



Измерение частичных разрядов – почему это надо делать

Измерение и анализ активности частичных разрядов (ЧР) — это надежный испытанный метод, позволяющий выявить дефекты изоляции в электрическом оборудовании до того, как возникнет серьезное повреждение или пробой.

Введение

Постоянная готовность к работе электрического оборудования среднего и высокого напряжения, используемого при генерации, передаче и распределении электроэнергии, гарантирует надежность систем энергообеспечения коммунальных и промышленных предприятий. К такому оборудованию относятся генераторы и двигатели, измерительные и силовые трансформаторы, кабели.

Пробой изоляции могут привести к опасным ситуациям, серьезному ущербу и в конечном счете к огромным финансовым издержкам. Поэтому крайне важно проверять состояние изоляции на протяжении всего жизненного цикла оборудования.

Частичные разряды (ЧР) считаются одной из главных причин разрушения и пробоя систем изоляции электрического оборудования.

В этой статье приведены основные сведения о частичных разрядах, в том числе описаны их последствия, процесс измерения и критерии, которые важно учитывать при выборе измерительного прибора. Стабильная работа электрического оборудования крайне важна, а измерение и анализ ЧР позволяют ее обеспечить.

Независимо от вашего опыта в тестировании ЧР, только правильный измерительный прибор способствует точному обнаружению проблем в различных эксплуатационных условиях. В этой статье приведено восемь причин, по которым сотни производителей электрооборудования, инженеры-испытатели на коммунальных и промышленных предприятиях, а также поставщики услуг по всему миру выбрали MPD 600 в качестве средства измерения ЧР.

Основные сведения о частичных разрядах

В соответствии со стандартом IEC 60270, частичные разряды — это «локальные электрические разряды, которые шунтируют только часть изоляции между проводниками и могут возникать рядом с проводником. Обычно частичные разряды вызываются увеличением напряженности поля в пустотах или на поверхности изоляционного материала».

Частичные разряды могут возникать в газообразных, жидких и твердых изолирующих средах, используемых в оборудовании, которые подвергаются воздействию электрических полей большой напряженности. ЧР образуются в пустотах, трещинах или включениях в твердом диэлектрике, на границах твердых или жидких диэлектриков, в пузырьках газа внутри жидких



диэлектриков или вдоль границы различных изоляционных материалов.

Частичные разряды могут привести к прогрессирующему и необратимому повреждению систем жидкой и твердой изоляции. Со временем активность ЧР становится более интенсивной и опасной. Повреждение распространяется до тех пор, пока изоляция более не может противостоять напряженности, что приводит к пробую.

Преимущества измерения активности ЧР

Измерение ЧР — это надежный неинвазивный метод диагностики состояния изоляции электрооборудования. Применять его можно на всех этапах жизненного цикла оборудования.

В отличие от других методов диагностики, измерение ЧР позволяет получить точные данные о локальных повреждениях на конкретных участках изоляции.

Благодаря тому, что часто ЧР появляются задолго до пробоя изоляции, их периодические измерения позволяют выявлять дефекты изоляции на ранних стадиях и принимать своевременные решения по ремонту или замене оборудования, предотвращая аварии. Поэтому, чтобы обеспечить надежную и долговременную работу электрооборудования, крайне важно измерять активность частичных разрядов.

Этапы измерения активности ЧР

Целостность изоляции электрического оборудования СН и ВН должна подтверждаться измерениями и анализом активности ЧР на этапе разработки, производства, ввода в эксплуатацию и,

«Дефекты изоляции, на которые указывают частичные разряды, лучше выявлять на раннем этапе формирования, чтобы своевременно принимать меры по их устранению».

