

УДК 621.3

СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО ЧАСТИЧНЫМ РАЗРЯДАМ

Савицкий П.Ю., Волов Р.А.

Научный руководитель – Климкович П.И.

Частичные разряды (ЧР) появляются в слабом месте кабельной линии под воздействием переменного напряжения и приводят к постепенному развитию дефекта и разрушению изоляции.

Системы мониторинга частичных разрядов различаются своими параметрами и количеством измерительных каналов.

1. Система мониторинга и диагностики «CDM-30» для кабельных линий 6–35 кВ.

Система мониторинга марки «CDM-30» (Cables Diagnostics Monitor, 30 Channel) предназначена для постоянного контроля технического состояния изоляции до 30 (45) кабельных линий 6–10 кВ под рабочим напряжением. Все контролируемые кабельные линии должны быть подключены (через выключатели) на одном КРУ, чтобы соединительные сигнальные кабели от датчиков до измерительного прибора не превышали 60 метров.

Использование многоканальной системы мониторинга «CDM-30» позволяет снизить общие затраты на систему мониторинга и диагностики, рассчитываемые на один контролируемый кабель. С другой стороны, возможность проведения одновременного анализа частичных разрядов по нескольким каналам позволяет более эффективно отстраиваться от наводок высокочастотных помех на контролируемое оборудование, которые в условиях больших КРУ очень значительны.

В «CDM-30» контроль технического состояния высоковольтной изоляции кабельных линий, соединительных и концевых муфт, осуществляется на основе метода регистрации и анализа частичных разрядов, который имеет максимально высокую чувствительность для диагностики дефектов в изоляции любого типа.

Достоинства использования системы марки «CDM-30» для организации непрерывного мониторинга:

– одновременно контролируется состояние от 15 до 30 кабельных линий, подключенных в одном месте;

– состояние кабельных линий контролируется не одномоментно, а постоянно, во всех наиболее важных режимах работы;

– на основании анализа полученной информации системой вырабатываются оперативные диагностические решения, и даются рекомендации по дальнейшей эксплуатации кабельных линий.

При помощи «CDM-30» реализуются следующие функции диагностики:

– осуществляется непрерывный контроль состояния изоляции высоковольтной кабельной линии на основе метода регистрации и анализа уровня и распределения частичных разрядов. Определяется тип дефекта в изоляции, анализируется степень его развития и опасности для дальнейшей эксплуатации;

– производится автоматическая локализация мест возникновения дефектов в изоляции, выявленных системой по частичным разрядам, как в муфтах, так и в самом кабеле. Уникальность этой важной диагностической функции в данном случае заключается в том, что она реализована для кабельных линий в режиме «on-line», т. е. под рабочим напряжением.

Оперативная диагностика технического состояния изоляции контролируемых кабельных линий осуществляется внутри прибора в режиме реального времени, при помощи встроенных алгоритмов. При достижении заданных пороговых значений информация о критическом состоянии кабелей отображается на крышке монтажного шкафа прибора при

помощи красных светодиодов. По итогам работы в программе мониторинга (в компьютере) автоматически формируются протоколы состояния всех кабельных линий.

Для практической организации мониторинга состояния кабельных линий необходимо на всех кабельных линиях, состояние которых предполагается контролировать системой мониторинга, на поводках заземления концевых муфт, заранее смонтировать первичные датчики частичных разрядов марки «RFCT-7». Прибор «CDM-30», при помощи коаксиальных кабелей одинаковой длины, подключается к первичным датчикам.

Для полноценной работы прибора «CDM-30» в экспертном и диагностическом режиме необходимо заранее сформировать «схемную конфигурацию» контролируемой кабельной сборки на контролируемом распределительном устройстве. Эта конфигурация создается пользователем в компьютере, а затем загружается в прибор перед началом работы системы мониторинга.

Для создания схемной конфигурации применяется специальная программа – конструктор, позволяющая рисовать схемы кабелей и места установки датчиков быстро, максимально просто и эффективно. При создании конфигурации контролируемых кабелей вводится вся техническая информация, необходимая для выявления дефектного кабеля, оценки его технического состояния, определения типа дефекта в изоляции и его опасности.

