



# БО-ЭНЕРГО

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

## Виды дефектов, приводящих к образованию ЧР

Система PDMG-R способна самостоятельно определять тип дефекта без участия пользователя и при нормальной работе от пользователя не будет требоваться применять принципы определения, описанные ниже.

Ниже приводится описание основных типов дефектов в КРУЭ и соответствующих им картин распределения импульсов ЧР.

### 1. Корона на шине

Под *короной на шине* подразумевается ЧР, спровоцированный острым металлическим выступом на шине. Металлические выступы обычно появляются в результате дефектов производства или механических повреждений. Они обычно бывают двух типов: заусенцы или металлические частицы, прикрепленные к поверхности оболочки КРУЭ или шине. Выступающая часть таких дефектов обычно приводит к образованию области высокой напряженности электромагнитного поля, что, в свою очередь, может привести к повреждению КРУЭ, особенно при бросках напряжения возникающих в результате воздействия молний или переходных процессов при коммутациях. Помимо этого, подобные выступы могут возникать при эксплуатации КРУЭ в результате механических вибраций и электромагнитных наводок. На Рис. показан металлический выступ, прикреплённый к оболочке КРУЭ и приводящий к образованию короны.

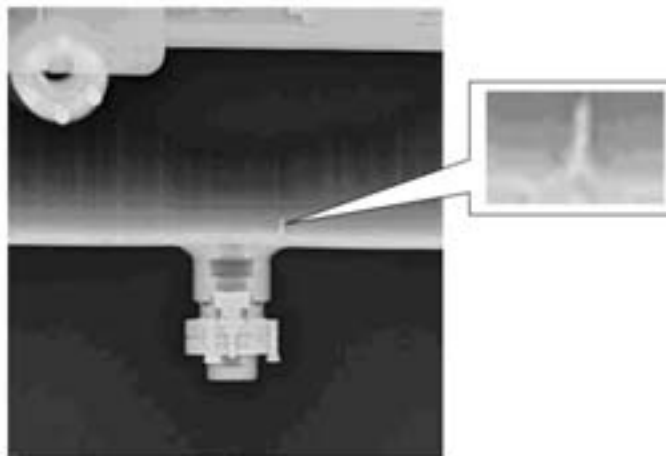
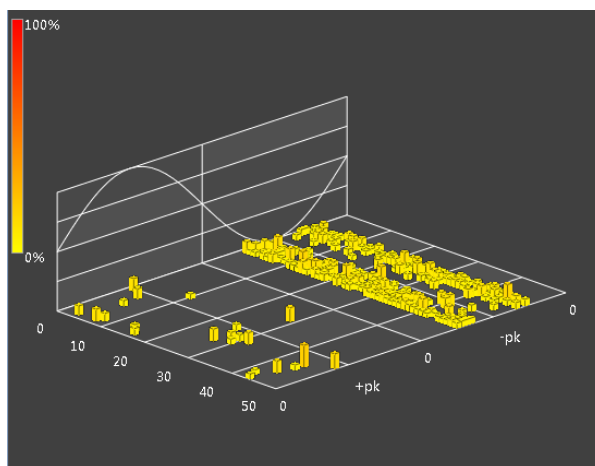


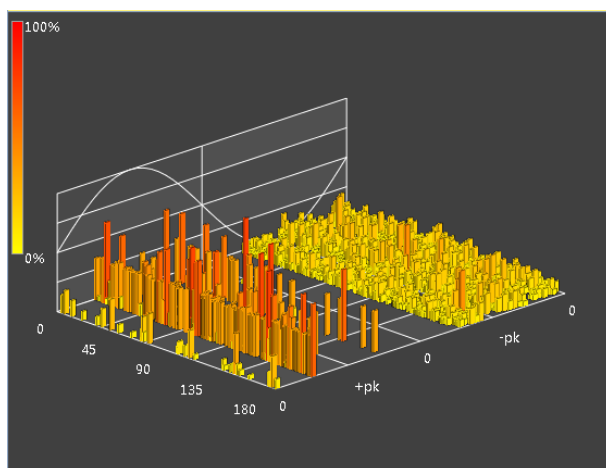
Рис. 1. Рентгеновский снимок металлического выступа, приводящего к появлению короны

На первой стадии процесса разряды начинают возникать в отрицательном полупериоде напряжения шины. На этой стадии разряд относительно невелик ( $<1$  пКл или  $<10\%$ ). Скорость подсчета может составлять 5–20 подсчетов за секунду.



