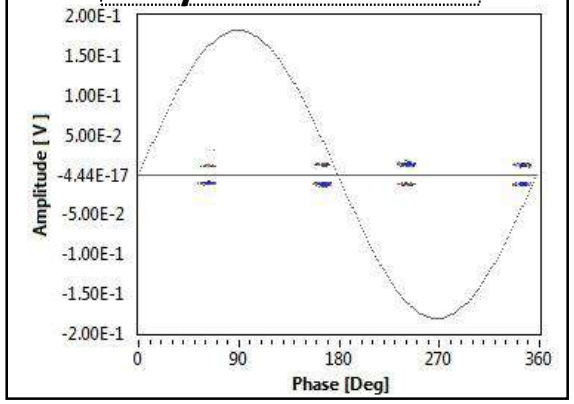
Карта классификации



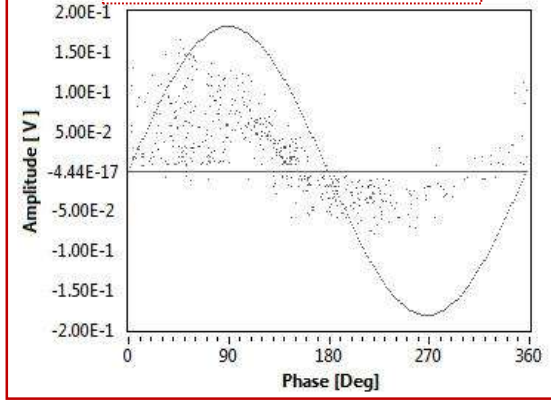
90 кВ

Интерфейсный ЧР ("внутренняя поверхность" имеет место в концевой муфте в составе КРУЭ (белая фаза)