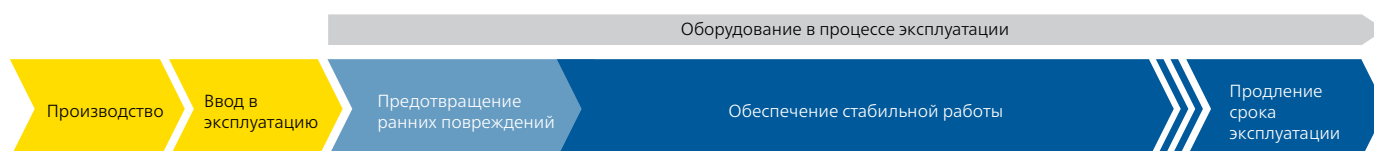
Джеймс Хилл (James Hill), главный инженер-испытатель, сотрудник электростанции Seabank, Великобритания

в зависимости от типа оборудования, на протяжении всего его срока службы. Это позволит гарантировать его исправность и безопасность.

При изготовлении электрооборудования применяется много ручной работы, из-за чего существует вероятность ошибок, которые могут привести к его преждевременному отказу. Как правило, непропорционально высокий процент пробоев изоляции наблюдается в течение первых трех лет по сравнению с остальной частью срока службы оборудования. Поэтому измерение активности ЧР первоначально выполняются в процессе заводских испытаний после производства, что позволяет выявлять проблемы с качеством.

После того, как оборудование покидает завод, ненадлежащее обращение с ним во время транспортировки и установки может привести к внутренним механическим повреждениям. В качестве окончательной проверки качества при вводе оборудования в эксплуатацию также, как правило, выполняются измерения ЧР.

После ввода оборудования в эксплуатацию необходимо принять меры по его обслуживанию, которые обеспечили бы максимальную



Целостность изоляции должна подтверждаться измерениями и анализом активности ЧР на всех этапах срока эксплуатации оборудования.



продолжительность работы. Периодические измерения и анализ активности ЧР предоставляют необходимые данные, на основе которых можно разработать общий план испытаний объектов, позволяющий сосредоточиться на конкретном оборудовании, а также минимизировать ненужные отключения оборудования и затраты на обслуживание.

Частота измерения активности ЧР в находящемся в эксплуатации оборудовании зависит от типа оборудования, его значимости в энергосистеме и от практики обслуживания, основанной на опыте компании.

Принцип измерения активности ЧР

Испытания и методы измерения зависят от типа оборудования и стандарта, в соответствии с которым они выполняются. Например, в стандарте IEC 60270 указано, как выполнять измерения активности ЧР на отключенном электрооборудовании с использованием отдельного источника напряжения, устройства измерения ЧР, конденсатора связи и измерительного импеданса.

Измерения активности ЧР трехфазного оборудования выполняются либо после его отключения с подачей напряжения последовательно на каждую фазу, либо в процессе эксплуатации при регулярном обслуживании. Вы можете выполнять однофазные измерения, при заземлённых других фазах, или трехфазные измерения, чтобы выявить межфазную активность. Импульсы ЧР имеют короткую продолжительность и время нарастания (в наносекундном диапазоне). Наиболее важные критерии оценки ЧР:

- > Уровень заряда, выраженный в пико- (пК) или нанокулонах (нК). При измерениях напряжения радиопомех (RIV) уровень заряда выражается в милливольтках (мВ)
- > Напряжение появления и прекращения ЧР
- > Частота повторения импульсов ЧР
- > Диаграммы зависимости частичных разрядов от фазы питающего напряжения (PRPD)

Измерения активности ЧР электрооборудования позволяют:

- > Проверить состояние изоляции
- > Обнаружить дефекты (от наименьших до критичных)
- > Указать на необходимость своевременного обслуживания и ремонта
- > Оценить риски и необходимость непрерывного мониторинга ЧР

При увеличении значений по любому из этих параметров вероятность пробоя изоляции также повышается. Предельные значения ЧР электрооборудования определяются в различных международных стандартах.

Интенсивность ЧР часто отображают в зависимости от фазы питающего напряжения на PRPD-диаграммах.

