

**Методы и средства контроля состояния
высоковольтных кабельных линий и муфт
при периодическом контроле и в режиме
мониторинга.**

ООО «ДИМРУС»

www.dimrus.ru

Казань 2024

1. Непрерывный мониторинг технического состояния КЛ в режиме «on-line».

Реализуется при помощи стационарно установленных и непрерывно работающих систем оценки технического состояния кабельных линий.

Непрерывный мониторинг предназначен для реальной организации эффективного управления обслуживанием и ремонтами наиболее дорогого и ответственного оборудования по системе «обслуживание по техническому состоянию».

Достоинства – оперативность и надежность. Недостаток – высокая стоимость.

2. Периодический мониторинг технического состояния КЛ в режиме «on-line».

Реализуется при помощи стационарно установленных датчиков и периодически используемого измерительного и диагностического оборудования.

Предназначен для контроля технического состояния оборудования, на которое либо невозможно, либо экономически неэффективно устанавливать системы стационарного мониторинга.

Достоинство – возможность оперативного проведения измерений на работающем оборудовании. Недостатки – сравнительно высокая трудоемкость работ и возможность «пропуска» дефектного состояния.

3. Разовые или периодические испытания КЛ в режиме «off-line».

Реализуется на основе специальных диагностических средств и методов.

Достоинство – высокая эффективность диагностических работ.

Недостатки – необходимость вывода оборудования из работы, высокая трудоемкость проведения испытаний и диагностики, возможность «пропуска» дефектов.

Такие испытания обычно проводятся в плановом порядке, иногда во внеплановом порядке «по состоянию», а также для уточнения диагностических заключений, полученных системами непрерывного и периодического мониторинга.

На практике обычно все эти системы мониторинга и диагностики состояния изоляции применяются совместно.

Сотрудниками компании "ДИМПУС", обследовано с 2018 года с помощью приборов марки CPDA более 1600 кабелей, в том числе:

1. Бывшие в эксплуатации кабели с бумажной пропитанной изоляцией, 6 кВ: **266 шт;**
2. Бывшие в эксплуатации кабели с бумажной пропитанной изоляцией, 10 кВ: **93 шт;**
3. Бывшие в эксплуатации кабели с бумажной пропитанной изоляцией, 35 кВ: **38 шт;**
4. Новые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, 10 кВ: **925 шт;**
5. Новые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, 35 кВ: **266 шт;**
6. Новые кабели с изоляцией из этиленпропиленовой изоляцией, 20 кВ: **8 шт.**
7. Новые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, 20 кВ: **12 шт.**

Длины обследуемых кабелей составляли от 8м до 10770м.

Измерения проводились в ходе следующих работ:

1. Оказание услуг по диагностике КЛ;
2. Демонстрация работы прибора марки CPDA на территории заказчика;
3. Проведение обучения работе с прибором марки CPDA на территории заказчика.

Разработаны нормативы по уровню частичных разрядов и рекомендации на их основе.

- Неразрушающая оперативная диагностика изоляции кабеля, концевых и соединительных муфт;
 - Использование максимально чувствительного метода измерения частичных разрядов;
 - Локация мест возникновения дефектов в линии;
 - Встроенное измерение емкости кабельной линии и тангенса угла диэлектрических потерь;
 - Минимальные габариты за счет использования затухающего переменного напряжения (DAC);
 - Портативная система, не имеющая аналогов по габаритам и стоимости;
 - Управление процессом проведения измерений, в целях безопасности, производится дистанционно с ноутбука, с использованием стандартного беспроводного интерфейса WI-FI;
 - Создание отчета в течении часа после проведения измерений.
-

Установка CPDA – не только помогает диагностировать старые кабели, но и является единственным и незаменимым помощником при проведении контроля качества монтажных работ после прокладки новых кабельных линий и перед вводом их в эксплуатацию.



Отлично выявляются следующие дефекты:

- Недопустимые перегибы кабеля при прокладке;
- Некачественный монтаж концевых и соединительных муфт;
- Механические повреждения элементов кабеля при монтаже;
- Механические повреждения элементов кабеля при эксплуатации;
- Заводской брак;
- Развивающиеся дефекты в муфтах и в теле кабеля во время эксплуатации;

Контроль проведенных монтажных работ, позволяет заставить монтажную организацию переделать некачественные работы. После устранения замечаний, проводится повторный контроль проведенных работ с помощью установки CPDA.

Для организации мониторинга технического состояния и диагностики дефектов кабельных линий наиболее часто применяют три метода:

- **Контроль температуры.** Контроль распределения температуры вдоль кабельной линии при помощи оптического волокна, проложенного в кабеле под оболочкой на заводе изготовителе. Метод позволяет контролировать температуру вдоль всей линии, диагностируя места наличия локальных перегревов.

Этот метод ориентирован на контроль технологических режимов работы кабельной линии, его диагностические возможности ограничены.

При возможности установки, целесообразно использовать локальные датчики контроля температуры муфт.

- **Контроль частичных разрядов** в изоляции кабеля и в муфтах. Метод базируется на измерении и анализе частичных разрядов в изоляции, которыми сопровождается возникновения большинства дефектов в кабельных линиях.

Данный метод имеет высокую чувствительность к подавляющему большинству дефектов, возникающих в изоляции кабельной линии, причем на самых ранних стадиях их возникновения и развития. По этой причине метод применяется для целей диагностики и управления эксплуатацией высоковольтных кабельных линий.

- **Контроль токов в экране кабеля.** Метод предназначен в основном для контроля уравнительных токов в экранах, обусловленных режимами работы и особенностями прокладки однофазных кабельных линий.

- **Контроль влагосодержания изоляционной жидкости концевой кабельной муфты.** Метод предназначен для контроля влагосодержания на соответствующих конструкциях концевых кабельных муфт, установленных на открытом РУ.



Наиболее эффективным методом оперативного контроля состояния и диагностики дефектов изоляции кабельных линий под рабочим напряжением является регистрация и анализ частичных разрядов в изоляции кабеля и муфт.

Частичные разряды, по определению, «перекрывают только часть рабочего изоляционного промежутка», поэтому, чаще всего, не являются аварийным дефектом, но практически всегда предшествуют фатальным повреждениям изоляции кабельных линий. Время от момента возникновения частичных разрядов до момента перехода частичного дефекта в дуговой разряд обычно достаточно для принятия персоналом управляющих воздействий на эксплуатацию кабельной линии.

Достоинства систем мониторинга частичных разрядов в кабельных линиях.

- Высокая чувствительность метода диагностики ЧР к большинству дефектов в изоляции кабельной линии.
- Возможность определения типа выявленного дефекта, степени его развития и опасности для дальнейшей эксплуатации кабельной линии.
- Проведение оперативной локализации места возникновения выявленных дефектов под рабочим напряжением в режиме «on-line» на работающей кабельной линии.

Особенности использования систем мониторинга ЧР в кабельных линиях.