**Рис. 2. Представление «3D-вид» в случае наличия короны**

Скорость регистрации ВЧ импульсов значительно увеличивается по мере возрастания основного напряжения, при этом они охватывают более обширную часть отрицательного полупериода. Помимо этого, в положительном полупериоде возникают более серьезные нитевидные разряды (стримеры) в диапазоне 10–30%. Стримеры, как правило, отличаются строгой периодичностью, при этом более крупные стримеры могут трансформироваться в разряды-лидеры.



**Рис. 3. Фазы стримера и лидера в представлении «3D-вид»**

Разряды-лидеры имеют высокие амплитуды (более 50% и выше) и указывают на достижение коронным разрядом критического состояния, грозящего серьезным повреждением.

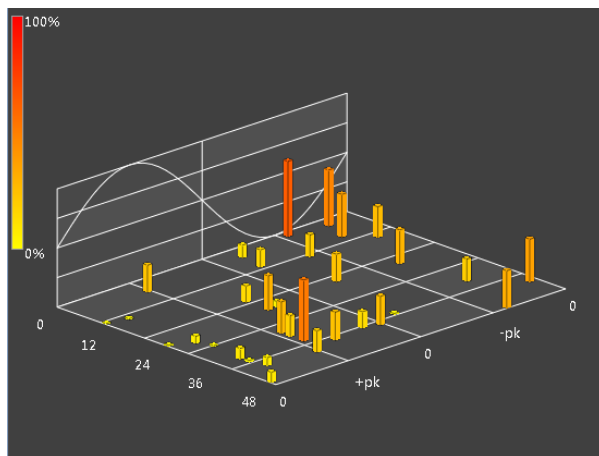
## **2. Корона в камере**

Будучи аналогом *короны на шине*, *корона в камере* отличается от последней тем, что выступ крепится не к шине, а к внутренней стороне внешней оболочки КРУЭ. В этом случае ЧР является зеркальным отражением короны на шине. Иными словами, начальная фаза приходится на пик положительного полупериода, а динамика стримеров и лидеров соответствует описанию в Разделе 1.

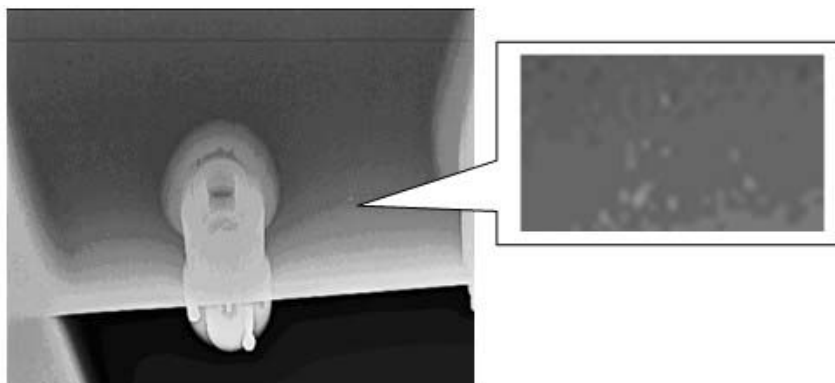
## **3. Свободные частицы**

Под свободной частицей подразумевается небольшой предмет из проводящего материала, попавший в КРУЭ. В качестве такой частицы могут быть, например, фрагменты металлического порошка, образующегося в результате работ по металлу и находящегося в воздухе на предприятии-изготовителе КРУЭ. Эта частица перемещается под воздействием электрического поля, отскакивая от стенок камеры. Каждый раз при касании поверхности камеры частица генерирует разряд. Если энергия разряда будет достаточно велика, такие частицы могут повредить поверхность, с которой соприкасаются, образуя в ней выбоины и неровности.

