

## Система MDR-S20 для комплексного мониторинга технического состояния генераторов и высоковольтных электродвигателей



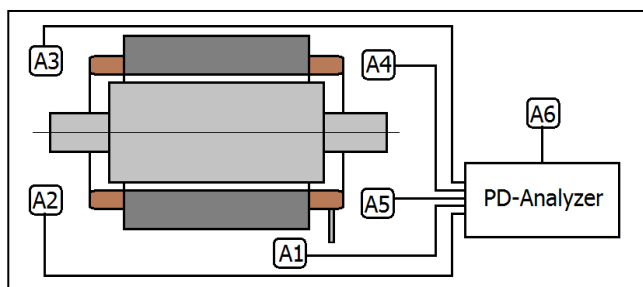
Система MDR-S20 предназначена для оперативного контроля технического состояния, диагностики дефектов и управления эксплуатацией высоковольтных электрических генераторов и двигателей.

Оценка технического состояния электрических машин в системе MDR-S20 производится в режиме непрерывного мониторинга несколькими различными взаимодополняющими методами:

- Контроль технического состояния изоляции обмотки статора по частичным разрядам в СВЧ диапазоне частот с точной геометрической локацией места возникновения дефекта в изоляции.
- Контроль вибрационного состояния лобовых частей обмотки статора при помощи беспроводных датчиков вибрации и температуры.
- Выявление дефектов и замыканий в обмотке ротора на основании анализа пульсаций магнитного потока в зазоре электрической машины.
- Контроль продольной ЭДС ротора (диагностика состояния изоляции подшипниковой опоры).

### Регистрация и анализ частичных разрядов

Для контроля частичных разрядов в обмотке статора электрической машины внутри статора устанавливается до пяти электромагнитных антенн марки ВА-1, работающих в СВЧ (UHF) диапазоне частот.



Первая электромагнитная антенна A1 устанавливается в зоне входа в статор питающего кабеля, подключенного к обмотке статора. При помощи сигнала от этой антенны производится отстройка от

высокочастотных помех, проникающих в обмотку статора из сети по питающему кабелю.

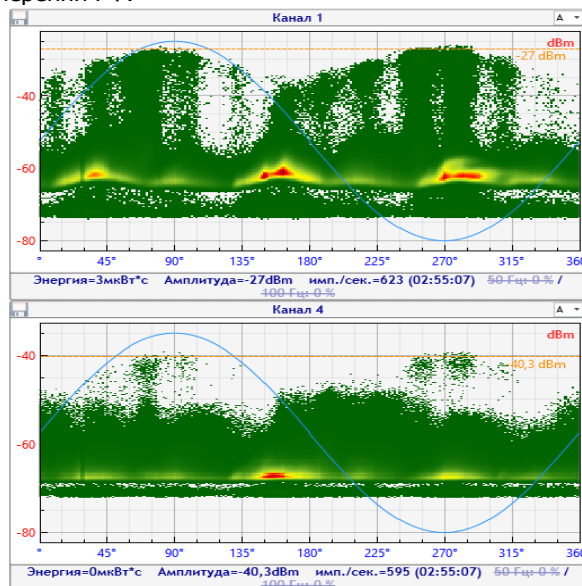
Электромагнитные антенны A2-A5 располагаются в зонах лобовых частей обмотки, по две с каждой стороны. Антенны желательно устанавливать диаметрально противоположно друг другу.