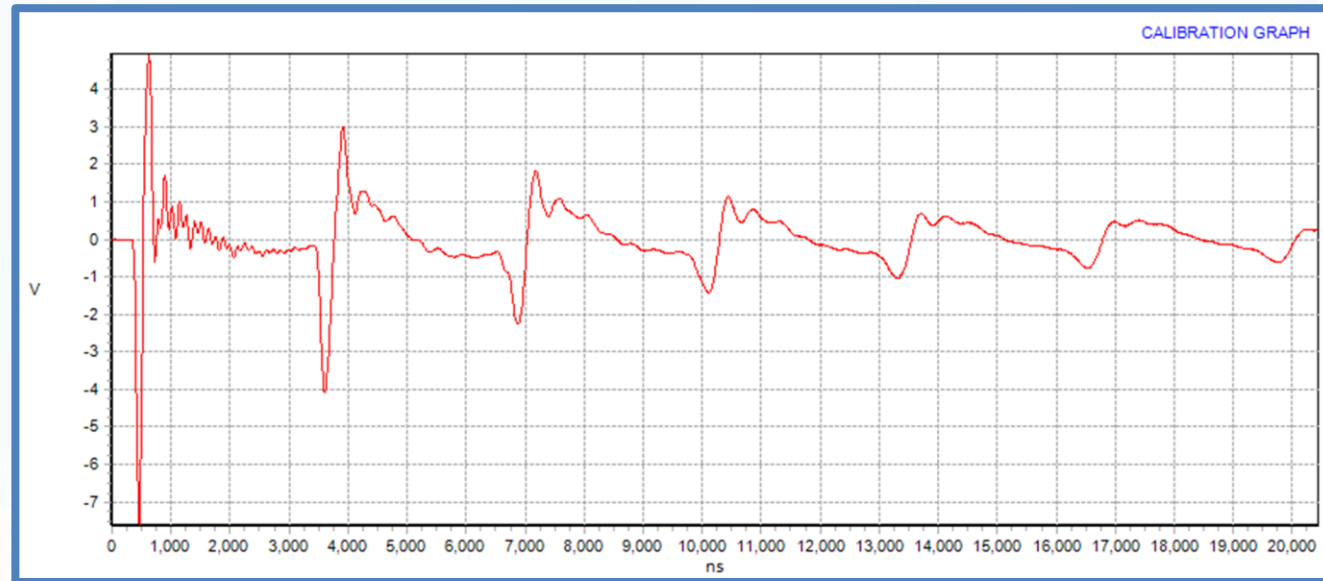
- **Высокий уровень высокочастотных импульсных шумов в кабельных линиях**, по параметрам соответствующих импульсам частичных разрядов, затрудняющий корректную оценку технического состояния и выявление дефектов в изоляции.
- Необходимость использования специализированной экспертной диагностической системы для оценки состояния кабельной линии, так как «ручная» диагностика по частичным разрядам требует специальной подготовки персонала.

Эффективность работы системы мониторинга технического состояния изоляции кабельной линии по частичным разрядам в наибольшей мере зависит от того, насколько надежно удастся отстроиться от внешних помех.

Важным диагностическим параметром является частота и форма импульса ЧР, возникшего в зоне дефекта в высоковольтной изоляции. Форма импульса зависит не только от параметров дефекта и самого «первичного» импульса частичного разряда, но также и от свойств среды, окружающей зону дефекта, и от типа измерительного оборудования.

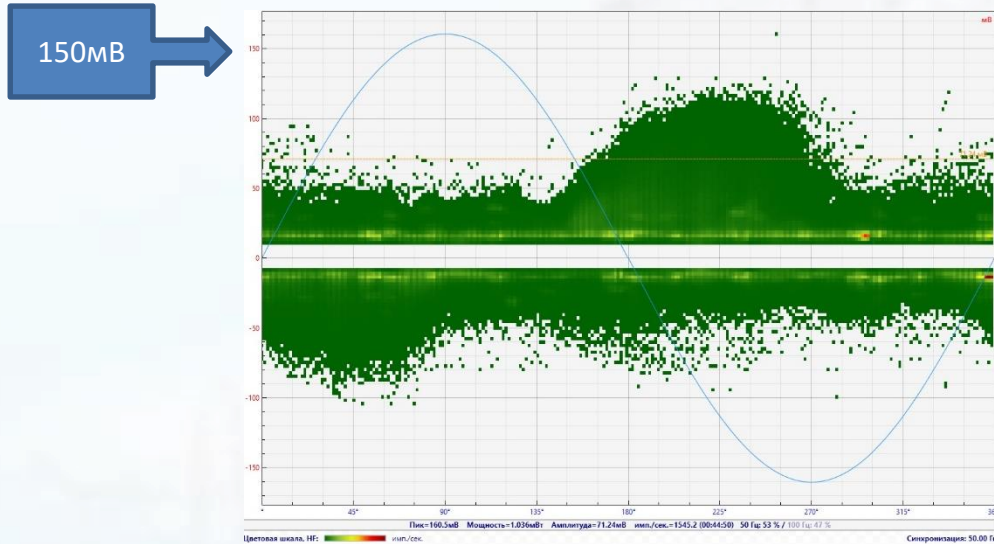
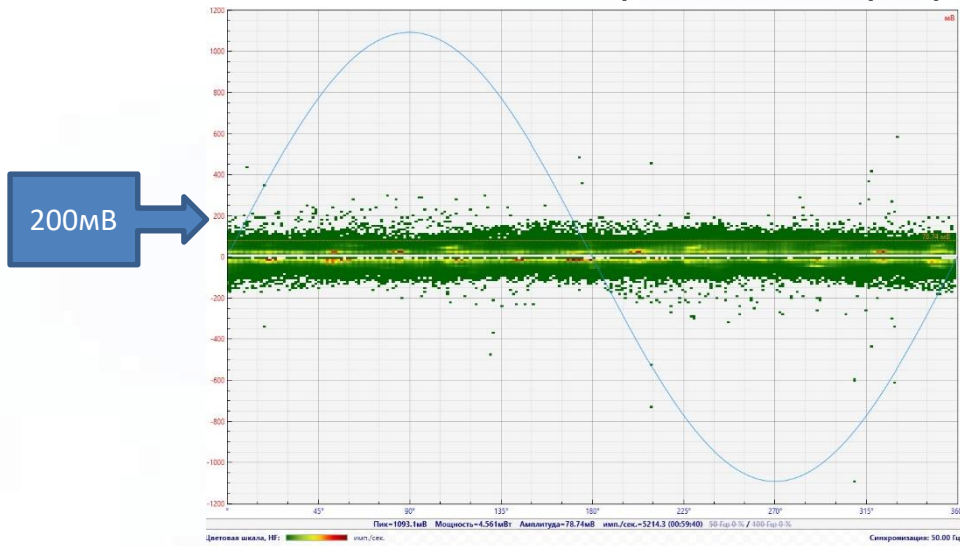
При распространении и отражении импульса по КЛ высокочастотный сигнал значительно затухает.

Пример рефлектограммы с несколькими отражениями от конца кабеля.



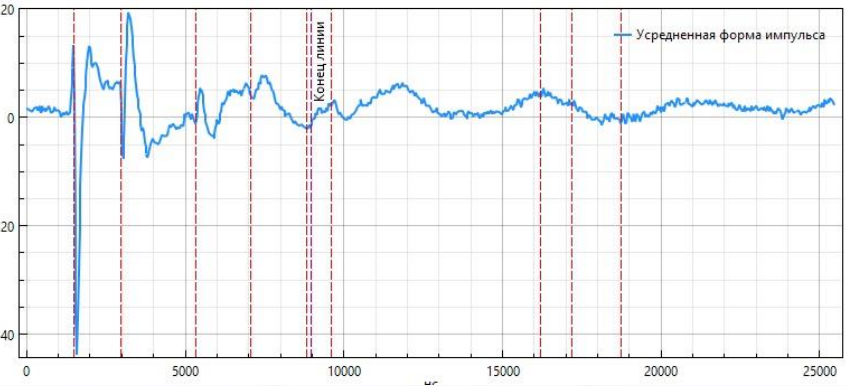
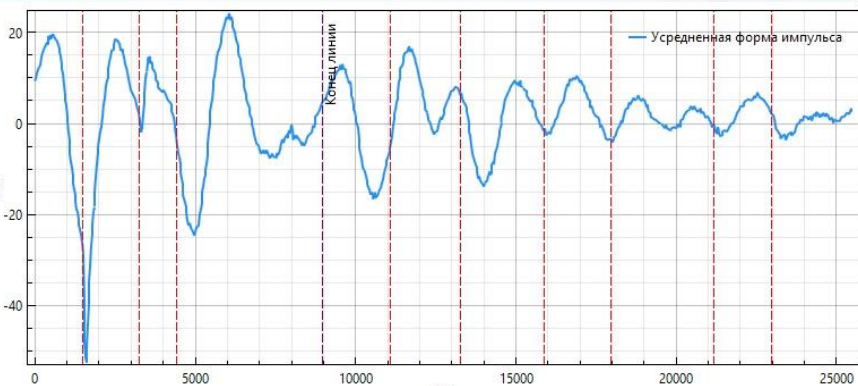
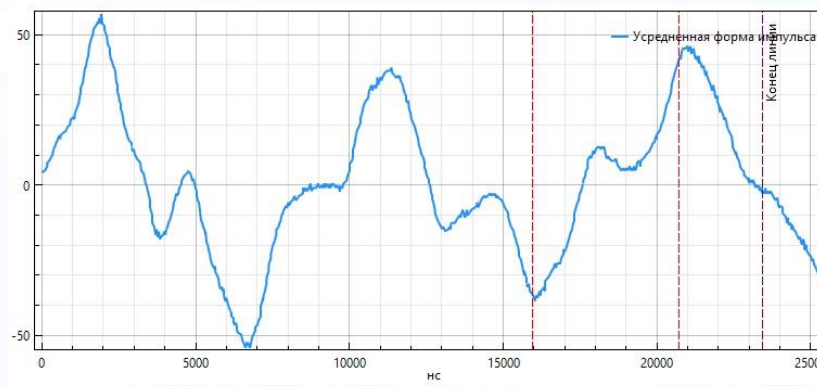
Длина кабеля 250м. Между отражениями импульс проходит 500м.