Перемещение свободной частицы имеет беспорядочный характер и сопровождается разрядами в произвольной точке цикла переменного тока. Иными словами, можно говорить об асинхронности разряда по отношению к напряжению шины.



**Рис. 4. Типичная свободная частица**



**Рис. 1 Рентгеновский снимок участка КРУЭ со свободными частицами**

На самом деле, между распределением амплитуды и фазовым углом существует корреляция, отличающаяся исключительной сложностью в описании ввиду своей зависимости от ряда параметров, среди которых — размер, вес и плотность частицы, распределение локального поля и давление газа.

На графике одиночного цикла выше показано беспорядочное перемещение частицы. Амплитуда сигнала характеризуется большими величинами (30–80%) при скорости подсчета 1–2 разряда за цикл или 5–6 разрядов в секунду на всех сегментах. Очевидно, что частица характеризуется неодинаковой скоростью подсчета и одиночным циклом относительно источника коронного разряда.

Беспорядочность перемещения частицы можно наблюдать при просмотре характеристики ЧР в горизонтальной проекции.

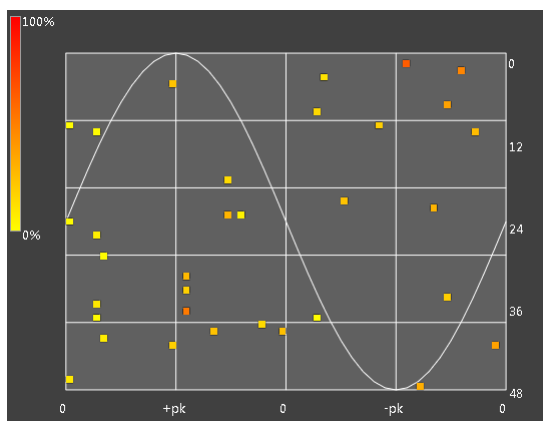


Рис. 6. Типичная свободная частица в горизонтальной проекции

Форма распределения частицы приобретает четкость по истечении 15 минут регистрации данных ТНК. Скорость разрядов невелика и относительно равномерно распределена, однако амплитуда сосредоточена преимущественно по пикам положительного и отрицательного полупериодов формы сигнала переменного тока.

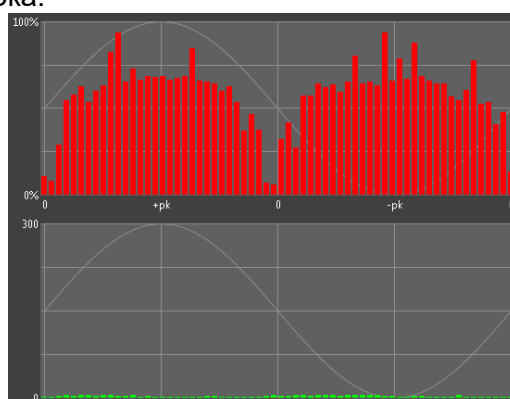


Рис. 7. Свободная частица в проекции точки на кривой

#### 4. Плавающий электрод

Под плавающим электродом подразумевается часть КРУЭ, которая не связана электрически с «землей» или шиной. Обладая очень высокой амплитудой (> 100 пКл), плавающий электрод выполняет функцию разрядного конденсатора.

