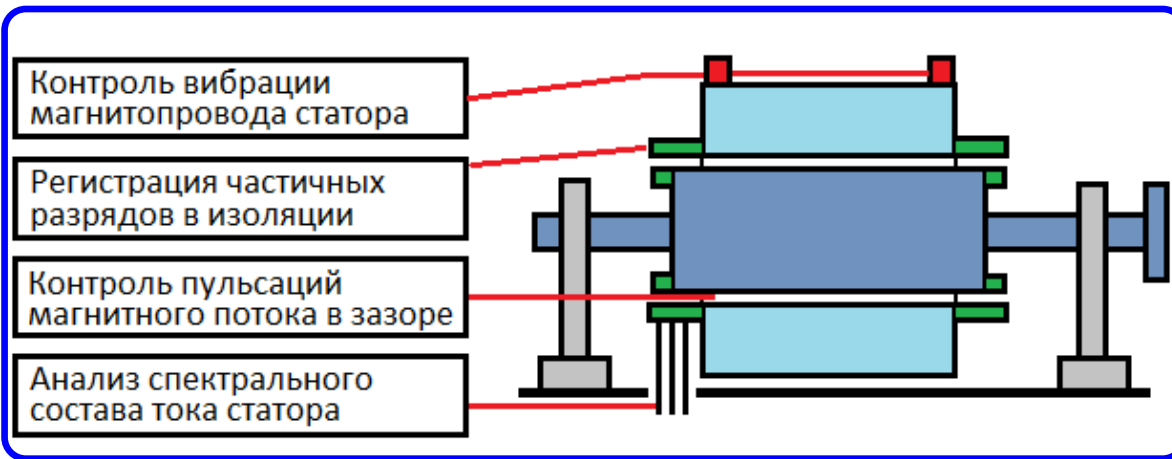




Системы мониторинга технического состояния изоляции обмоток генераторов и высоковольтных электродвигателей по частичным разрядам

Системы MDR, MDR-3/UHF, PGU-DM

Современные методы мониторинга технического состояния генераторов и высоковольтных электродвигателей



Для оперативного технического мониторинга состояния крупных электрических машин все чаще используются современные методы мониторинга и диагностики, основанные на использовании различного микропроцессорного оборудования.

В системах мониторинга марки «MDR», «MDR-3/UHF» и «PGU-DM», производства фирмы «DIMRUS» реализовано до 4 таких методов диагностики:

- 1 – Регистрация и анализ частичных разрядов в изоляции обмотки статора и разрядных процессов в роторе.
- 2 - Измерение и анализ вибрации пакета стали статора электрической машины.
- 3 – Контроль пульсаций магнитного потока в зазоре для контроля состояния обмотки и «бочки» ротора.
- 4 - Регистрация и анализ фазных токов и напряжений с целью выявления перекоса фазных параметров.

При необходимости эти системы мониторинга могут быть дополнены «внешними» подсистемами контроля вибрации лобовых частей и контроля величины воздушного зазора электрической машины.

Измерение частичных разрядов в обмотках – эффективный способ мониторинга состояния изоляции электрических машин

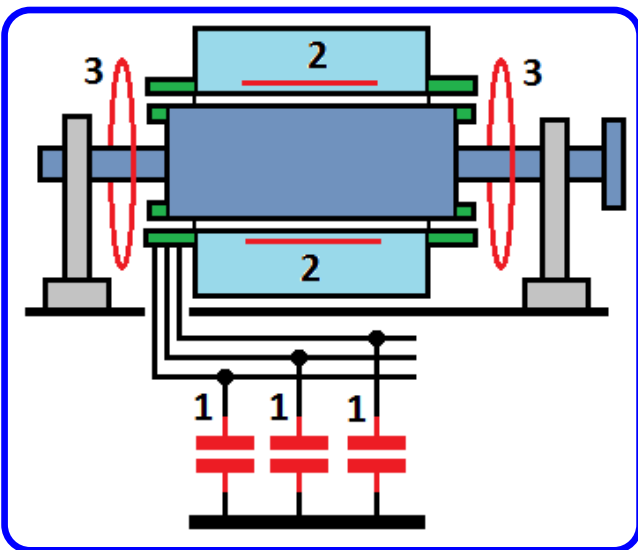
Наиболее эффективным способом контроля состояния изоляции обмотки статора высоковольтной электрической машины является регистрация и анализ распределения частичных разрядов в обмотке. Для практической реализации этого современного метода диагностики фирмой «DIMRUS» производится три типа систем мониторинга: «MDR», «MDR-3/UHF» и «PGU-DM».