КЛ 600 метров. Сигнал разрядной активности без частотной фильтрации и с фильтрацией.



5200 импульсов в сек, максимальная амплитуда 1200мВ

1500 импульсов в сек, максимальная амплитуда 180мВ

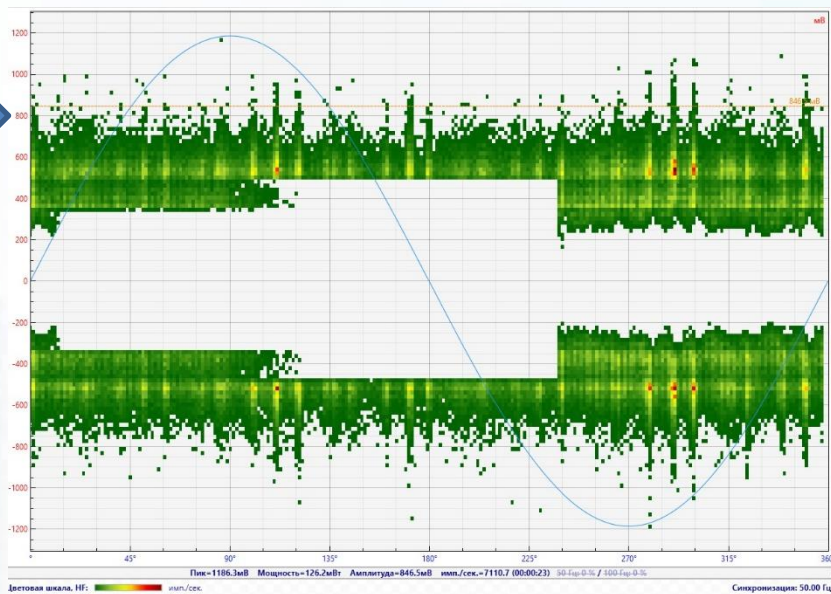
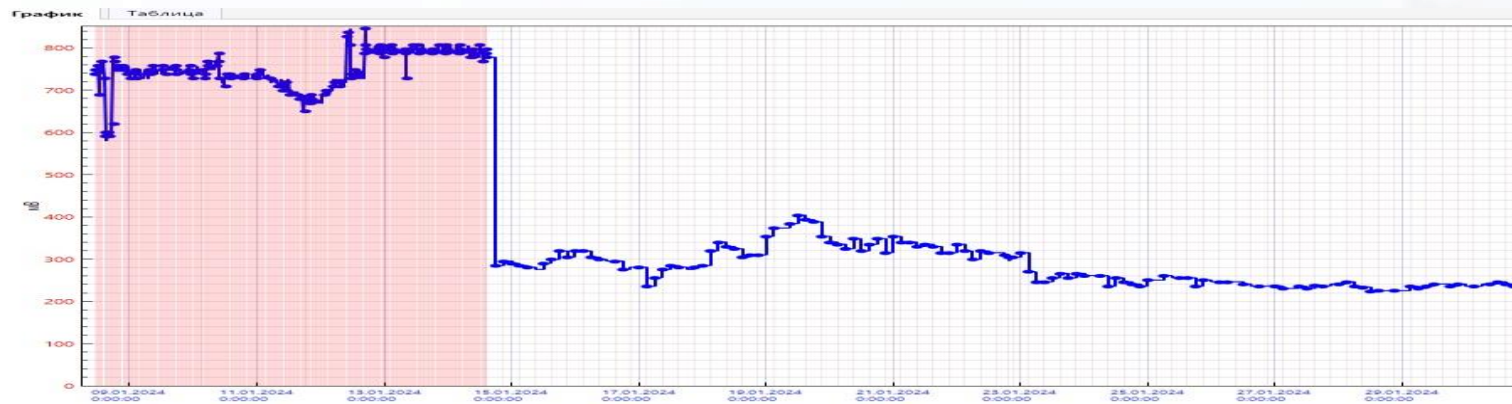


Помеха

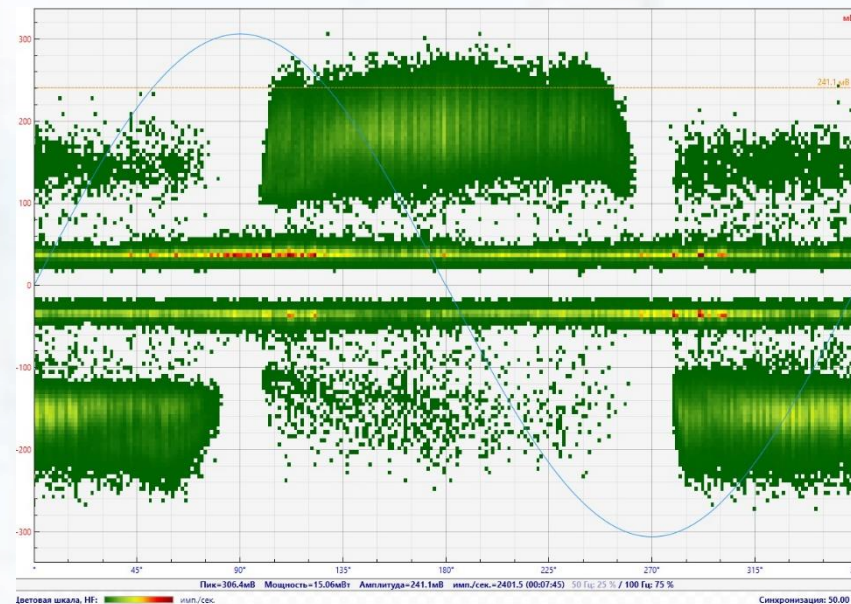
ЧР + помеха

ЧР после фильтрации

КЛ 25 метров. Тренд и сигнал разрядной активности без частотной фильтрации и с фильтрацией.



7000 импульсов в сек, амплитуда 846мВ



2400 импульсов в сек, амплитуда 241мВ

На основании значительного опыта установки систем мониторинга и диагностики КЛ рекомендуем ограничивать ВЧ диапазон измерения частичных разрядов в кабельных линиях различной длины:

- при длине КЛ до **250м** использовать ВЧ фильтр от **2.5МГц**;
- при длине КЛ **250 - 500м** использовать ВЧ фильтр от **2МГц**;
- при длине КЛ **500 - 1000м** использовать ВЧ фильтр от **1МГц**;
- при длинах КЛ свыше 1000м – измерение в полном диапазоне частот.

При контроле только концевых муфт рекомендуем использовать частотный диапазон ВЧ сигналов от 3МГц.