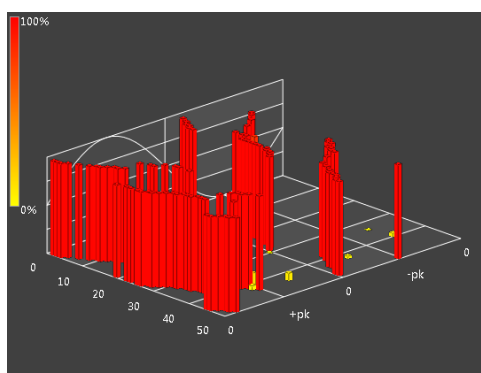
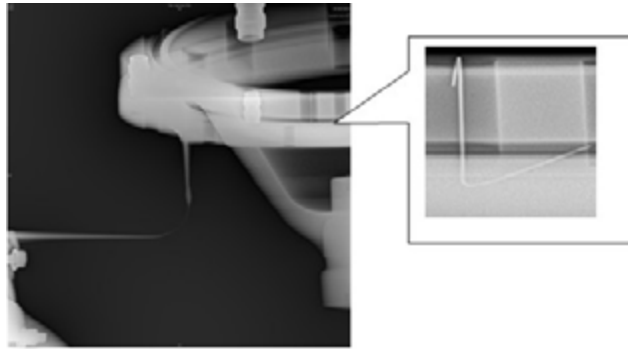
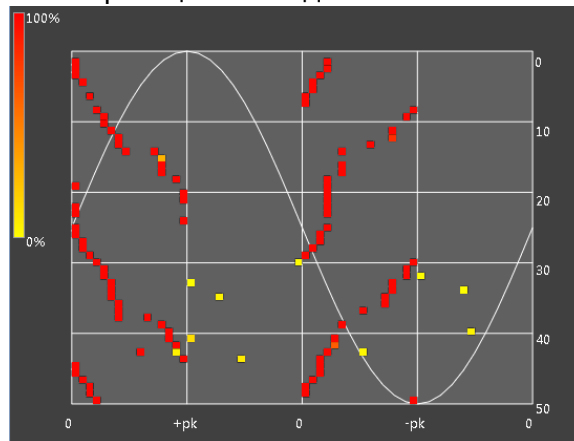


Рис. 8. Типичный разряд плавающего электрода



**Рис. 9. Рентгеновский снимок плавающего электрода**

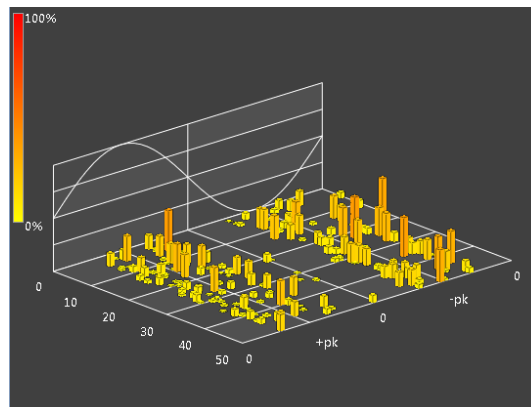
Плавающий электрод, как правило, разряжается в первом и третьем квадранте цикла основного напряжения с относительно высокой скоростью подчета. Эта характеристика четко прослеживается в горизонтальной проекции 3D-вида.



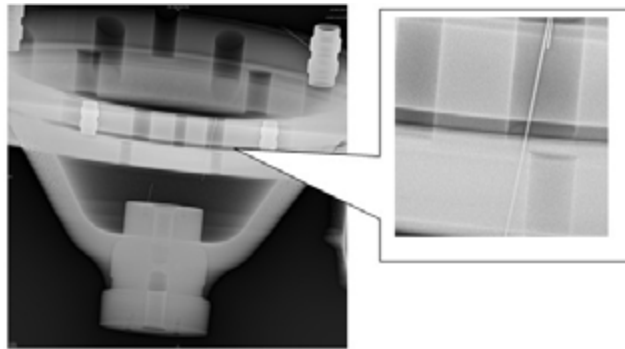
**Рис.10. Типичный сигнал плавающего электрода в горизонтальной проекции 3D-вида**

### 5. Повреждение изоляции

Повреждения изоляции бывают внутренними и внешними. Внутренние повреждения обычно формируются на стадии изготовления. Они малы и трудно детектируемы. Внешние повреждения обычно формируются при эксплуатации КРУЭ и могут быть, например, повреждениями поверхности изолятора в результате воздействия свободных частиц или высокой влажности элегаза. Повреждения изоляции характеризуются сигналами низкой или средней амплитуды по всему циклу. Высочайшие амплитудные пики приходятся на пики положительных и отрицательных полупериодов цикла основного напряжения.