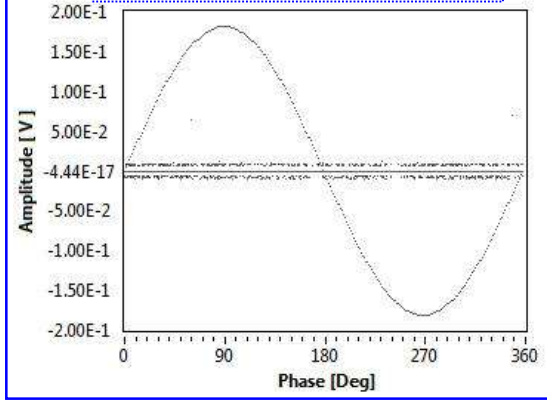
Транзисторный шум



Интерфейсный ЧР

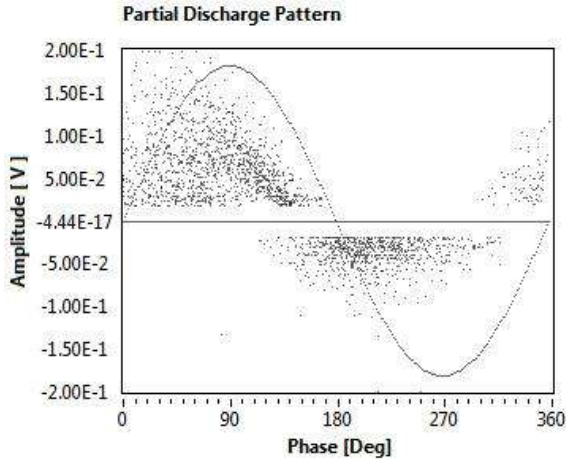


Фоновый шум

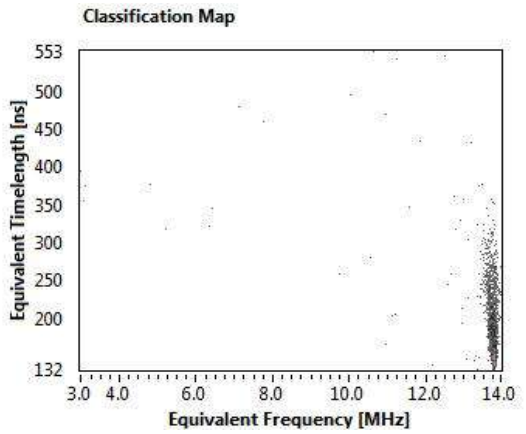


ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

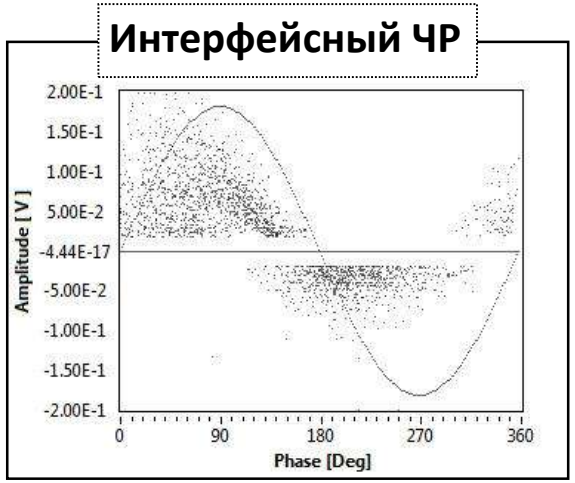
Полный шаблон ЧР



Карта классификации



Интерфейсный ЧР





110 кВ

Чистый **Интерфейсный ЧР** имеет место в КРУЭ

Форма волны подтверждает очень типичную форму импульса ЧР

ПРЕДЛОЖЕНИЕ TECHIMP:
ЗАМЕНА КОНЦЕВОЙ МУФТЫ

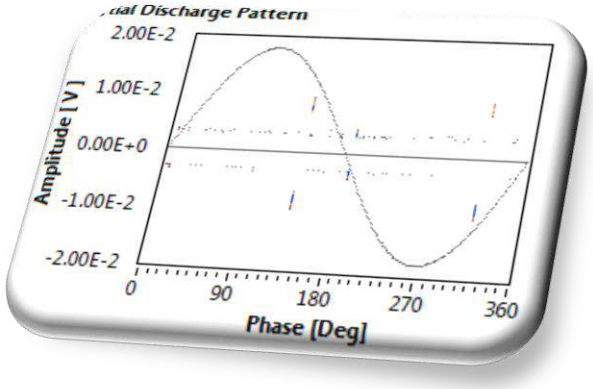
ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Визуальный осмотр



...КОНЦЕВАЯ МУФТА В СОСТАВЕ КРУЭ (БЕЛАЯ ФАЗА) СКРЫВАЛА...

Ясно видно, что на поверхности стресс-конуса обнаружены следы подгорания, что является свидетельством ЧР активности в концевой муфте в составе КРУЭ, обнаруженной пусконаладочным тестом от TECHIMP



G

ИЗМЕРЕНИЕ ЧР ПОСЛЕ ЗАМЕНЫ: НЕТ СИГНАЛОВ!

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР № 2

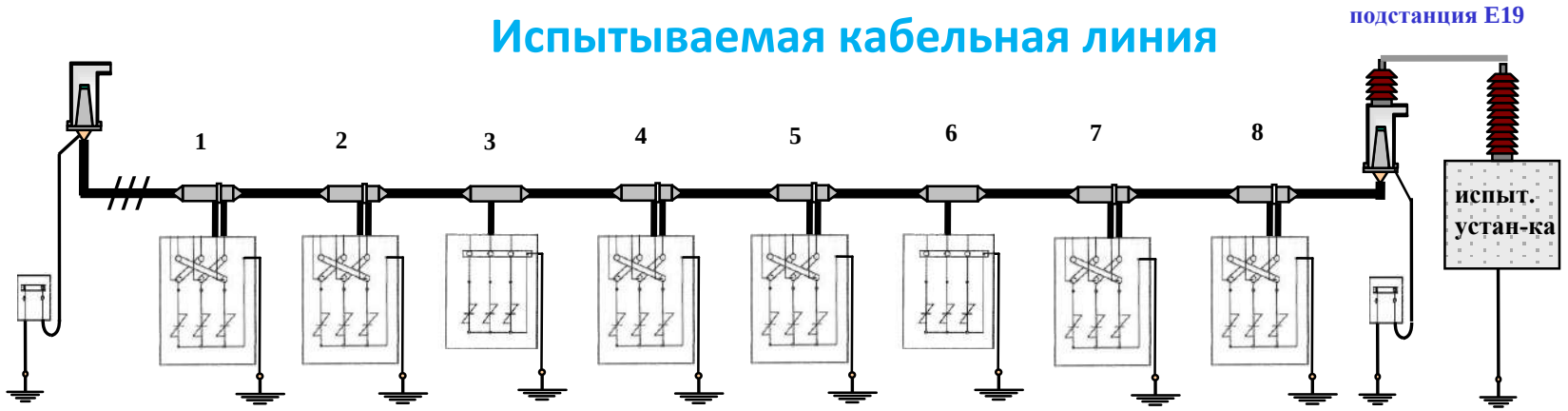
Пусконаладочные измерения обнаружили вредные ЧР, подтвержденные визуально

РАСПОЛОЖЕНИЕ	ОАЭ
ОБОРУДОВАНИЕ	кабель ВН
$U_{ном}$	400 кВ (линейное)
ИЗОЛЯЦИЯ	СПЭ (XLPE)
ТИП ИСПЫТАНИЙ	Пусконаладочные, оффлайн
ДАТЧИК	Высокочастотный ТТ (HFCT)

TECHIMP

ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Испытываемая кабельная линия



