

«MDR» - система мониторинга изоляции статоров генераторов и высоковольтных электродвигателей по частичным разрядам

Система мониторинга марки «MDR» (Motor and Generator Diagnostics Relay) предназначена для контроля технического состояния изоляции обмоток статоров высоковольтных турбо и гидрогенераторов, а также мощных высоковольтных электродвигателей.

Определение технического состояния изоляции обмотки статора в системе «MDR» производится на основании регистрации и анализа распределения частичных разрядов в изоляции. В настоящее время это самый чувствительный метод диагностики, позволяющий выявлять дефекты в изоляции на самых ранних стадиях их возникновения и развития.

Датчики частичных разрядов для «MDR».

В системе «MDR» для регистрации частичных разрядов в изоляции обмоток статоров высоковольтных электрических машин используются датчики, работающие в высокочастотном ВЧ (HF) диапазоне частот. Это высоковольтные конденсаторы связи с эпоксидно – слюдяной изоляцией, выпускаемые различными фирмами, или электромагнитные антенны различного типа, монтируемые непосредственно в пазу статора электрической машины.

1. Высоковольтные конденсаторы связи, подключаемые на полное напряжение статорной обмотки, обычно имеют емкость 80 пФ, в некоторых случаях они имеют емкость до 1000 пФ. К измерительным конденсаторам связи предъявляются достаточно жесткие требования - они должны обладать высокой стабильностью и стойкостью изоляции, особенно к воздействию импульсных перенапряжений.

С этой точки зрения наилучшими эксплуатационными свойствами обладает изоляция из натуральной слюды. Недостатком конденсаторов с изоляцией такого типа является их сравнительно небольшая емкость. С появлением новых изоляционных материалов удается создавать, в тех же ограниченных габаритах, конденсаторы с большей емкостью. Для проведения измерений частичных разрядов в изоляции статора необходимо подключить конденсаторы связи к обмотке статора.



Внешний вид некоторых конденсаторов связи приведен на фото. Слева показан конденсатор связи, допускающий наружную установку, справа приведены два конденсатора связи, предназначенные для установки непосредственно внутри корпуса статора электрической машины. По форме и своим размерам они напоминают стандартные опорные изоляторы, так как часто, по причине доступности и удобства, монтируются на их место.

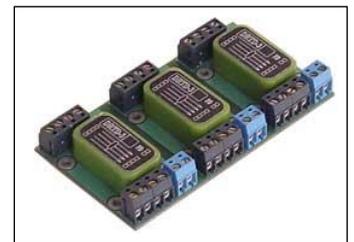


Если статор контролируемой электрической машины имеет большие линейные размеры, то в этом случае трех конденсаторов связи, подключенных к трем фазам обмотки статора, будет недостаточно для регистрации частичных разрядов. Это связано с тем, что при больших габаритах статора импульс частичного разряда от дефекта, возникшего «в глубине изоляции», т. е. на большом удалении от начала обмотки, не будет зарегистрирован конденсаторами, так как быстро затухнет внутри обмотки. Необходимо использовать дополнительные датчики, место установки и чувствительность которых позволят надежно зарегистрировать импульсы от «удаленных дефектов».

2. Для повышения чувствительности системы измерения частичных разрядов в электрических машинах большой мощности, обычно более 10 МВт, используются различные антенны HF диапазона частот, монтируемые в пазах статора под пазовыми клиньями или между секциями обмотки.

Если электрическая машина еще находится в производстве, то установить в пазах ее статора такие антенны специальной конструкции не представляет большого труда. Если же речь идет об установке систем мониторинга на уже эксплуатируемых машинах, то чаще всего оперативно смонтировать такие антенны для регистрации частичных разрядов не удастся. Наилучшим решением проблемы в таком случае является использование в качестве антенн датчиков температуры, уже смонтированные в пазах статора при изготовлении электрической машины.

Для того чтобы функция измерения температуры обмотки статора осталась без изменений, в этом случае необходимо использовать специальные датчики (устройства согласования) марки «DRTD-3», показанные на фото. Они включаются последовательно в цепь измерения температуры (трех или четырех проводную), и предназначены для выделения из комплексного сигнала высокочастотных импульсов.



3. В системе мониторинга марки «MDR» предусмотрена возможность подключения датчиков частичных разрядов и других типов. Необходимость в этом возникает из-за большого многообразия требований к созданию систем контроля обмоток статоров.

Наиболее часто приходится использовать высокочастотные датчики трансформаторного типа марки «RFCT», используемые для отстройки от помех. Обычно такие датчики монтируют на поводках заземления питающих кабельных линий.

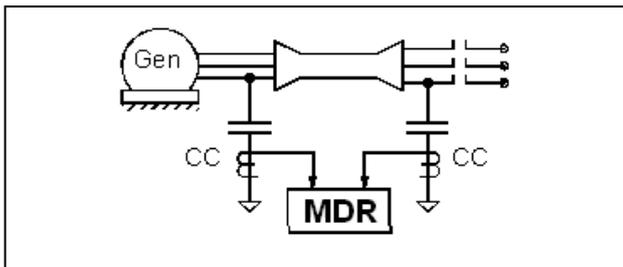
Отстройка от помех.