В средах с высоким уровнем помех для отделения шума от ЧР используются современные технологии подавления шума

Сложности измерения

Поскольку сигналы, свидетельствующие об активности частичных разрядов, обычно довольно слабые, очень важно в процессе их измерения использовать высокочувствительное оборудование. Однако такое оборудование является очень восприимчивым к влиянию электронных шумов, которые могут исказить результаты испытания или даже сделать измерение невозможным. Эти условия могут затруднить обнаружение импульсов ЧР и определение их источников. Исключение влияния шумов, поэтому, является критически важным для успешного обнаружения ЧР.

Некоторые частичные разряды могут чрезвычайно сильно влиять на состояние системы изоляции, другие - приводят к ее медленной деградации.

Например, во вращающихся электрических машинах (двигателях и генераторах) присутствует сразу несколько разных источников ЧР, которые одновременно активны в изоляции обмотки статора.

Поэтому одна из важнейших функций современных цифровых систем тестирования активности ЧР заключается в разделении перекрывающихся источников импульсов ЧР и фильтрации шума. Эта возможность позволяет успешно выполнять диагностическое тестирование активности ЧР и отличать любые наносящие ущерб или повышенные уровни ЧР от нормальной активности без помех.

Выбор оптимального прибора для измерения активности ЧР

Система измерения активности ЧР должна предоставлять точные результаты даже в самых сложных условиях.

Трудности при измерениях, описанные в предыдущем разделе, можно преодолеть, если система тестирования будет измерять активность ЧР с высокой чувствительностью, идентифицировать внешние источники помех и фильтровать или разделять их, когда это возможно.

Наконец, поскольку для измерения активности ЧР каждого типа электрического оборудования необходимы различные принадлежности, например, принадлежности подключения, выбранная система измерения должна поддерживать добавление компонентов, адаптированных к оборудованию и среде испытания.

Восемь причин, которые делают MPD 600 лучшим выбором при измерениях ЧР

Благодаря полностью цифровой обработке данных и усовершенствованным средствам измерения и анализа система MPD 600 от OMICRON отделяет даже самые слабые импульсы ЧР от помех, что обеспечивает максимальную точность измерения.



MPD 600: модульная система с автоматической конфигурацией plug-and-play

Эта система позволяет выполнять надежные и повторяемые измерения ЧР по стандарту IEC 60270 как в испытательных лабораториях, так и в полевых условиях.

Системы измерения и анализа ЧР MPD 600 уже используются во всем мире в следующих областях:

- > Типовые испытания и контроль качества известными производителями кабелей, трансформаторов, генераторов, двигателей, преобразователей, распределителей и электрических компонентов.
- > Регулярное плановое обслуживание оборудования на предприятиях электроэнергетики и промышленных предприятиях.
- > Исследования в лабораториях и университетах.

Далее приведены восемь аргументов в пользу этой установки.



1 Модульная конструкция для простой настройки

Модульная система MPD 600 с автоматической конфигурацией plug-and-play обеспечивает быструю и гибкую настройку в соответствии с требованиями для конкретного оборудования. Система состоит из устройства сбора данных ЧР, контроллера USB и программного обеспечения для измерений и анализа. Вы можете легко добавлять разнообразные принадлежности, такие как калибраторы, измерительные импедансы и высокочастотные датчики ЧР (ВЧТТ), чтобы провести измерения ЧР различного электрооборудования.

Кроме того, вы можете объединить несколько устройств сбора данных MPD 600, чтобы обеспечить синхронные многоканальные измерения ЧР. В настоящее время это единственная система во всем мире, которая одновременно записывает и анализирует сигналы со всех подключенных устройств сбора данных.

2 Длительное время работы от батареи для непрерывных измерений

Каждое устройство сбора данных MPD 600 оснащено перезаряжаемой батареей. Благодаря низкому энергопотреблению устройство сбора данных может бесперебойно работать от батареи более 20 часов. Это позволяет работать без подзарядки целый день.