Подключение датчиков на концевых муфтах



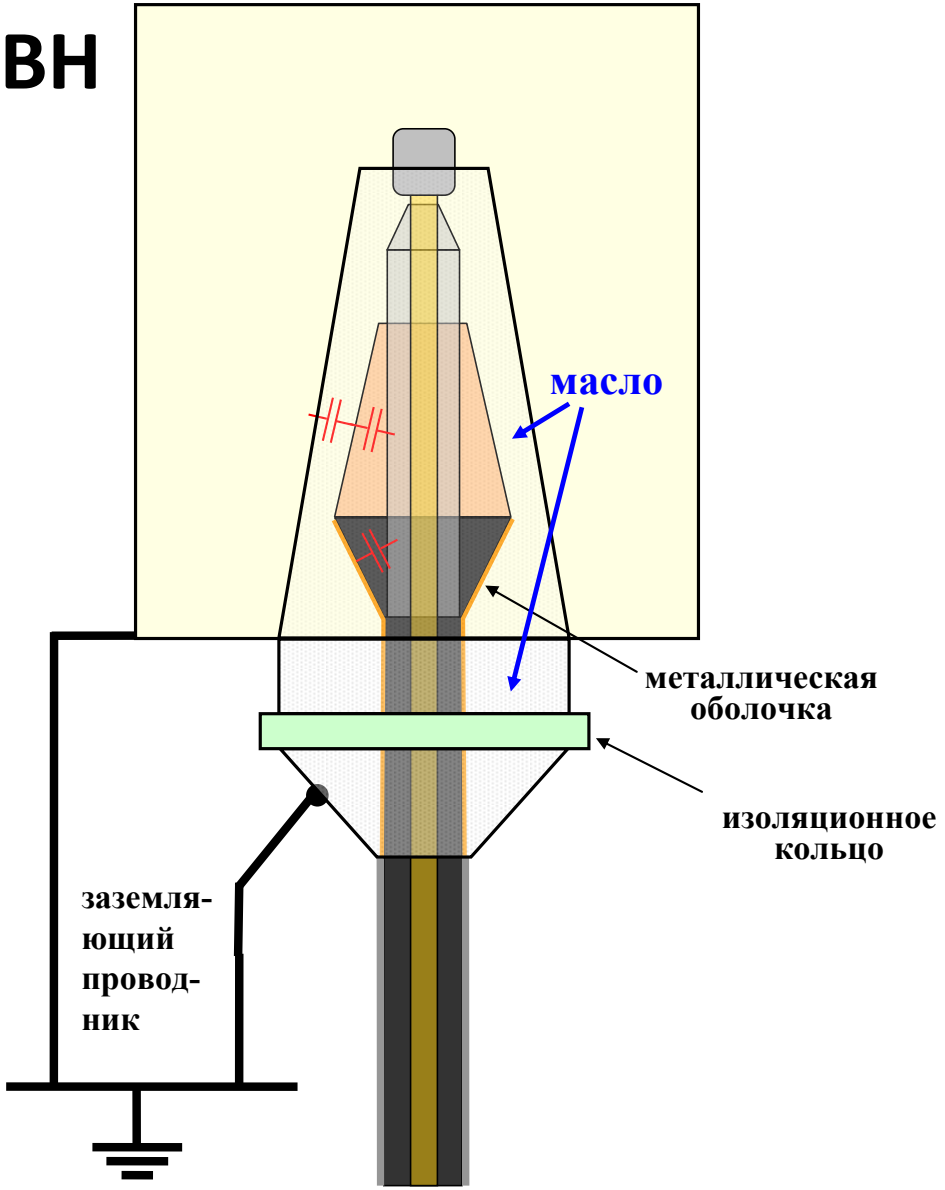
Подключение датчиков в соединительных коробках



ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Технология изоляции концевых муфт:

стресс-конус из этилен-пропиленового каучука, погруженный в масло



ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

1-е измерение ЧР

Результаты:

ЧР активность обнаружена на концевых муфтах одной стороны (желтая и синяя фазы)

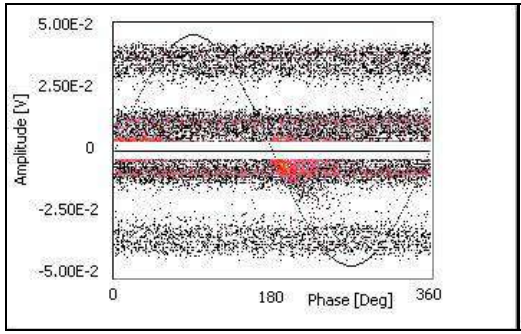
Предпринятое действие:

осмотр и очистка внешней части системы изоляции двух концевых муфт

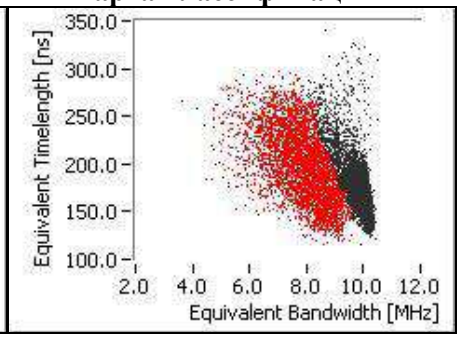
Переустановка

…2-е измерение ЧР…

Полный шаблон ЧР

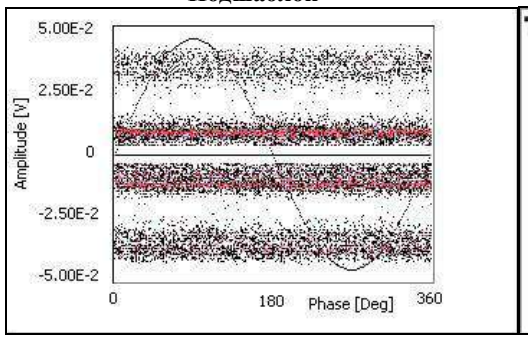


Карта классификации

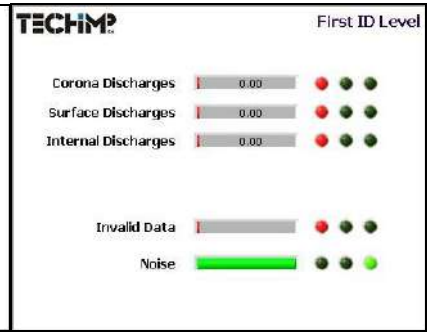


Черное явление (фоновый шум)