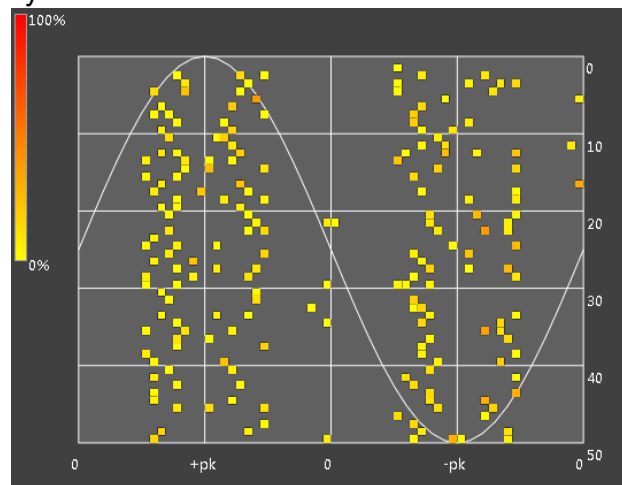


**Рис. 11. Типичный дефект изоляции**

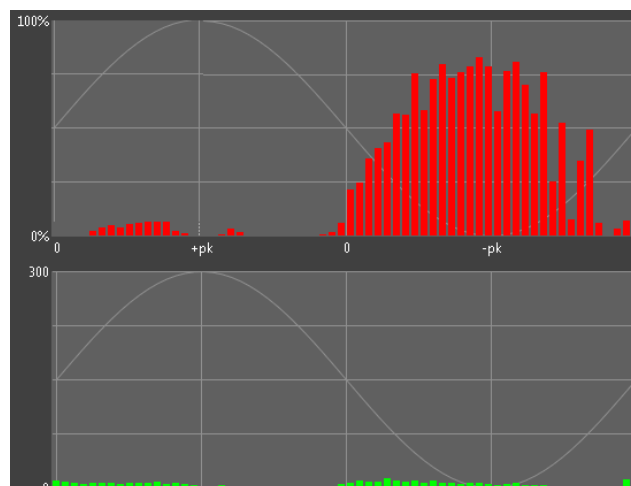


**Рисунок 12. Рентгеновский снимок повреждения изоляции**

Повреждения изоляции, как правило, генерируют относительно высокую скорость подсчета в третьем квадранте (при значениях фазы основного напряжения от  $180^\circ$  до  $270^\circ$ ) с дальнейшим линейным снижением скорости до нуля в четвертом квадранте (при значениях фазы от  $270^\circ$  до  $360^\circ$ ) как это показано на рисунке 14.



**Рис. 13. Типичная полость в горизонтальной проекции 3D-вида**



**Рис.14. Повреждение изоляции в представлении «Точка на кривой»**

## **6. Внешние помехи**

Помехи, улавливаемые Системой, могут генерироваться различными внешними источниками. Большинство этих источников поддается фильтрации с помощью фильтра совпадений, фильтра данных или полосно-пропускающих фильтров БОП. В этом разделе представлено описание типичных характеристик импульсов источников помех.

## **7. Помехи, наведенные мобильной связью**

СВЧ-каналы нередко регистрируют сигналы, генерируемые устройствами мобильной связи. Помехи этого типа, как правило, генерируют периодически повторяющиеся

высокоамплитудные импульсы, что обусловлено использованием технологии мультиплексирования с разделением по времени в устройстве мобильной связи. В этой характеристике помех, состоящей из нескольких импульсов за цикл, промежутки возникают, когда телефон не отправляет либо не принимает данные, т. е. во время молчания передатчика или приемника.

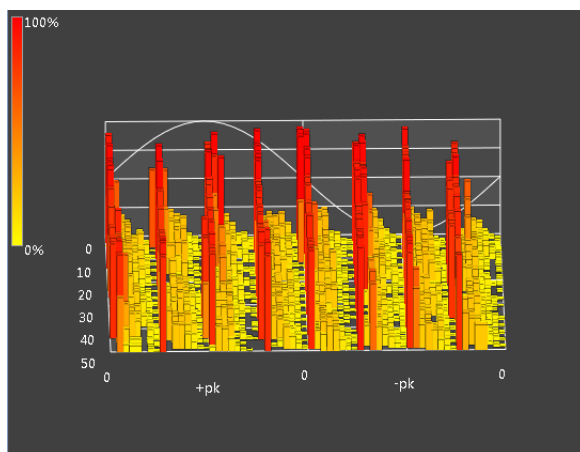


Рис. 15. Помехи от мобильной связи в представлении «2D-вид»

Амплитуда помех зависит от ряда факторов, к которым относятся расположение телефона относительно канала и уровень экранировки КРУЭ (в первую очередь, количество барьеров). Кроме того, сигналы, как правило, имеют более высокую амплитуду в начале и конце вызова.