3 Оптоволоконные кабели для высокой безопасности и точности

Обмен данными между каждым устройством сбора MPD 600 и управляющим ПК или ноутбуком выполняется по оптоволоконным кабелям, обеспечивающим полную гальваническую развязку. Это не только защищает оператора от опасного напряжения, но и сводит к минимуму образование контуров с замыканием через землю, которые могут вызывать помехи. Благодаря улучшенному соотношению «сигнал/шум» повышается чувствительность измерительной системы.

4 Регулируемые частоты для подавления шума

Система MPD 600 для измерения и анализа ЧР применяет сразу несколько методов подавления электрического шума в средах с высоким уровнем помех. Благодаря разнообразным параметрам фильтрации вы можете настроить среднюю частоту и ширину полосы пропускания, что позволяет улучшить отношение «сигнал/шум» и снизить уровень фонового шума при измерении и анализе ЧР.

Различные методы стробирования позволяют эффективно устранять помехи.

К таким методам относятся:

- > **Фазно-амплитудное стробирование.** Сигналы с определенной амплитудой и фиксированной фазой подавляются.
- > **Антенное стробирование.** Помехи устраняются путем сравнения измеренных событий между внешним устройством стробирования (например, дополнительным устройством MPD 600) и измерительным прибором.

5 Синхронное многоканальное измерение для точного разделения источников ЧР

При использовании трех или более устройств сбора данных система MPD 600 обеспечивает полностью цифровое синхронное многоканальное измерение ЧР. Это не только минимизирует время, в течение которого должно применяться испытательное напряжение, но и сокращает длительность измерения. Кроме того, это также позволяет использовать уникальные средства разделения сигналов, такие как диаграмма соотношения по амплитудам трех фаз (ЗПАРД), которая упрощает различение источников ЧР и накладывающихся помех.

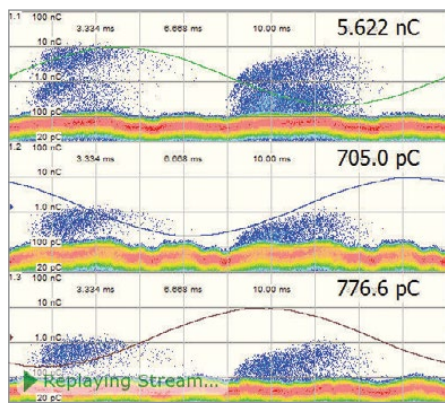
Сигналы ЧР из разных расположений и (или) источников разного типа разведены на диаграмме ЗПАРД и могут анализироваться отдельно в режиме реального времени. Это позволяет эффективно

очищать результаты от шумов, а также легко разделять перекрывающиеся импульсы ЧР на соответствующей фазовой диаграмме ЧР (PRPD).

Если вы используете только один измерительный канал, разделять различные источники ЧР можно с помощью многоспектрального измерения ЧР, называемого совмещенной диаграммой трех несущих частот (ЗCFRD).

«Возможность синхронного многоканального измерения в системе MPD 600 позволяет точно отделить внутренние источники ЧР друг от друга, а также от внешних синфазных помех в промышленных условиях».

Золт Гаал (Zsolt Gaal), управляющий директор,
Gaal Umwelttechnik, Германия



Трехфазная диаграмма PRPD с шумовыми сигналами и ЧР (не разделенная)