Подшаблон

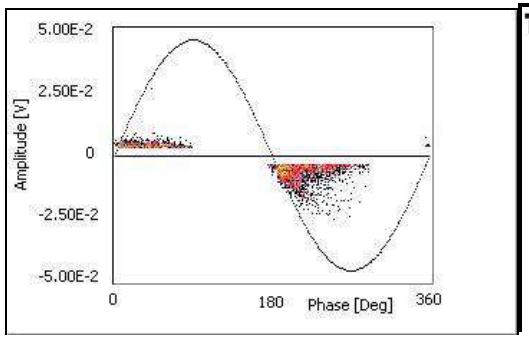


Автоматическая идентификация

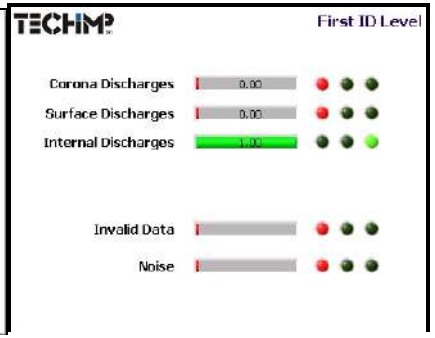


Красное явление (внутренние разряды)

Подшаблон



Автоматическая идентификация



ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

2-е измерение ЧР

Результаты:

снова обнаружена **ЧР активность**
на тех же концевых муфтах

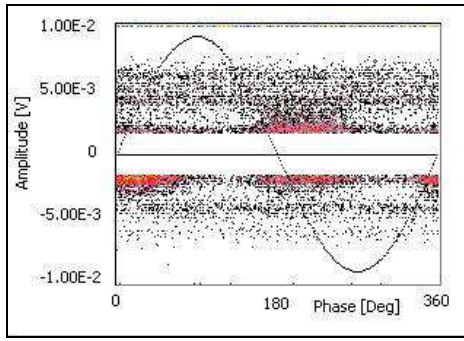
Предпринятое действие:

замена концевых муфт

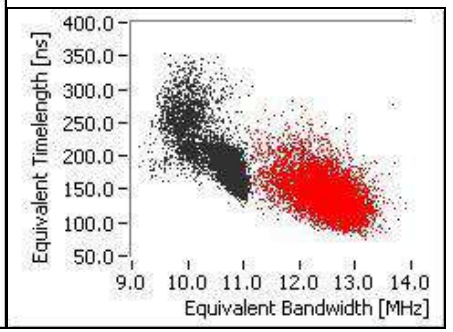
После замены

… 3-е измерение ЧР…

Полный шаблон ЧР

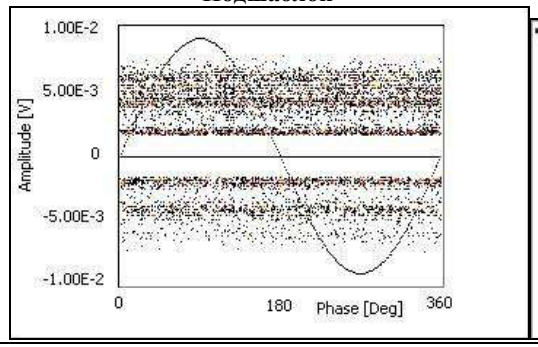


Карта классификации

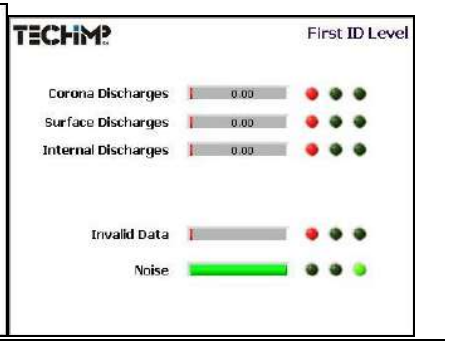


Черное явление (фоновый шум)

Подшаблон

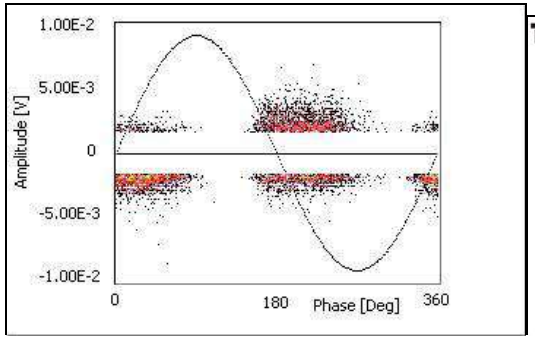


Автоматическая идентификация

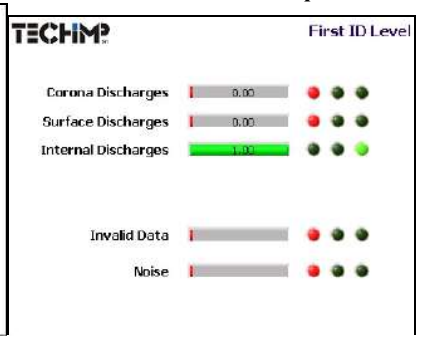


Красное явление (внутренние разряды)

Подшаблон



Автоматическая идентификация

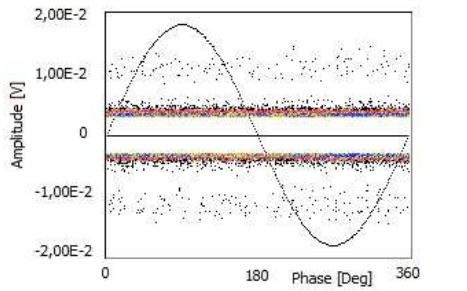


ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

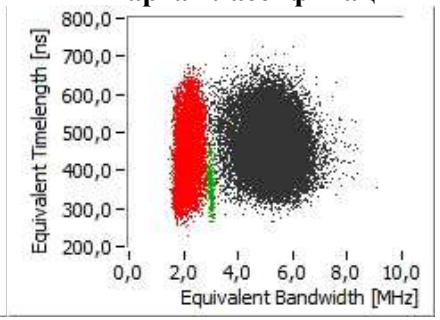
…3-е измерение ЧР
после замены концевых муфт