Наиболее сложным техническим и алгоритмическим вопросом, возникающим при регистрации частичных разрядов в обмотках статоров электрических машин, является отстройка от высокочастотных помех, в большом количестве возникающих в высоковольтных сетях. Особенно остро эта проблема стоит при регистрации импульсов в HF диапазоне частот, в котором традиционно работают системы мониторинга, количество помех в этом диапазоне очень велико.

Одним из наиболее эффективных способов отстройки от помех является метод «Time of Arrival», базирующийся на определении и анализе разницы во времени прихода импульса от одного частичного разряда к нескольким датчикам системы мониторинга.

Метод базируется на том эффекте, что чем ближе данный датчик будет находиться к месту возникновения разряда в изоляции, чем раньше по времени, относительно других датчиков, высокочастотный импульс от разряда будет зарегистрирован этим датчиком. По разнице времени прихода импульсов можно даже определить место возникновения дефекта в изоляции.

Для отстройки от высокочастотных помех, возникших в энергосистеме, хорошо применима схема, показанная на рисунке, в которой используются шесть конденсаторов связи, смонтированных на двух сторонах питающей



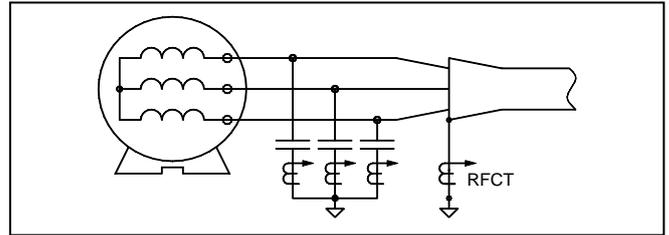
кабельной линии. Возможна и другая установка дополнительных конденсаторов связи, но при этом они должны быть удалены от основных конденсаторов на расстояние не менее двух метров.

Если на вход прибора системы «MDR» первым по времени придет импульс с правого конденсатора связи, то это будет означать, что данный импульс возник не в изоляции статора, а наведен из энергосистемы. Если же первым в прибор придет импульс с левого, по схеме, конденсатора связи, то этот импульс необходимо считать возникшим в изоляции обмотки статора.

Недостатком такой схемы отстройки от помех является усложнение измерительной схемы. Длина кабельных линий достаточно велика, и не всегда имеется техническая возможность для установки дополнительных трех конденсаторов связи.

Разрешающая способность системы «MDR» в методе «Time of Arrival» очень высока. Она позволяет различать

разницу в расстоянии от датчика до зоны дефекта в 0,3 м. Это дает возможность для отстройки от внешних помех эффективно использовать и более простую, но не менее эффективную измерительную схему, использующую вместо



трех конденсаторов связи один датчик марки «RFCT», установленный на проводнике заземления экрана соединительного высоковольтного кабеля. В этой схеме производится сравнение времени прихода импульсов от конденсаторов связи и от датчика марки «RFCT».

Диагностические возможности системы «MDR».

Система «MDR» имеет набор встроенных экспертных алгоритмов (система «PD-Expert»), позволяющих проводить максимально полную обработку первичной информации, в результате чего персоналу выдаются уже готовые заключения о состоянии контролируемой электрической машины с перечнем дефектов.

Стандартная схема установки датчиков системы «MDR».

В стандартной минимальной конфигурации на статоре контролируемого высоковольтного электродвигателя монтируются 4 датчика:

- Три конденсатора связи на фазах обмотки.
- Один датчик «RFCT» на поводке заземления кабеля.

Измерительный прибор системы «MDR» имеет 15 входных каналов, что дает возможность создавать, по согласованию с Заказчиком, более сложные и более чувствительные системы контроля изоляции, включающие в себя расширенный набор датчиков регистрации частичных разрядов в обмотках статоров электрических машин.

Измерительный прибор системы «MDR» монтируется рядом с электрической машиной в монтажном шкафу. Длина коаксиальных кабелей от датчиков до прибора не должна превышать 50 метров.

Без использования системы подогрева прибор может работать при температурах окружающей среды до - 40 до +60 градусов.

Интерфейсы связи системы «MDR».

Передача информации в систему АСУ-ТП верхнего уровня производится по интерфейсу RS-485 или оптической линии связи. Архив информации можно скопировать из памяти прибора по встроенному в прибор интерфейсу USB.

Основные технические данные системы «MDR»

№	Параметр	Значение
1	Количество каналов регистрации частичных разрядов	до 15
2	Частотный диапазон регистрируемых импульсов, МГц	0,5 ÷ 15,0
3	Амплитуда регистрируемых импульсов ЧР, пК	10 ÷ 100 000
4	Встроенная экспертная система	PD-Expert
5	Порты внешней связи прибора	RS-485, USB, Ethernet
6	Напряжение питания прибора, В	AC/DC 120 ÷ 260
7	Габаритные размеры прибора, мм	250*170*35