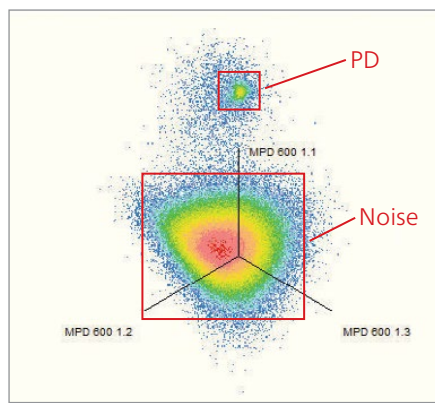
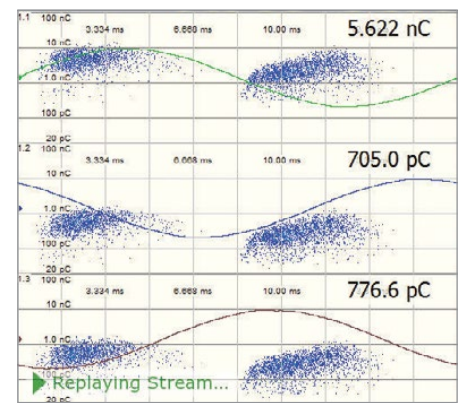
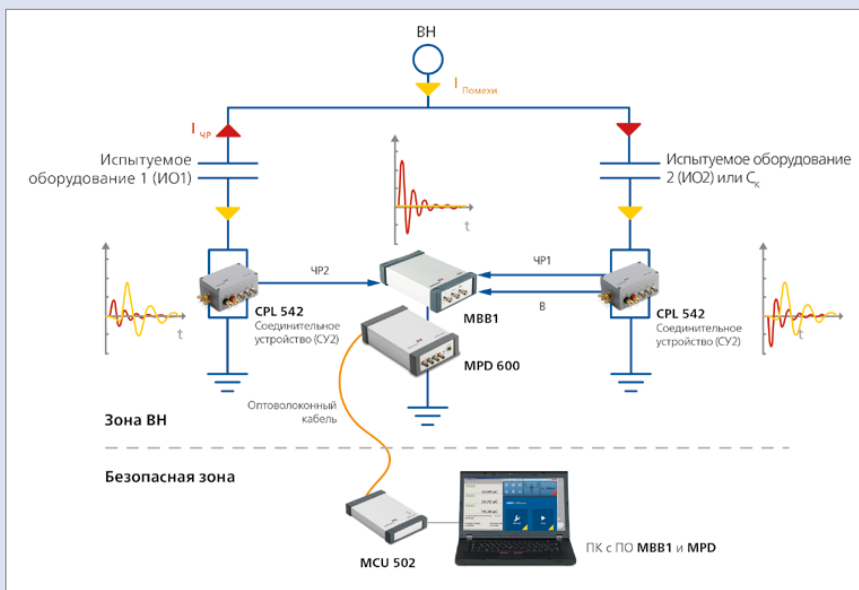


Диаграмма соотношения по амплитудам трех фаз



Отдельный источник ЧР



Однофазная схема измерения ЧР с измерительным импедансом CPL 542 и системами измерения ЧР MPD 600 и MBB1

Уравновешенный измерительный мост MBB1
Чтобы значительно снизить уровень синфазных помех в высоковольтных лабораториях со сложной помеховой обстановкой, систему MDP 600 можно использовать с уравновешенным измерительным мостом MBB1 от OMICRON. Эта принадлежность позволяет проводить дифференциальные измерения ЧР в ходе однофазных испытаний ЧР на устройствах постоянного и переменного тока. Этот метод позволяет улучшить отношение «сигнал/шум» и значительно снизить уровень синфазных помех.



6 Измерения в диапазоне вплоть до СВЧ

В сочетании с различными СВЧ-датчиками и конвертером полосы пропускания диапазон измерения системы MPD 600 можно легко расширить вплоть до сверхвысоких частот (СВЧ). Этот нетрадиционный метод измерения СВЧ обеспечивает более точное обнаружение частичных разрядов в средах с высоким уровнем помех. Кроме того, его можно применять при пусконаладочных испытаниях, а также для диагностики работающего и отключенного оборудования на месте эксплуатации, особенно силовых трансформаторов, распределительных устройств с газовой изоляцией и высоковольтных кабелей.