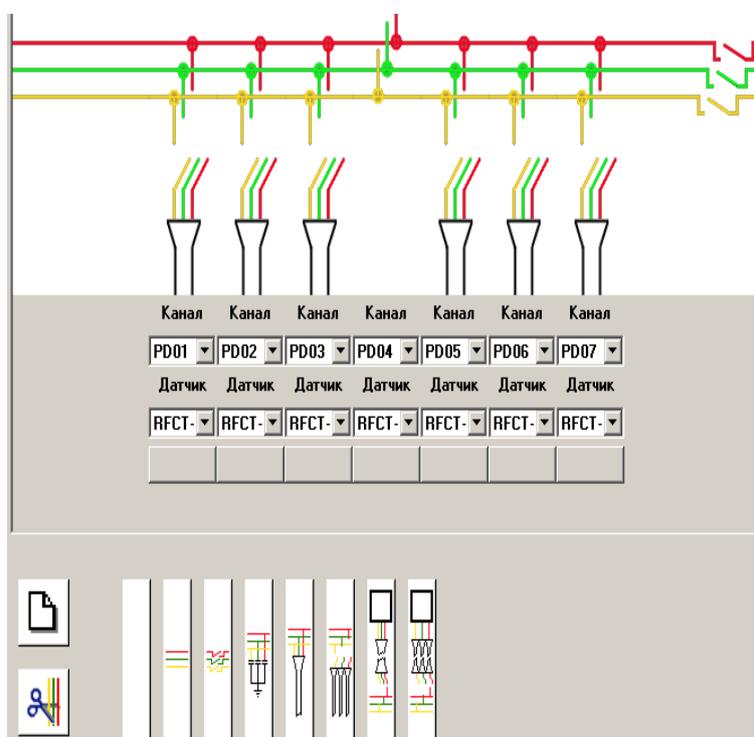


Рисунок 1. Интерфейс диагностического программного обеспечения для создания конфигурации контролируемых кабельных линий

Наиболее сложной задачей при проведении регистрации частичных разрядов в высоковольтных кабельных линиях является отстройка от помех, из-за которых чувствительность систем мониторинга падает в десятки и даже сотни раз.

Для решения этого вопроса – выявления дефектов на ранних стадиях развития в приборе «CDM-30» реализован набор самых современных средств отстройки от внешних помех. Он включает в себя алгоритмы:

- совместный анализ времени возникновения импульсов и фазы питающего напряжения;

- «Time of arrival» – отстройка от помех по времени прихода импульсов от разных кабельных линий, с разрешением в единицы наносекунд;

- амплитудная «разборка импульсов» разрядов, предназначенная от удаления из рассмотрения импульсов, наведенных из соседних кабельных линий;

- анализ частотных свойств каждого импульса, позволяющий разделять случайные импульсы помех и повторяющиеся импульсы частичных разрядов;
- для повышения информативности всех диагностических заключений в приборе дополнительно производится измерение температуры и влажности воздуха в помещении контролируемого КРУ.

Второй важной задачей встроенных алгоритмов является определение типа дефекта в изоляции кабельной линии, т. е. определение степени его опасности. Это осуществляется благодаря встроенной в прибор системе «PD-Expert», при помощи которой автоматически производится оценка не только уровня частичных разрядов, но и определяется тип конкретного дефекта в изоляции кабельной линии. Возможности системы «PD-Expert» позволяют даже разделить несколько однотипных дефектов, находящихся в разных местах одного кабеля.

В приборе «CDM-30» реализована функция локации места возникновения дефекта в линии. В качестве зондирующего используется импульс от частичного разряда, возникшего на месте дефекта изоляции. Если в линии нет импульсов достаточной амплитуды, то в качестве зондирующего импульса могут быть использованы импульсы от «наведенной внешней помехи». Наличие в приборе встроенного «on-line» рефлектометра еще в большей степени расширяет диагностические возможности системы.

Стандартная поставка системы мониторинга кабельных линий включает:

- прибор в защитном шкафу, со светодиодами на лицевой панели (опция);
- набор первичных датчиков частичных разрядов, определяемый в соответствии с требованиями заказчика;
- сигнальные кабели для датчиков длиной по 15 метров.

Для измерения частичных разрядов в комплекте с прибором могут поставляться следующие датчики:

- датчики марки «RFCT-7» разъемной конструкции допускающие протекание через них больших токов промышленной частоты, замыкающиеся по экранам кабелей. Такие датчики монтируются на поводках заземления экранов кабеля;
- электромагнитные датчики марки «TEV» для «магнитного» монтажа на поверхности распределительных шкафов КРУ. Используются там, где нельзя применять датчики типа «RFCT».