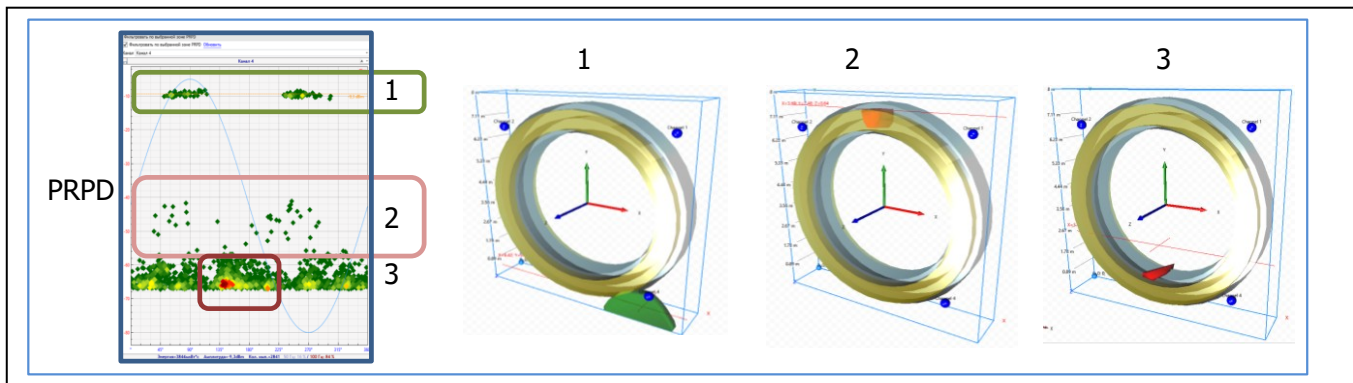
Антенна A6 предназначена для регистрации высокочастотных импульсов снаружи корпуса электрической машины. Использование этой антенны позволяет повысить итоговую помехозащищенность регистрации частичных разрядов в обмотке статора.

Все электромагнитные антенны внутри корпуса статора не должны располагаться в одной плоскости. Это необходимо для повышения точности локации мест возникновения частичных разрядов.

Регистрация частичных разрядов в обмотке статора электрической машины производится при помощи прибора PD-Analyzer, позволяющего синхронно регистрировать СВЧ импульсы от 6 антенн.

Прибор PD-Analyzer внесен в реестр средств измерений РФ.





Встроенная в общее программное обеспечение мониторинга MDR-S20 экспертная система диагностики по частичным разрядам позволяет в автоматическом режиме решать три наиболее важные для практики задачи:

- Проводить эффективную отстройку реальных импульсов частичных разрядов от различных высокочастотных помех, что повышает достоверность проводимых измерений и диагностики.
- На основании анализа стандартного PRPD распределения импульсов (зависимости момента возникновения импульсов частичных разрядов от фазы синусоиды питающей сети) определять тип дефекта, оперативно оценивать степень его опасности.
- Локализовать место возникновения дефекта. В основе метода локации мест дефектов лежит анализ времени прихода импульсов от одного разряда к нескольким антеннам. Реальная геометрическая точность определения места источника частичных разрядов составляет 0,2–0,4 м и зависит от габаритных размеров статора, количества и мест установки антенн.

#### Практический пример работы экспертной системы:

На статоре тихоходного электродвигателя 8 МВт был зарегистрирован повышенный уровень частичных разрядов, исходное PRPD распределение которых, после первичной аппаратной фильтрации в каждом измерительном канале прибора PD-Analyzer, приведено на предыдущей странице для двух каналов.

После проведения дополнительной межканальной алгоритмической фильтрации импульсов было получено уточненное PRPD распределение частичных разрядов, приведенное на данной странице.

На этом распределении были выделены три явно выраженные амплитудно-фазовые зоны, в которых была выполнена многоканальная локация мест возникновения частичных разрядов.

Итоговые результаты работы экспертной системы:

Зона 1. В этой зоне сосредоточены частичные разряды наибольшей амплитуды, повторяющиеся через 180 градусов синусоиды питающей сети.

Экспертная система определила источником этих разрядов дефект типа «плавающий потенциал», опасность которого сильно зависит от места его возникновения. Расчеты однозначно локализовали этот

дефект не в обмотке статора, а в концевой муфте подключенного высоковольтного кабеля.

На схематическом разрезе статора экспертная система точно определила место возникновения этого дефекта (на картинке 1 справа внизу) и выделила зеленым цветом, признав его не опасным для эксплуатации обмотки статора.

Зона 2. В этой зоне сосредоточены импульсы частичных разрядов, не имеющие жесткой привязки к фазе питающей сети.

По этой причине сразу же однозначно определить тип дефекта не удалось, для уточнения была выполнена процедура локации места возникновения импульсов. Расчеты однозначно указали на локальную зону в лобовых частях, сверху, с одной стороны статора.