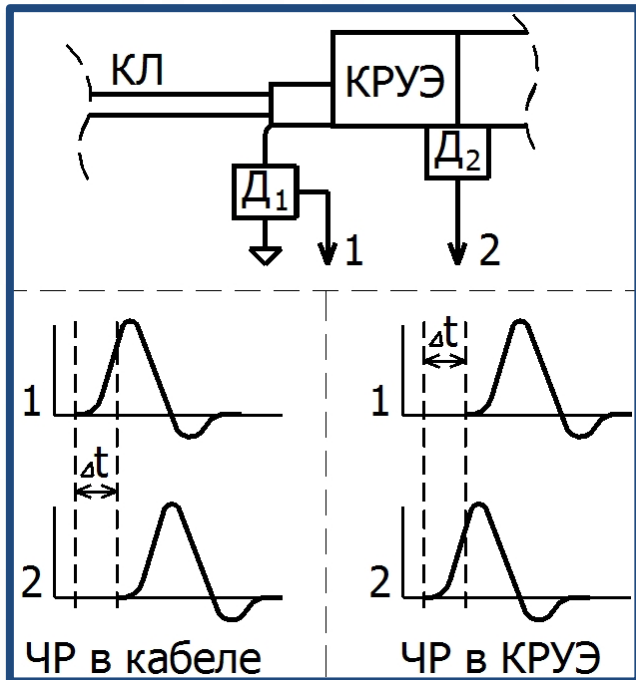
Частотные фильтры возможно использовать в виде внешних устройств или использовать встроенные настраиваемые фильтры в приборах марки CDM, Filter-PD, CPDA.

Параметры канала №1

Чувствительность	10.00 <input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/> нКл/В	В ячейку подключен кабель	<input checked="" type="checkbox"/>
Фаза датчика	A <input type="text"/>		Длина кабельной линии, м	90 <input type="text"/>
			Коэффициент укорочения	1.890 <input type="text"/>

Параметры фильтрации

<input checked="" type="checkbox"/> Цифровой фильтр	Частота верхних частот <input type="text"/>	от	2.5 <input type="text"/>	до	20.0 <input type="text"/>	МГц <input checked="" type="checkbox"/>
---	--	----	--------------------------	----	---------------------------	---



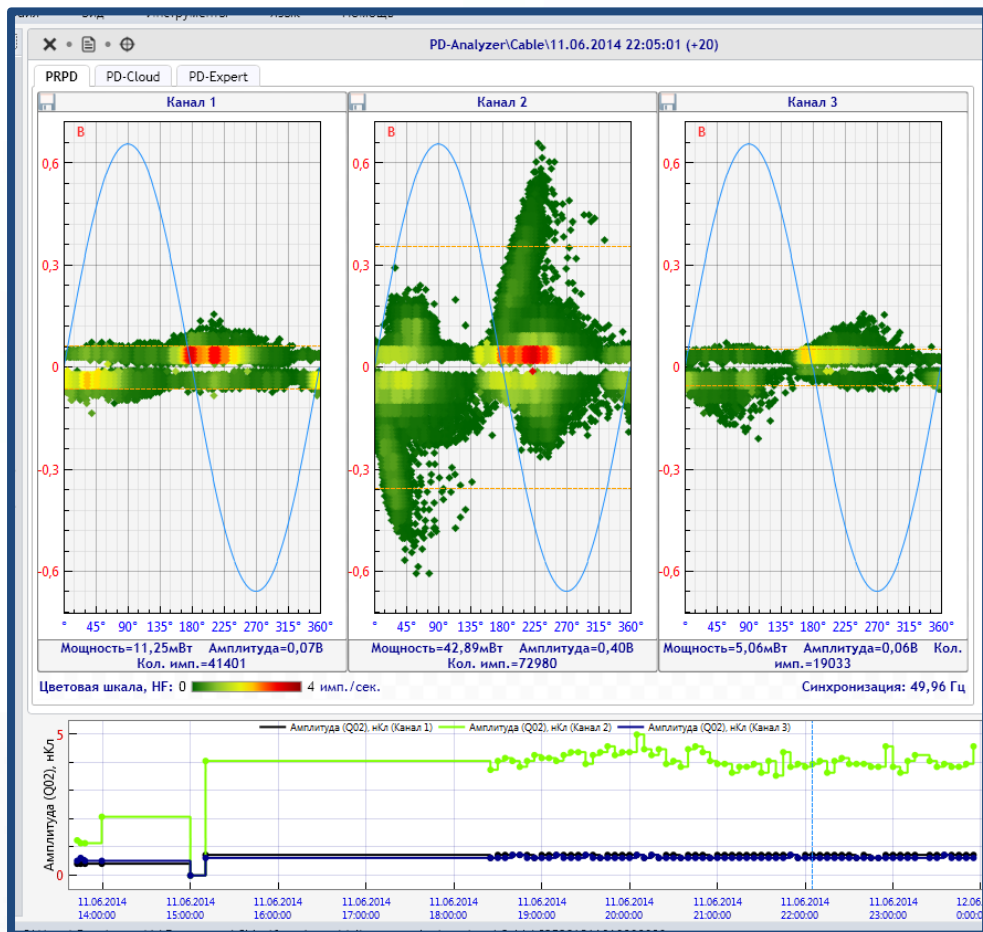
Все применяемые в оборудовании регистрации частичных разрядов способы отстройки от помех делятся на две группы – аппаратные и алгоритмические.

Аппаратные средства отстройки от помех реализованы в электронных схемах регистрирующих приборов. Уже после использования аппаратных средств отстройки от помех производится преобразование импульсов частичных разрядов из аналоговой в цифровую форму.

Наиболее часто применяемые аппаратные средства – это «разборка» импульсов на входе каналов приборов по времени прихода, и метод сравнение амплитуд сигналов в различных точках контролируемого оборудования.

Согласно приведенному рисунку, если первым приходит импульс от датчика 1, смонтированного на кабельной линии, то регистрируемый импульс возник в кабельной линии. Если все наоборот, то частичный разряд возник внутри КРУЭ.

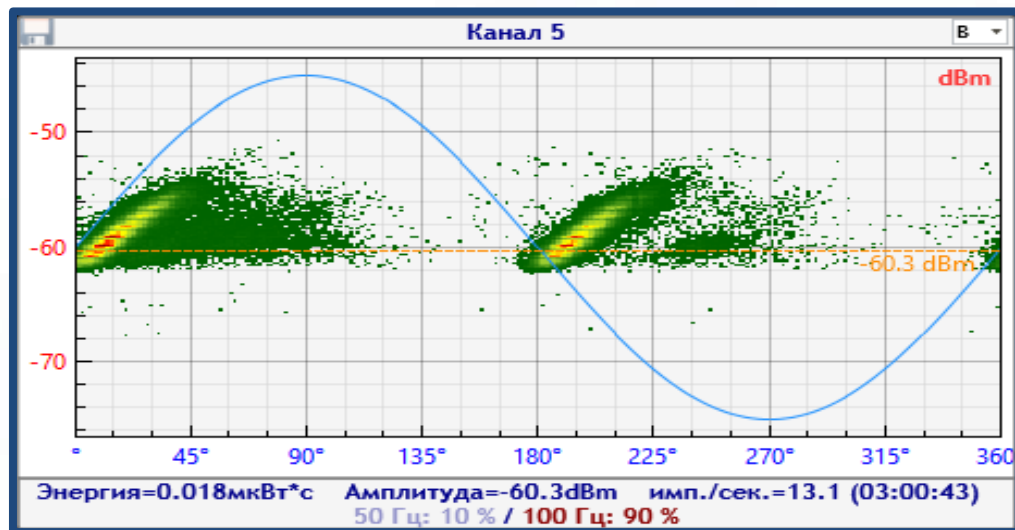
Чем больше в системе регистрации частичных разрядов реализовано способов и использовано средств отстройки от помех, тем выше эффективность ее применения.



Значительную часть внешних импульсных высокочастотных помех удастся эффективно удалить из всей регистрируемой информации благодаря наличию прямой связи момента возникновения импульсов частичных разрядов с фазой высоковольтного питающего напряжения.

Реальные импульсы частичных разрядов возникают всегда в моменты роста синусоидально изменяющегося напряжения питающей сети, когда происходит постоянное повышение взаимных потенциалов между элементами диэлектрика в изоляции кабельной линии.