СВОБОДНО ОТ ЧР

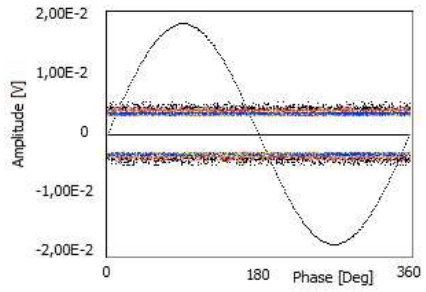
Полный шаблон ЧР



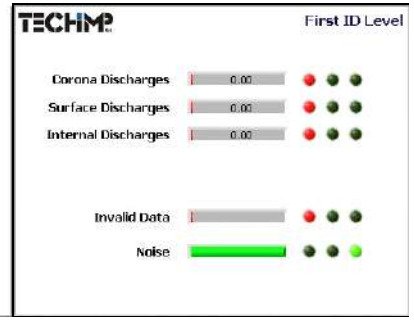
Карта классификации



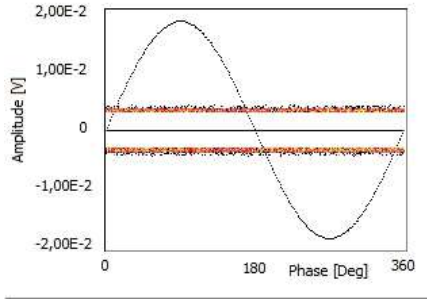
Черное явление (фоновый шум)
Sub-pattern



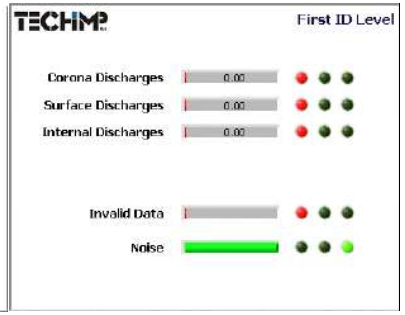
Автоматическая идентификация



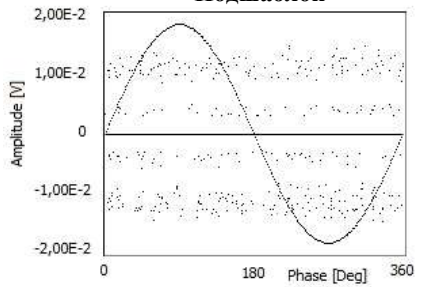
Красное явление (фоновый шум)
Подшаблон



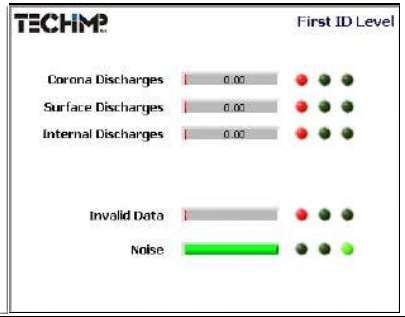
Автоматическая идентификация



Зеленое явление (фоновый шум)
Подшаблон



Автоматическая идентификация



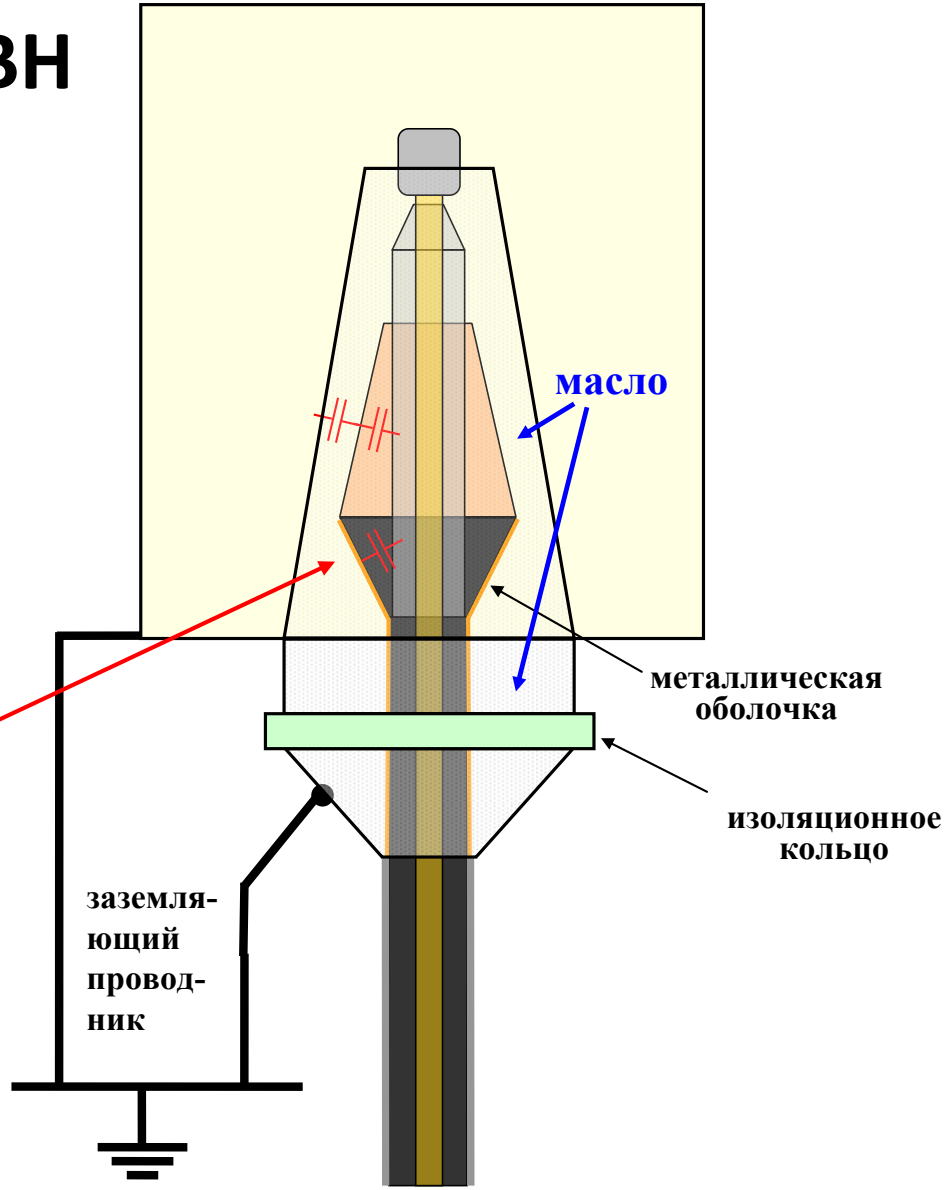
ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Вывод, сделанный по ЧР, оказался верным