Рисунок 2. Датчики для систем мониторинга кабельных линий

Выбор необходимых датчиков для создания конкретной системы мониторинга определяется типом контролируемых кабельных линий и условиями их монтажа в КРУ.

Датчики марки «RFCT-7» имеют разъемную конструкцию и внутреннее окно, через которое будет проходить проводник заземления экрана кабельной линии размером 34×34 мм. Датчики марки RFCT (высокочастотные трансформаторы тока) могут регистрировать частичные разряды в проводниках, по которым могут протекать токи промышленной частоты большой амплитуды, до 1000 А. Они специально рассчитаны на использование в системах мониторинга изоляции кабельных линий. Если размеры заземляющего проводника

(шины) кабельной линии не позволяют использовать датчик «RFCT-7», то можно применять разъемный датчик марки «RFCT-4», внутреннее окно которого имеет диаметр 67 мм.

Если при помощи «CDM-30» планируется контролировать состояние изоляции шин, то необходимо использовать специализированные конденсаторы связи «СС», которые монтируются на двух сторонах сборных шин. Конструкция конденсаторов связи позволяет использовать их вместо опорных изоляторов шин.

Интерфейсы связи, реализованные в системе «CDM-30»:

- гальванически изолированный интерфейс RS-485;
- сетевой интерфейс Ethernet для включения в локальную вычислительную сеть;
- интерфейс USB для передачи зарегистрированных данных в переносной компьютер.

2. Система мониторинга «CDU-12» для кабельных линий до 110 кВ.

Для более эффективного контроля кабельных линий, проводимого в режиме реального времени, используется двенадцати канальная система «CDU-12». Она предназначена для непрерывного контроля технического состояния изоляции до 12 кабельных линий под рабочим напряжением, расположенных на одном объекте (КРУ). При необходимости система мониторинга марки «CDU» может быть поставлена с большим количеством измерительных каналов.

В качестве датчиков частичных разрядов в системе «CDU-12» чаще всего используются высокочастотные трансформаторы тока марки «RFCT-7», хотя могут быть использованы датчики и других типов.

В системе мониторинга марки «CDU-12» осуществляется контроль состояния изоляции высоковольтной кабельной линии на основе регистрации и анализа уровня ЧР, и производится автоматическая локализация мест возникновения дефектов в изоляции, выявленных системой по частичным разрядам, как в муфтах, так и в самом кабеле. Встроенные в систему современные алгоритмы отстройки от помех реализованы на аппаратном уровне, позволяя устранить влияние до 95 %, и более, внешних высокочастотных импульсов.

Основное функциональное отличие системы мониторинга марки «CDU-12» от системы мониторинга «CDM-30» заключается в том, что в «CDU-12» измерения частичных разрядов в кабельных линиях по всем 12 измерительным каналам производится непрерывно, в режиме реального времени, а в системе «CDM-30» это производится по всем каналам последовательно, при помощи внутреннего коммутатора. Использование непрерывного контроля позволяет повысить надежность и эффективность работы систем мониторинга, установленных на наиболее ответственных кабельных линиях.

3. Система мониторинга «ADM-9» для мониторинга муфт кабельных линий.

Система «ADM-9» – контроль изоляции высоковольтного оборудования по частичным разрядам при помощи акустических датчиков.

При помощи системы мониторинга марки «ADM-9» можно контролировать:

- состояние изоляции концевых и соединительных муфт кабельных линий;
- состояние изоляции КРУЭ и КРУ различных модификаций;
- состояние изоляции высоковольтного маслонаполненного оборудования – силовых и измерительных трансформаторов, выключателей и т. д. Система мониторинга «ADM-9» (Acoustic Monitor) предназначена для оперативного контроля технического состояния и поиска дефектов изоляции высоковольтного оборудования под рабочим напряжением. В системе «ADM-9» диагностика осуществляется на основе метода регистрации и анализа частичных разрядов, который имеет максимально высокую чувствительность при поиске дефектов в изоляции любого типа.

Акустические датчики системы «ADM-9» устанавливаются непосредственно на поверхности контролируемого оборудования, максимально близко к контролируемой зоне изоляции. Обычно это заземленные или изолированные поверхности, корпуса оборудования, на которых отсутствует высокий потенциал. При установке акустических датчиков

применяются специальные средства, улучшающие акустический контакт с контролируемым объектом.

Технические и алгоритмические возможности системы «ADM-9».