Импульсы высокочастотных помех, «похожие» на импульсы частичных разрядов, не связаны с синусоидой питающей сети, и на диаграмме будут представлены в виде равномерной шумовой полосы, и от которой можно достаточно легко отстроиться при помощи несложного алгоритма.

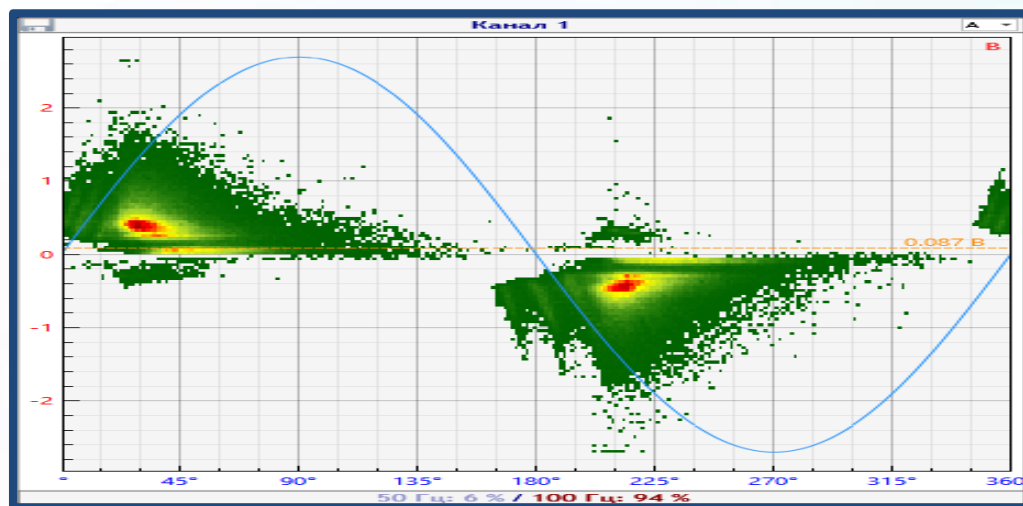


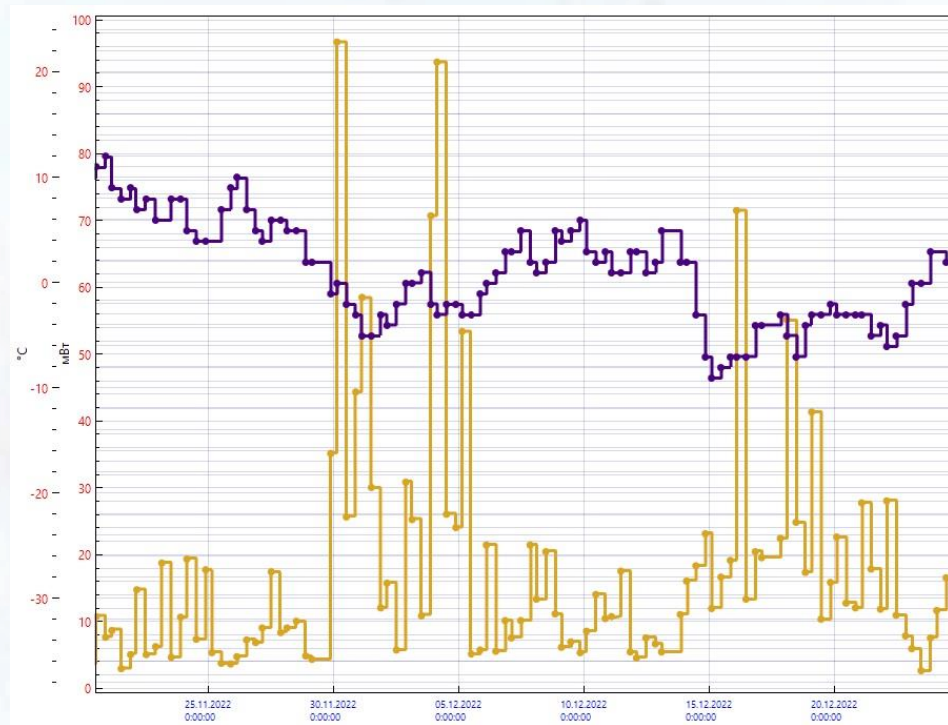
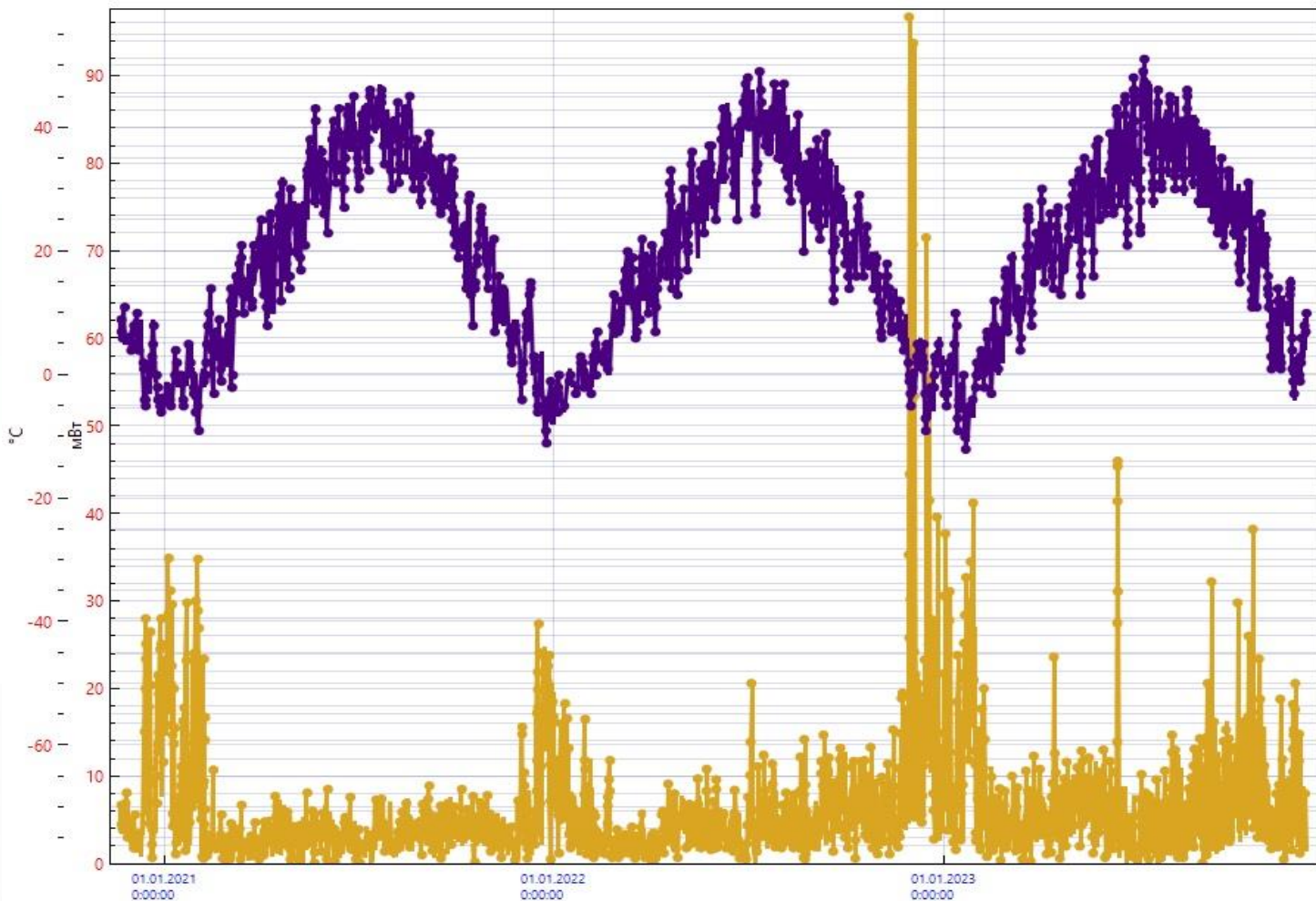
Каждому конкретному типу дефекта в изоляции практически однозначно соответствует его образ, полученный на амплитудно – фазовом распределении импульсов частичных разрядов относительно фазы питающего напряжения. Такое распределение импульсов ЧР в литературе обычно называется PRPD.