во время осмотра

дефект был обнаружен в стресс-конусе, погруженном в масло

(твердая изоляция)



ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР № 3

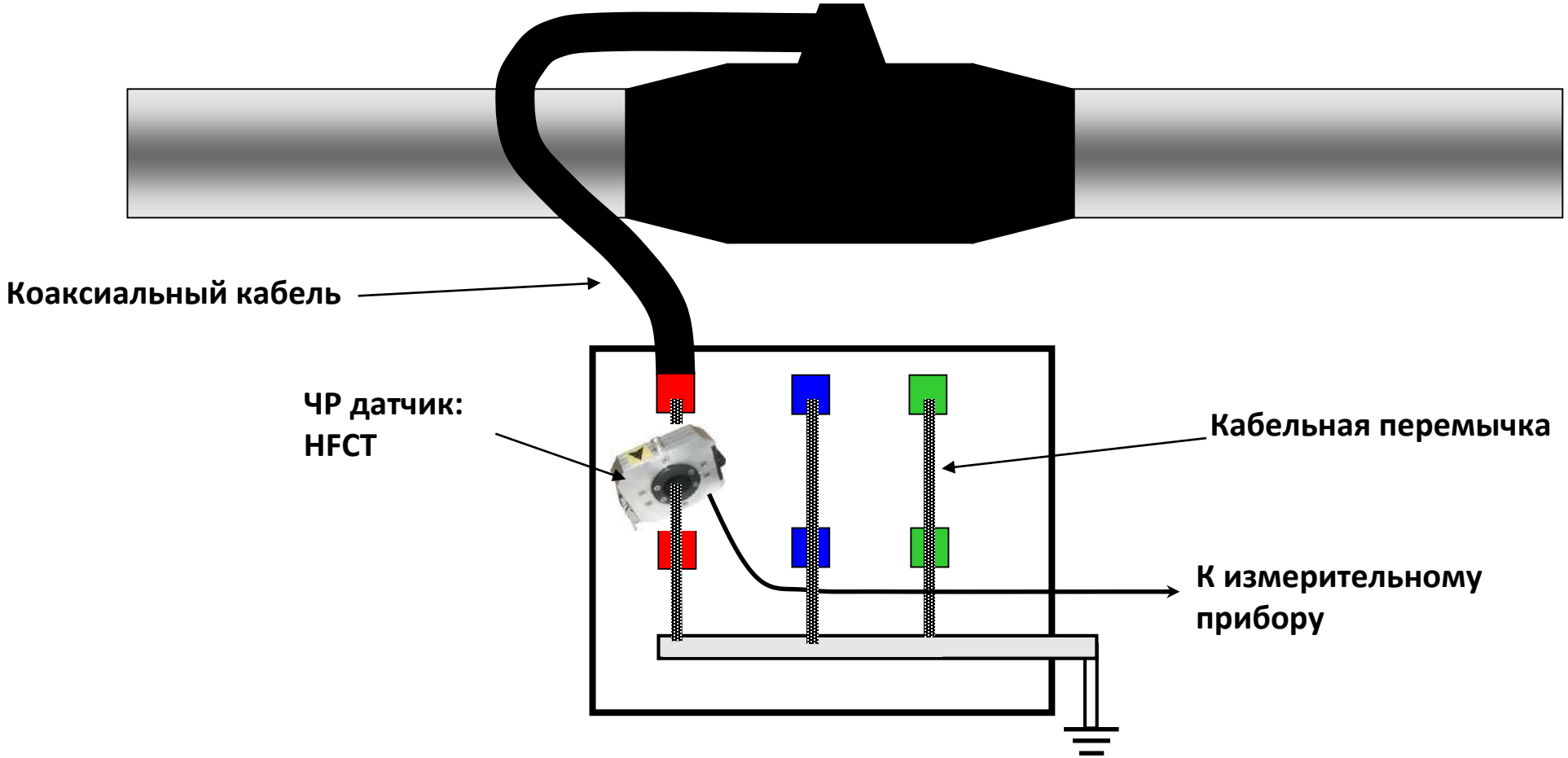
ЭТОТ РАБОЧИЙ ПРИМЕР ПОКАЗЫВАЕТ, КАК ЧР МОЖЕТ БЫТЬ ОБНАРУЖЕН, ПРАВИЛЬНО ИДЕНТИФИЦИРОВАН И ДАЖЕ ЛОКАЛИЗОВАН ВО ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ

РАСПОЛОЖЕНИЕ	Европа
ОБОРУДОВАНИЕ	кабель ВН
$U_{ном}$	220 кВ (линейное)
ИЗОЛЯЦИЯ	СПЭ (XLPE)
ТИП ИСПЫТАНИЙ	Пусконаладочные, оффлайн
ДАТЧИК	Высокочастотный ТТ (HFCT)

TECHIMP

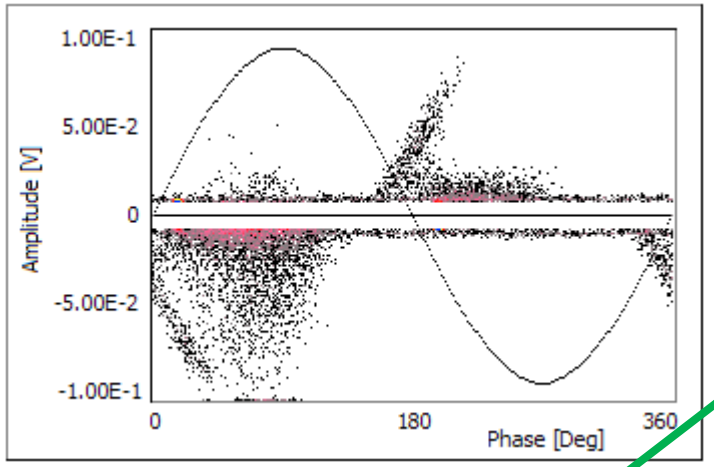
ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

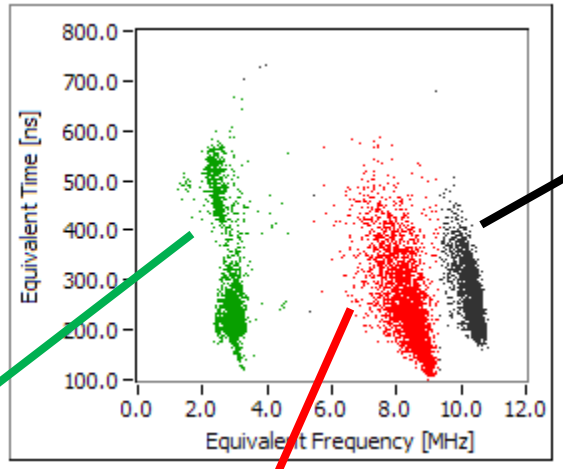
Испытания кабеля ВН при вводе в эксплуатацию по месту: **обнаружение ЧР**

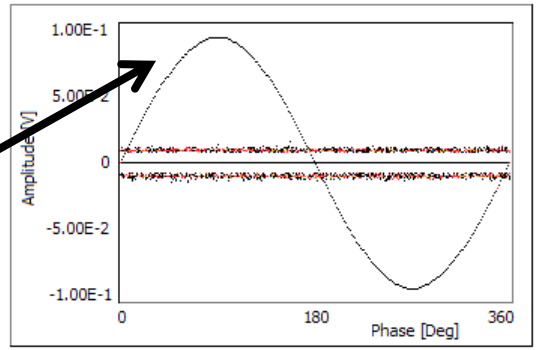


ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

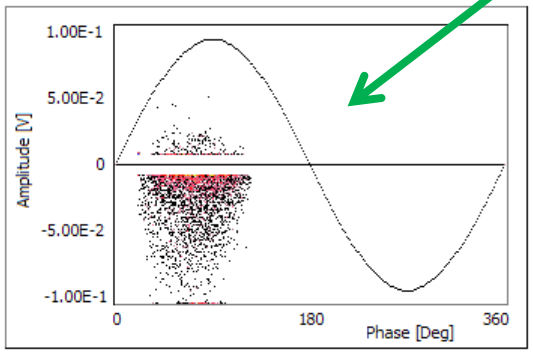
Испытания кабеля ВН при вводе в эксплуатацию по месту: **результаты измерений ЧР**



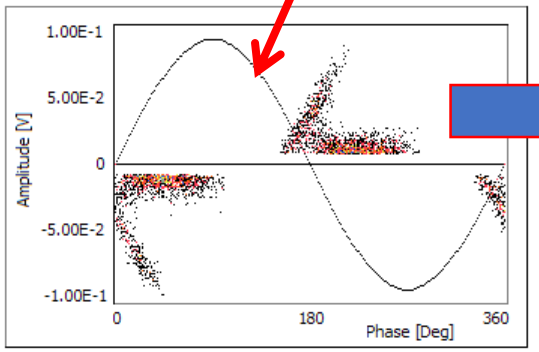


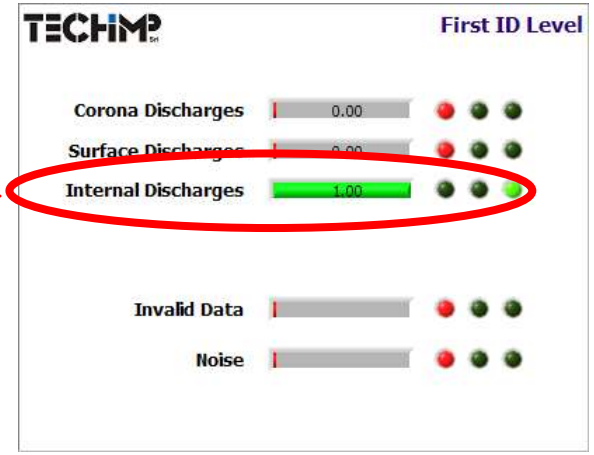


Фоновый шум



Поверхностные/
коронные разряды





ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Испытания кабеля ВН при вводе в эксплуатацию по месту: **результаты измерений ЧР**