При помощи системы мониторинга марки «ADM-9» эффективно решаются наиболее важные проблемы диагностики состояния оборудования, непосредственно влияющие на эксплуатацию высоковольтного оборудования:

– при помощи одного измерительного прибора марки «ADM-9» может производиться контроль активности частичных разрядов в восьми различных точках оборудования, удаленных друг от друга на расстояние до 30 метров;

– благодаря наличию функции синхронной регистрации сигналов по нескольким измерительным каналам, в приборе «ADM-9» проводится локация места возникновения частичных разрядов внутри баков высоковольтного оборудования;

– на основании анализа полученной информации системой вырабатываются оперативные диагностические решения, и даются рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования.

Мониторинг концевых муфт высоковольтных кабельных линий.

Акустические датчики системы «ADM-9» могут быть эффективно применены для контроля технического состояния концевых, а при необходимости, и наличии технической возможности (наличии сетевого питания в этой зоне), и промежуточных соединительных муфт высоковольтных кабельных линий. Зона чувствительности акустических датчиков обычно не превышает ± 1 метр из-за интенсивного затухания акустических сигналов по длине кабеля, поэтому для контроля состояния изоляции самого кабеля такие датчики не применяются.

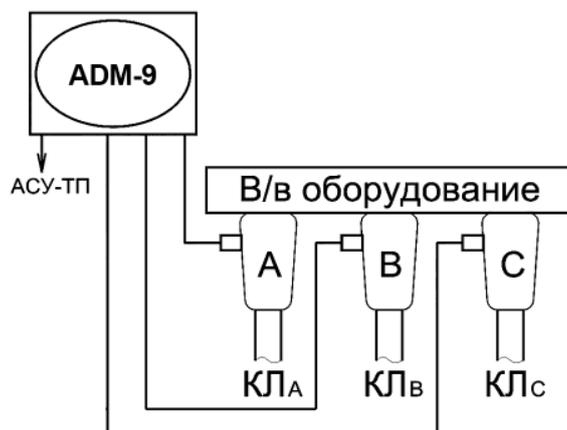


Рисунок 3. Контроль концевых муфт высоковольтных кабельных линий при помощи акустических датчиков

Акустические датчики системы «ADM-9» монтируются непосредственно на корпусе контролируемой муфты, или же, если сама муфта конструктивно недоступна, то на разделанной части кабеля, рядом с муфтой, максимально близко к ней. При установке датчика должен обеспечиваться надежный акустический контакт между датчиком и корпусом муфты.

Зарегистрированные акустические импульсы от частичных разрядов обрабатываются и анализируются в приборе «ADM-9», на выходе которого по каждому каналу формируется сигнал, пропорциональный интенсивности частичных разрядов «PDI», учитывающей количество и амплитуду зарегистрированных импульсов частичных разрядов. Полученная информация, и диагностические заключения о состоянии изоляции, оперативно передаются в систему АСУ ТП более высокого уровня.

Стандартная поставка системы «ADM-9» для мониторинга состояния изоляции по частичным разрядам включает в себя:

– измерительный прибор «ADM-9» в защитном корпусе;

- набор акустических датчиков для регистрации частичных разрядов в соответствии с заказной спецификацией;
- сигнальные коаксиальные кабели длиной по 15 метров для подключения датчиков;
- инструкция по эксплуатации системы на CD;
- программное обеспечение «iNVA» для реализации функции мониторинга на персональном компьютере.

Внешние интерфейсы «ADM-9».

Интерфейсы связи, реализованные в системе мониторинга марки «ADM-9»:

- гальванически изолированный интерфейс RS-485;
- сетевой интерфейс Ethernet для включения регистрирующего прибора в локальную вычислительную сеть по оптической линии, и передачи информации к компьютеру с программным обеспечением «iNVA»;
- интерфейс USB для передачи зарегистрированных данных в переносной компьютер.

Литература

1. Руссов, В.А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования / В.А. Руссов. – М. : Энергия, 2011. – 370 с.
2. CDM-30 – система мониторинга состояния изоляции кабельных линий 6÷10 кВ по частичным разрядам [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dimrus.com/cdm.html>. – Дата доступа : 11.05.2018.
3. ADM-9 – система контроля изоляции высоковольтного оборудования по частичным разрядам при помощи акустических датчиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dimrus.com/adm.html>. – Дата доступа : 11.05.2018.
4. Организация мониторинга технического состояния высоковольтных кабельных линий. – Пермь : ООО «DIMRUS», 2015. – 32 с.