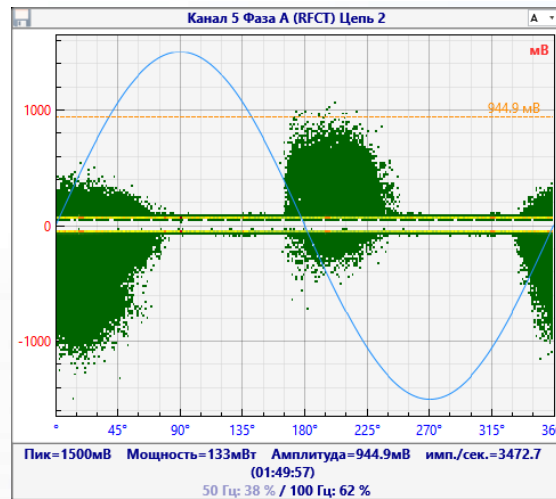
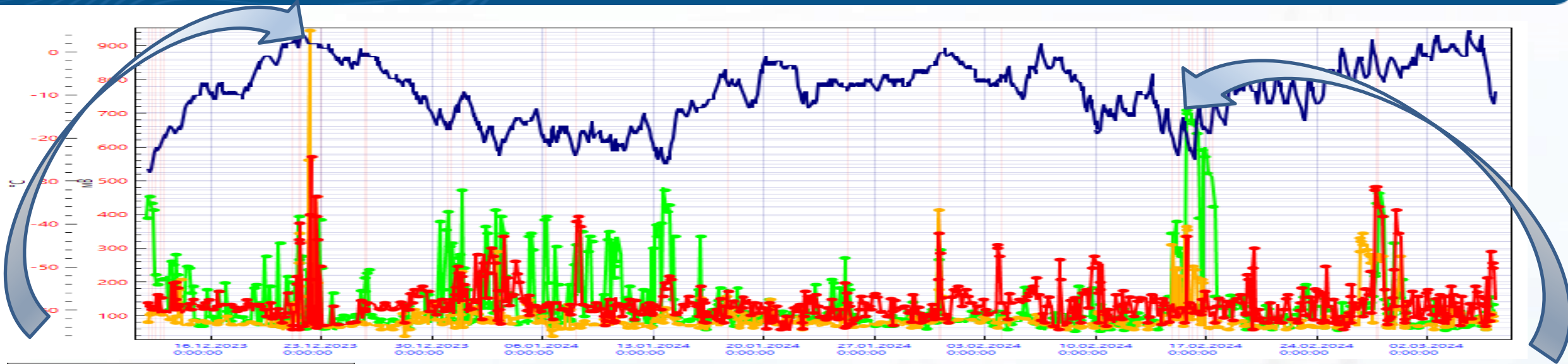
Каждая автоматизированная экспертная диагностическая система имеет в своем составе библиотеку (базу) образов дефектов в изоляции, представленную в виде стандартных PRPD. Обычно база включает дефекты, возникновение которых возможно в данном оборудовании.

Сравнивая полученное PRPD распределение с библиотекой образов можно достаточно точно определить тип дефекта, генерирующий частичные разряды в кабельной линии.

На приведенных на рисунке распределении ЧР есть признаки частичных разрядов. Это 2 различных типа дефекта, имеющие характерное распределение на амплитудно-фазовой плоскости.



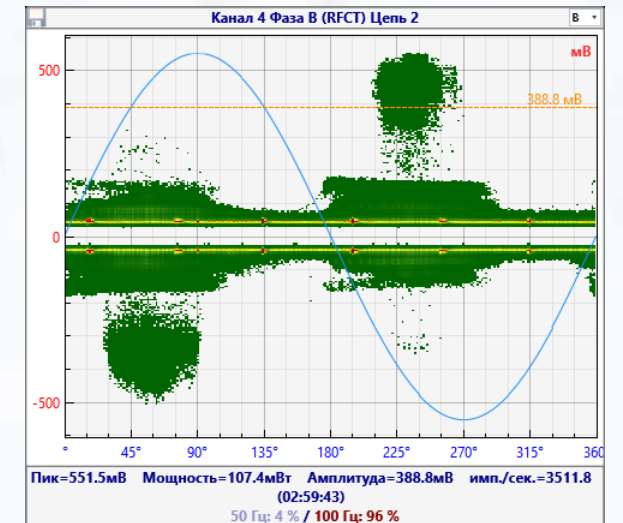




На графике показаны амплитуды ЧР по фазам А(Ж), В(З), С(К) и температура окружающего воздуха (синий) за 3 зимних месяца 2024.

Слева амплитудно-фазовое распределение ЧР фаза А. Справа амплитудно-фазовое распределение ЧР фаза В.

Моменты времени, соответствующие времени регистрации амплитудно-фазовых распределений указаны стрелками.



Все сигналы ЧР имеют частоту более 7МГц. Предполагаемый источник - концевые муфты установленные на ОРУ.

Измерение частичных разрядов на КЛ может производиться датчиками трех типов, работающими в различных диапазонах частот:

- Ультразвуковые микрофоны и пьезодатчики (U).
- Высокочастотные трансформаторы тока и конденсаторы связи (HF).
- Сверх и высокочастотные электромагнитные антенны (UHF и VHF).

Применительно к измерению частичных разрядов в высоковольтных кабельных линиях наиболее часто используются датчики ВЧ диапазона - высокочастотные трансформаторы тока с ферритовым сердечником.

Такие датчики серии RFCT (HFCT) легко монтируются на поводках заземления экранов кабельных линий, выведенных в муфтах. Самым важным является то, что такие датчики контролируют частичные разряды не только в самой муфте, но и в участке кабеля, отходящем от муфты. При этом длина контролируемого участка кабельной линии составляет не менее ± 2000 метров от места установки датчика, и зависит от типа кабеля и количества соединительных муфт.

Оптимальным является использование комплекта датчиков RFCT совместно с ультразвуковыми датчиками или электромагнитными антеннами для регистрации ЧР в кабельной муфте.

Диапазон частот	Тип датчиков	Способ монтажа	Чувствительность
U (ультразвук)	Пьезодатчики, микрофоны	Контактно и бесконтактно	± 1 м
HF (ВЧ)	HF трансформаторы Конденсаторы связи	На земляных и токоведущих шинах	± 2000 м
UHF VHF	Электромагнитные антенны	Бесконтактно	± 20 м

Основным типом датчиков частичных разрядов, применяемых для диагностики кабельных линий и муфт, являются высокочастотные трансформаторы тока - RFCT. Они представляют собой трансформаторы тока, в которых использован сердечник из специального феррита. Частотные свойства таких датчиков определяются параметрами ферритового сердечника, наиболее эффективно их применение для частот от 0,1 до 20,0МГц.

При использовании датчиков типа RFCT для контроля кабельных линий их устанавливают на поводке (шине) заземления экрана кабеля.