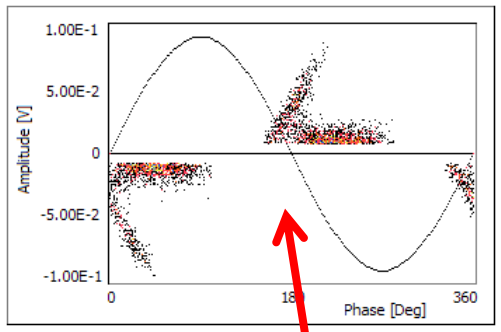
Более высокие амплитуда и частота ЧР, измеренных на соедин. муфте 1

Концевая муфта наружной установки

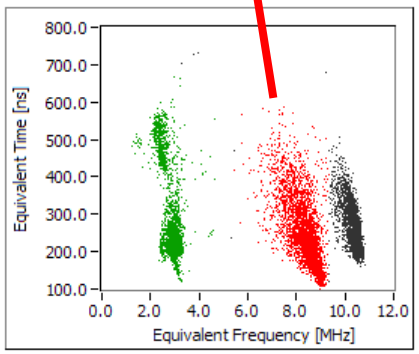
Соединительные муфты

2 **1**

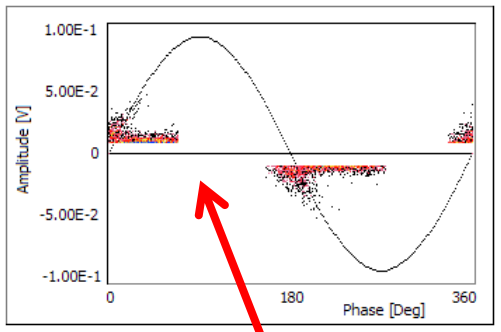
Концевая муфта наружной установки



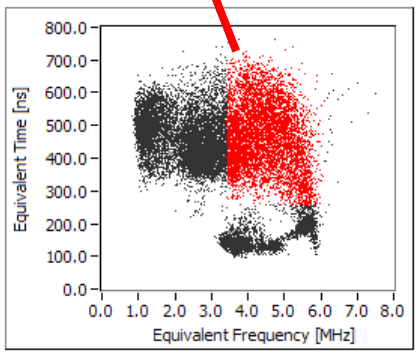
80 мВ



7-9 МГц



40 мВ



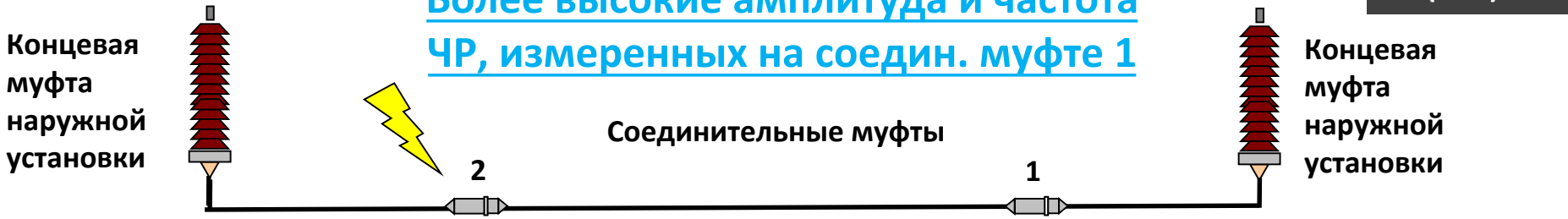
4-6 Мгц

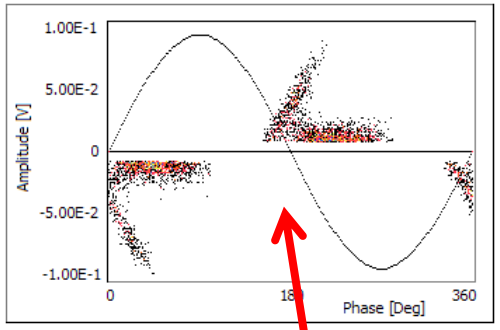
ОФФЛАЙН ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЯ ВН

Методы локализации:
- АЧ анализ
- фактическое время прибытия (ATA GPS)
- рефлектометрия (TDR)

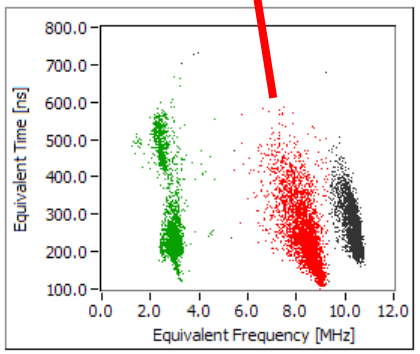
Испытания кабеля ВН при вводе в эксплуатацию по месту: результаты измерений ЧР

Более высокие амплитуда и частота ЧР, измеренных на соедин. муфте 1





80 мВ



7-9 МГц