#### 8. Помехи от источников люминесцентного освещения

Стартеры, применяющиеся в люминесцентных лампах, способны наводить электрические шумы, регистрируемые Системой. Установлено, что характеристика помех этого типа зависит от типа стартера, используемого в лампе. Ниже показана характеристика, снятая с индуктивного стартера.

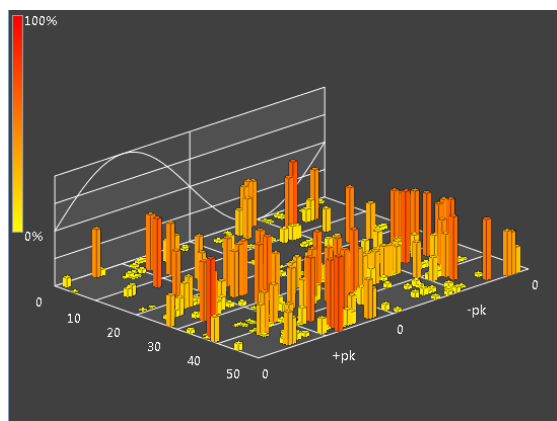


Рис. 16. Шумы, наведенные источником люминесцентного освещения

Электронные стартеры, как правило, генерируют меньше помех, чем индуктивные стартеры. Однако замена индуктивных стартеров электронными устранение помех не гарантирует. В большинстве случаев эффективным средством устранения помех этого типа является *фильтр совпадений*.

#### 9. Помехи, наведенные компрессорами

Помехи этого типа наводятся компрессорами, регулирующими давление газа в КРУЭ. Причиной помех являются электрические шумы, генерируемые при включении и выключении электродвигателя насоса компрессора.

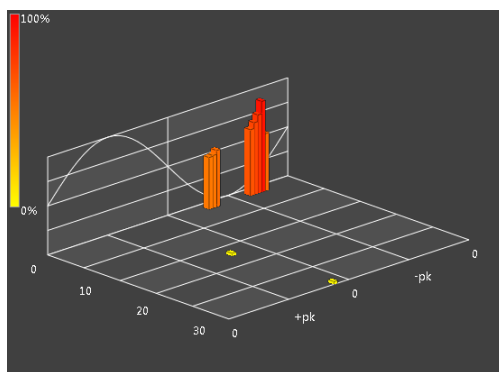


Рис. 17. Помехи от электродвигателя компрессора

### 10. Радиолокационные помехи

Источником помех этого типа является радиолокационное оборудование, размещенное возле КРУЭ, а именно:

- радиолокационные системы аэропортов;
- радиолокационные системы самолетов;
- радиолокационные системы кораблей.

18. Типичная картина распределения ВЧ импульсов радиолокационных помех показана на Рис.

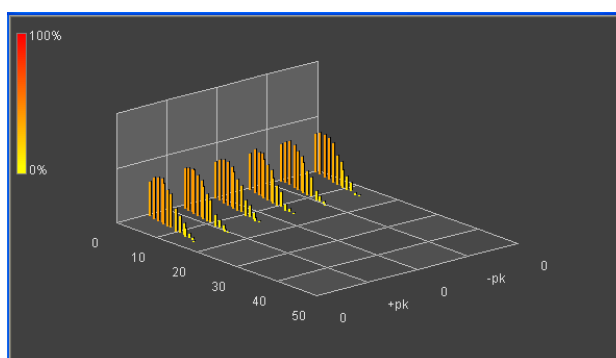


Рис. 18. Радиолокационные помехи

---

## КОНТАКТЫ



**БО-ЭНЕРГО**  
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

energo@bo-energo.ru  
www.bo-energo.ru