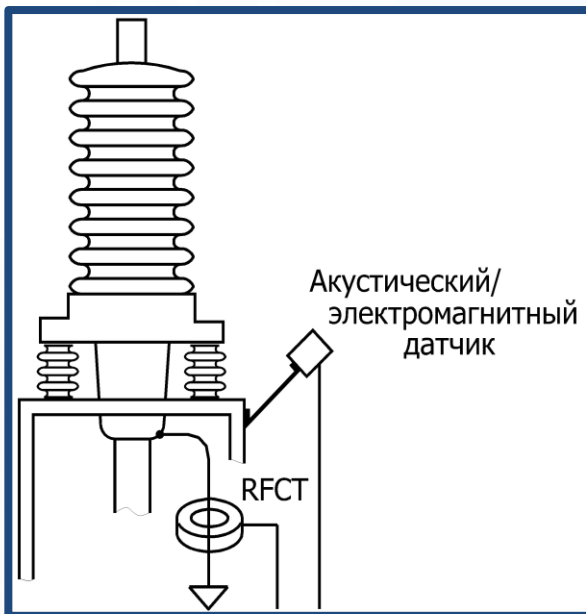
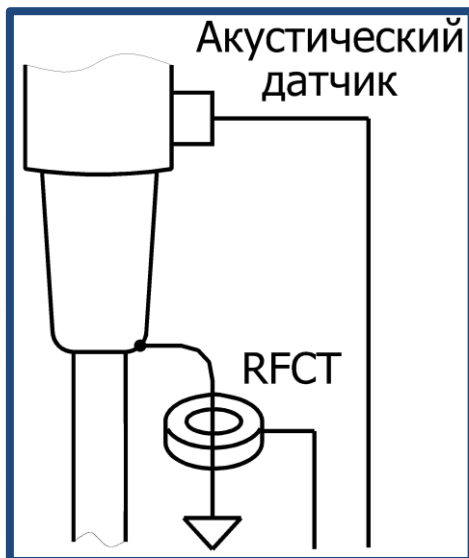
Поскольку по проводникам заземления экранов кабелей возможно протекание больших токов, как импульсных, так и промышленной частоты, в датчиках типа RFCT применяются специальные меры, позволяющие избегать насыщений сердечника промышленными токами, снижающими чувствительность датчика к частичным разрядам.

В качестве дополнительных датчиков для контроля концевой муфты могут использоваться акустические датчики. Для акустических измерений используются контактные акустические датчики типа AC-Sensor и бесконтактные AR-Sensor/S. Контактные акустические датчики безопасно использовать для концевых муфт в трансформаторном оборудовании и КРУЭ. Для концевых муфт на ОРУ максимально безопасно использовать бесконтактные акустические или электромагнитные датчики марки TS-3.

Для измерения температуры контактных соединений КРУ применяются беспроводные датчики BDM/T.

Для измерения температуры муфт применяются беспроводные датчики типа T-Sensor.





По статистике наиболее частой причиной аварийного выхода из эксплуатации высоковольтных кабельных линий являются дефекты изоляции концевых и соединительных муфт.

Для наиболее эффективного контроля кабельных муфт рекомендуется использовать три составляющих системы мониторинга.

1. ВЧ датчик ЧР. Наиболее часто используются высокочастотные трансформаторы тока марки RFCT, монтируемый на поводке заземления экрана. Для мониторинга концевых трансформаторных муфт так же возможно использовать устройство присоединения DB-2 для подключения к измерительным выводам высоковольтных вводов.
2. Акустический или электромагнитный датчик для дистанционного локального контроля частичных разрядов непосредственно внутри кабельной муфты.
3. Бесконтактный датчик контроля температуры кабельной муфты.

Практическое применение всех трех типов датчиков имеет ряд технических и алгоритмических сложностей:

- Сложность конструкции кабельной муфты и монтажа датчиков частичных разрядов. Особенно усложняет установку датчиков появление высокого потенциала, если заземление экрана в этой муфте осуществлено через защитный ОПН.
- Высокий уровень высокочастотных импульсных помех в кабельной линии, которые по своим параметрам близки к ожидаемым импульсам частичных разрядов.



Система мониторинга марки «CDM-6» (Cables Diagnostics Monitor) предназначена для постоянного контроля технического состояния изоляции по ЧР с возможностью подключения до 6 датчиков различного типа.

Оптимальный комплект диагностических датчиков составляет:

- 3 датчика RFCT, установленных на поводок заземления экрана либо 3 устройства присоединения DB-2 для концевых муфт трансформаторного оборудования.
- 3 контактных акустических датчика для трансформаторных муфт и муфт в КРУЭ или 3 электромагнитных антенны TS-3 для концевых муфт на ОРУ.

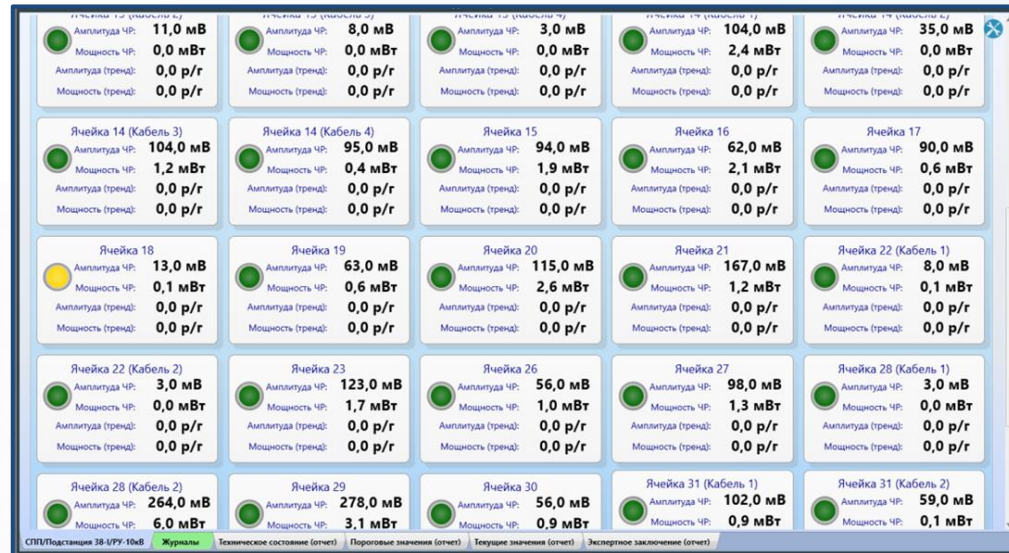
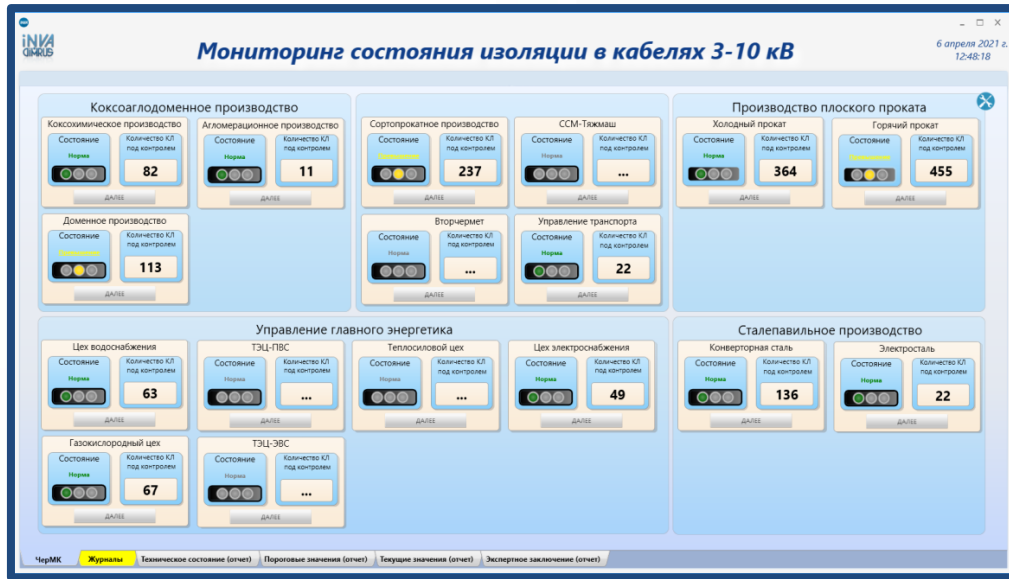
Использование одной многоканальной системы мониторинга «CDM» позволяет, снизить общие затраты на систему мониторинга и диагностики и дает возможность более эффективно отстраиваться от наводок и высокочастотных помех на контролируемое оборудование.

В приборе реализован набор самых современных средств отстройки от помех:

- Совместный анализ времени возникновения импульсов и фазы питающего напряжения
- «Time of arrival» - отстройка от помех по времени прихода импульсов от разных датчиков с разрешением в единицы наносекунд.
- Амплитудная «разборка импульсов», предназначенная для отстройки от наведенных сигналов от соседних фаз.
- Анализ полярности импульсов.
- Настраиваемый частотный диапазон измерения.