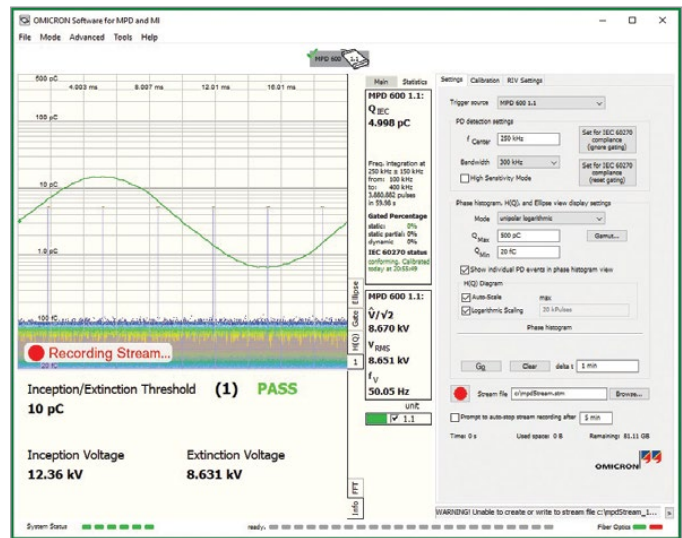
7 Запись и гибкий постанализ данных измерений

Система MPD 600 может захватывать и сохранять события ЧР как потоки с очень высокой скоростью сбора данных ЧР во время испытания. Кроме того, сохраняются значения испытательных напряжений и необходимые системные параметры, с помощью которых можно интерпретировать результаты, полученные при последующих испытаниях. Данные измерений хранятся как необработанные, благодаря чему их можно обрабатывать в любое время во время анализа. К этим данным можно применять все функции анализа, например, ZPARD, без повторения измерения.

Записанные потоки данных могут быть разделены, чтобы сосредоточиться на выбранных событиях ЧР. Скорость воспроизведения также можно легко регулировать, просматривая отдельные участки записи в замедленном повторе для более детального анализа. Если во время анализа возникают вопросы, вы можете отправлять записанные потоки данных специалистам для интерпретации и получения консультаций.

«Самое большое преимущество системы MPD 600 состоит в том, что вы можете записывать потоки данных измерения ЧР и анализировать их позже».

Майкл Джей (Michael Jay), начальник отдела испытаний силовых трансформаторов, GE Grid Solutions, Великобритания



Однофазная диаграмма PRPD со значениями тестового напряжения и заряда, а также напряжения начала и прекращения ЧР (MPD 600, базовый режим)

8 Автоматическая отчетность

С помощью встроенной функции создания протоколов в программном обеспечении MPD 600 вы можете легко создавать протоколы со значениями измерений и снимками экрана в формате XML, а также сохранять их в виде файлов PDF. Дополнительный интерфейс COM позволяет переносить данные измерений ЧР в другие программы.

OMICRON Academy проводит учебные курсы, на которых Вы научитесь применять систему измерения и анализа ЧР MPD 600 и интерпретировать результаты измерений для различных типов электрооборудования.

Дополнительные сведения о MPD 600 см. на этой странице: www.omicronenergy.com/mpd600

OMICRON — ведущий мировой производитель высокотехнологичного испытательного и диагностического оборудования для предприятий электроэнергетической отрасли. Устройства OMICRON позволяют с высокой точностью оценивать состояние первичного и вторичного оборудования энергосистем. Компания также предлагает услуги в области консалтинга, пусконаладочных работ, проведения испытаний, диагностики и обучения персонала.

Клиенты из более чем 150 стран доверяют опыту компании OMICRON, используя высококачественное передовое оборудование ее производства. Сервисные центры компании расположены по всему миру, что позволило нам создать обширную базу знаний и обеспечить всестороннюю поддержку клиентов. Благодаря всем этим преимуществам, а также развитой дистрибьюторской сети компания прочно занимает лидирующие позиции в области электроэнергетики.