На основании этой дополнительной информации источник частичных разрядов был идентифицирован как дефект. Причина: увлажнение, и (или) загрязнение, и (или) истирание изоляции лобовых частей обмотки.

Дефект такого типа опасен для эксплуатации двигателя и должен быть оперативно устранен, поэтому цвет зоны дефекта на рисунке красный.

Зона 3. В эту зону была выделена часть импульсов, по амплитуде находящихся в зоне высокочастотных шумов, на PRPD это красное пятно в центре зоны 3. Только эти импульсы имели фиксированную локацию, тогда как остальные импульсы этой амплитуды не имели одинакового места возникновения.

Выявленный дефект был идентифицирован экспертной системой как разряд между секцией обмотки и стенкой паза, зона разряда показана на рисунке 3 в пазу обмотки статора.

Дефект опасный и требует оперативного устранения, поэтому на рисунке он показан красным цветом.

Результаты автоматизированной экспертной диагностики были подтверждены во время остановки электродвигателя. После устранения дефектов все критические частичные разряды исчезли.

#### **Контроль вибрации лобовых частей**

Повышенная вибрация лобовых частей обмотки статора приводит к истиранию изоляции, появлению частичных разрядов и, в итоге, к электрическому пробую. При высоком уровне вибрации возможно даже механическое разрушение межфазных перемычек.

Обычно для контроля вибрации лобовых частей мощных генераторов и электрических машин используются оптоволоконные датчики, имеющие необходимую чувствительность и хорошую электрическую изоляцию. Основным практическим ограничением широкого внедрения таких датчиков является их высокая цена.

В системе мониторинга марки MDR-S20 для контроля вибрации лобовых частей используются более дешевые (практически на порядок) беспроводные датчики марки BDM/TV, контролирующие вибрацию и температуру в точке установки.

Эти полностью беспроводные датчики имеют компактный изолированный корпус размером 40\*40\*30 мм и могут работать при температурах контролируемых объектов до 125 градусов.



Фото датчика BDM/TV и приемника вибрации и температуры WDM-M

Датчики легко монтируются на поверхности лобовых частей обмотки в точках, в которых необходимо контролировать вибрацию и температуру.

Электрическое питание, необходимое для работы встроенной электроники, датчики получают от энергии электромагнитного поля, наведенного рабочим током, протекающим по проводникам секции обмотки статора, на которой они смонтированы. При включении электрической машины в секциях обмотки статора начинают протекать токи, поэтому датчики автоматически включаются в работу.

Выходная информация от датчиков вибрации передается по беспроводному интерфейсу на специализированные приемники марки WDM-2, смонтированные с двух сторон внутри корпуса статора в зоне лобовых частей.

Датчики марки BDM/TV контролируют вибрационный сигнал в трех направлениях и синхронизируются от синусоиды тока в секции обмотки статора. Это дает возможность при анализе вибрационных процессов моделировать на экране компьютера пространственное перемещение контролируемой точки лобовой части секции обмотки. Наиболее наглядным представлением является моделирование с одновременным использованием сигналов от нескольких датчиков, смонтированных в зоне лобовых частей.

В системе MDR-S20 может быть использовано от трех до шести (и более, если необходимо проводить специальные исследования электродинамических процессов) датчиков вибрации марки BDM-TV с каждой стороны обмотки статора.

### Контроль замыканий в обмотке ротора (опция)

Значимым дефектом обмотки возбуждения ротора генератора является нарушение целостности изоляции витков. Это возникает при локальных межвитковых замыканиях или замыканиях витков обмотки на массив ротора.

Возникновение короткозамкнутых витков в обмотке ротора приводит к искажению сигнала синусоиды магнитного поля в зазоре электрической машины, повышению уровня высших гармонических составляющих, повышенному нагреву машины и снижению ее общего КПД.

Контроль наличия замыканий в обмотке ротора в MDR-S20 производится на основании анализа магнитного потока в зазоре электрической машины. В зазоре между статором и ротором устанавливается датчик магнитного потока, регистрирующий мгновенные изменения в процессе вращения ротора.