Для повышения информативности всех диагностических заключений в приборе дополнительно производится измерение температуры и влажности воздуха.





Для организации «верхнего уровня» мониторинга технического состояния кабельных линий используется программное обеспечение «iNVA», работающее на персональном компьютере промышленного исполнения.

Программное обеспечение мониторинга марки «iNVA» включает в себя:

- Полную информацию о контролируемом оборудовании и смонтированных на нем технических средствах системы контроля.
- Многоуровневую базу хранения данных от первичных датчиков.
- Средства просмотра и анализа первичных и расчетных параметров кабельных линий.
- Набор из нескольких экспертных систем для диагностики дефектов.
- Обобщенную систему для формирования итогового заключения на основании результатов работы всех экспертных систем.

Результаты работы системы мониторинга передаются в систему АСУ-ТП более высокого уровня по протоколу МЭК 61850.

Основные этапы процесса диагностирования

1. Определение уровня ЧР, сравнение с существующими нормами или наработками.
2. Определение типа разрядной активности и степени опасности.
3. Анализ наличия резких изменений параметров разрядной активности (резкое изменение амплитуды или интенсивности импульсов).
4. Анализ тренда амплитуды или интенсивности разрядной активности.
5. Анализ взаимосвязи с параметров импульсов с технологическими параметрами оборудования и, при необходимости, параметрами внешней среды.
6. Локация источника разрядной активности.

Обо всех изменениях основных параметров кабельной линии, превышениях пороговых значений параметров, результатах работы экспертных систем, программным обеспечением мониторинга «iNVA» формируются готовые отчетные документы.

Каждый отчетный документ всегда включает в себя первичную информацию, на основании которой делалось каждое диагностическое заключение.

Программой формируются отчеты:

- О текущем техническом состоянии кабельной линии на основании первичной информации.
- О превышениях первичными параметрами пороговых значений.
- Отчеты о результатах работы диагностических экспертных систем.

iNVA

Экспертное заключение о техническом состоянии оборудования
Кабельные линии
на 29 апреля 2015 г. 10:58

КЛ 500 кВ "Южноуральская ГРЭС-2"-"Троицкая ГРЭС" №1

Анализ частичных разрядов

Дата проведения измерения: 16.04.2015 12:00.
Прибор: ВЕЛЕС-СС.01.

Исходные данные

Место установки датчика	Мощность импульсов, мВт	Скорость роста мощности импульсов, раз в год	Амплитуда импульсов (Q02), нКл
Фаза А1 (К1)	0,0	0,0	0,0
Фаза В1 (К2)	0,2	0,0	1,1
Фаза С1 (К3)	0,0	0,0	0,0

Результаты диагностики

В результате анализа разрядная активность не зафиксирована.

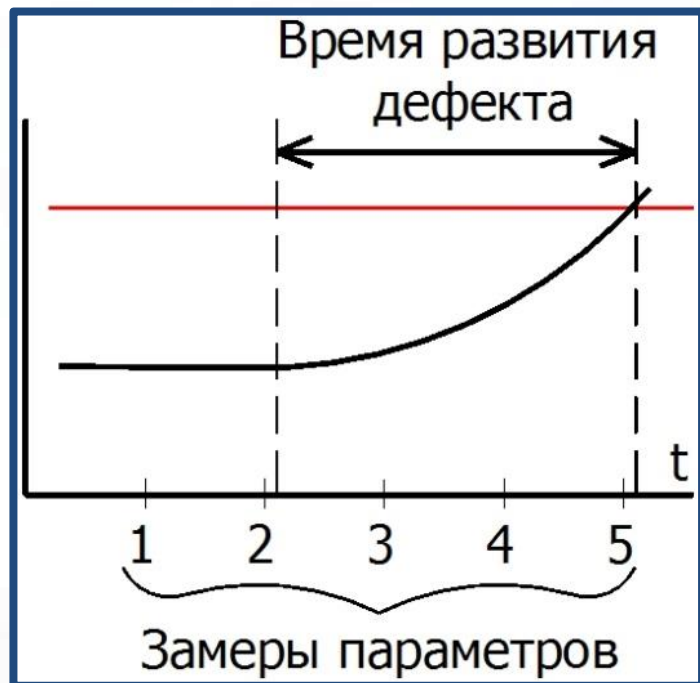
КЛ 500 кВ "Южноуральская ГРЭС-2"-"Троицкая ГРЭС" №2

Анализ частичных разрядов

Дата проведения измерения: 16.04.2015 12:00.
Прибор: ВЕЛЕС-СС.01.

Исходные данные

Место установки датчика	Мощность импульсов, мВт	Скорость роста мощности импульсов, раз в год	Амплитуда импульсов (Q02), нКл
Фаза А2 (К4)	0,0	0,0	0,0
Фаза В2 (К5)	0,0	0,0	0,0
Фаза С2 (К6)	0,6	0,0	3,6



Непрерывный мониторинг состояния кабельных линий в режиме «on-line» является наиболее эффективным методом диагностики состояния кабельных линий под рабочим напряжением. Однако применить такое диагностическое оборудование для всех кабельных линий невозможно. Экономической альтернативой непрерывному мониторингу является периодический контроль.

Для того, чтобы гарантированно выявить дефект на ранних стадиях и свести до минимума аварийность, необходимо правильно выбирать интервал времени между периодическими измерениями. Желательно, чтобы за время развития дефектов, от момента возникновения до достижения критического уровня, диагностика проводилась бы, минимум, два – три раза. В этом случае «пропуск» дефекта маловероятен.

Для кабельных линий с СПЭ изоляцией, у которых, по сравнению с другими типами изоляции, время развития дефектов, может быть небольшим, единственно приемлемым вариантом является мониторинг в режиме «on-line».

Периодические, или разовые, измерения параметров кабельных линий, проводимые в режиме «on-line», имеют практический смысл только при вводе линий в эксплуатацию после монтажа, и после проведения ремонтных работ.

Проведение плановых измерений по принципу «раз в год» не даст возможность гарантированно выявить дефект, который развивается за месяц или проявляется при определенных условиях эксплуатации.



Для проведения диагностики состояния муфты достаточно включить прибор Test-PD и поднести его к контролируемой муфте. Сразу же на экране прибора в цифровом виде при помощи четырех цветных гистограмм и подсказывающей картинке с поперечным сечением высоковольтного кабеля отразится текущее техническое состояние муфты. Также можно получить информацию по BLUETOOTH и просмотреть ее с помощью смартфона.

1. Наиболее эффективным методом оперативного контроля состояния и диагностики дефектов изоляции под рабочим напряжением является регистрация и анализ частичных разрядов в изоляции кабеля и муфт.
 2. Важным параметром эффективности системы контроля изоляции является возможность отстройки от помех всеми доступными аппаратными и алгоритмическими методами. Помехи существенно затрудняют пороговую оценку технического состояния изоляции кабельной линии, а еще в большей степени влияют на достоверность результатов экспертного определения типа выявленного дефекта в изоляции.
 3. В процессе диагностирования необходимо контролировать технологические, температурные параметры и параметры окружающей среды и анализировать корреляцию.
 4. Наиболее эффективным для контроля кабельных муфт является использование дополнительных (совместно с высокочастотными трансформаторами тока) акустических или электромагнитных датчиков ЧР. Выбор типа датчика зависит от конструкции муфты.
 5. Для трансформаторных маслонаполненных кабельных муфт целесообразно использовать комплексные датчики температуры и влажности масла.
 6. Необходимо проведение комплексного анализа развития дефекта не только на основе единоразового измерения, а с учетом работы в различных технологических режимах и при разных условиях окружающей среды. Максимально эффективно это можно реализовать в системе мониторинга с наличием экспертной оценки корреляции режимов работы оборудования и параметров ЧР.
 7. При периодическом контроле изоляции кабельных муфт, смонтированных на открытом РУ целесообразно устанавливать измерительную аппаратуру на определенный период времени. Цель – контроль изоляции оборудования в переходные режимы работы, связанные с изменением нагрузочных и температурных режимов с контролем этих параметров.
-