На основании анализа выявленных искажений магнитного потока при помощи экспертной системы определяется секция обмотки (паз), в которой произошло замыкание.

### Контроль продольной ЭДС ротора (опция)

В силу особенностей конструкции роторов генераторов в них часто возникает электромагнитная несимметрия, приводящая к возникновению на противоположных концах ротора переменного напряжения (продольной ЭДС). Величина этого напряжения может достигать больших значений, до сотни вольт.

При замыкании этого напряжения через подшипники и фундамент возникает ток, который разрушает опорные подшипники ротора электрической машины.

Для контроля продольной ЭДС и состояния подступовой изоляции в системе MDR-S20 предусмотрено измерение до двух токов в цепях заземления и до двух напряжений на роторе.

### Особенности монтажа системы MDR-S20

Основной модуль системы мониторинга MDR-S20 (PD-Analyzer) монтируется в защитном шкафу рядом с контролируемой электрической машиной. Это делается для того, чтобы затухание СВЧ импульсов частичных разрядов в соединительных коаксиальных кабелях было минимальным.

Электромагнитные антенны ВА-1 для регистрации импульсов частичных разрядов монтируются внутри статора так, как это описано выше.

В зоне лобовых частей статора, внутри корпуса с противоположных сторон, устанавливаются модули марки WDM-2, соединенные между собой и с основным модулем системы при помощи интерфейса RS-485.



Эти интегрирующие приемные модули используются в системе мониторинга MDR-S20 для нескольких целей:

- Сбора информации от беспроводных датчиков вибрации и температуры лобовых частей обмотки статора с использованием беспроводного интерфейса.
- Регистрации информации от датчика магнитного потока, расположенного в зазоре электрической машины (для системы контроля замыканий в обмотке ротора).
- Контроля влажности и температуры окружающего воздуха внутри статора электрической машины.
- Контроля температуры и вибрации корпуса статора электрической машины.

Итоговое программное обеспечение мониторинга и диагностики марки INVA устанавливается в компьютере автоматизированного рабочего места (АРМ). Для этих целей может быть использован персональный компьютер в операторной станции.

При создании локальной системы мониторинга может быть использован панельный компьютер, встроенный в шкаф системы мониторинга, в котором будет установлено программное обеспечение INVA.

#### **Достоинства и дополнительные возможности системы мониторинга MDR-S20**

Система мониторинга электрических генераторов и высоковольтных электродвигателей марки MDR-S20 является современной отечественной разработкой, предназначенной для контроля технического состояния крупных электрических машин.

Органическое сочетание четырех методов диагностики в одном устройстве позволяет повысить эффективность работы и значительно снизить затраты на поставку и внедрение системы мониторинга.

Система пространственной локализации места возникновения частичных разрядов в изоляции обмотки статора, разработанная фирмой ДИМРУС, по своим диагностическим функциям не имеет аналогов на мировом рынке.

Использование дешевых, эффективных и полностью беспроводных датчиков вибрации лобовых частей обмотки статора также является оригинальной разработкой специалистов фирмы ДИМРУС.

В программном обеспечении марки INVA реализованы не только алгоритмы экспертной диагностики технического состояния электрической машины несколькими методами, но также и адаптивные математические модели для прогнозирования изменения технического состояния оборудования. Это позволяет реально оценивать остаточный ресурс контролируемого оборудования.

Комплекс диагностических и прогнозных алгоритмов системы MDR-S20 дает возможность использовать ее как средство эффективного управления эксплуатацией и ремонтами электрических машин, ответственного и дорогого электротехнического оборудования.

Имеющиеся в составе продукции фирмы ДИМРУС системы мониторинга трансформаторов (марка TDM), кабельных линий (марка CDM), выключателей (марка BDM) и т. д. подразумевают использование системы мониторинга марки MDR-S20 в качестве еще одного составного элемента комплексной системы мониторинга высоковольтного оборудования станции.

Созданная на основе применения этих устройств комплексная система мониторинга может быть использована для эффективного управления эксплуатацией высоковольтного оборудования единой технологической цепи энергетического объекта.