Практически любые типы дефектов в изоляции обмотки статора могут быть выявлены при помощи этого метода, причем на самых ранних стадиях их возникновения и развития. В результате у эксплуатационного персонала будет достаточно времени для принятия мер, позволяющих избежать аварийной ситуации.

Важным отличием системы регистрации и анализа частичных разрядов в изоляции обмотки статора, примененной в системах мониторинга фирмы «DIMRUS», является использование встроенной экспертной диагностической системы «PD-Expert». Благодаря этому, заключительная информация по итогам измерения частичных разрядов в обмотке статора включает в себя не только данные по уровню измеренных частичных разрядов, но и информацию по типам выявленных дефектов и степени их развития.

При использовании системы мониторинга марки «MDR-3/UHF» по параметрам частичных разрядов в изоляции, использующей встроенные в корпус статора широкополосные электромагнитные антенны, контролируется состояние изоляции и разрядные процессы не только в обмотке статора электрической машины, но и в обмотке и «бочке» ротора.

Способы установки первичных датчиков для измерения частичных разрядов в обмотках генераторов и электродвигателей



Эффективность работы систем мониторинга состояния изоляции высоковольтных моторов и генераторов по частичным разрядам во многом зависит от типов используемых первичных датчиков и мест их установки.

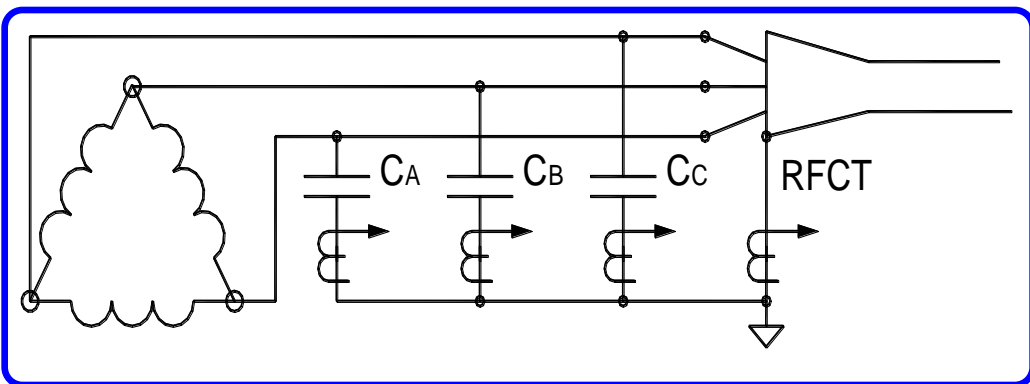
Наиболее часто в системах мониторинга изоляции обмотки статора применяются два типа датчиков:

1 – Конденсаторы связи с емкостью от 80 до 5000 пикофарад, подключаемые к выводам обмотки статора. Они должны быть рассчитаны на полное рабочее напряжение электрической машины, а также выдерживать испытательное напряжение.

2 – Электромагнитные антенны для регистрации частичных разрядов, устанавливаемые в пазах статора над секциями обмотки. Такие антенны обычно устанавливаются под пазовым клином при изготовлении электрической машины, или во время капитального ремонта обмотки. С некоторыми ограничениями в качестве таких антенн частичных разрядов могут быть использованы стандартные датчики температуры обмотки статора, установленные в пазу между секциями обмотки на заводе - изготовителе.

3 – Широкодиапазонные кольцевые электромагнитные антенны, устанавливаемые в зоне лобовых частей обмотки статора. Достоинством таких антенн является простота и оперативность установки, а также высокая чувствительность к частичным разрядам в обмотках статора и ротора.

Измерение частичных разрядов в обмотке статора электрической машины с использованием конденсаторов связи



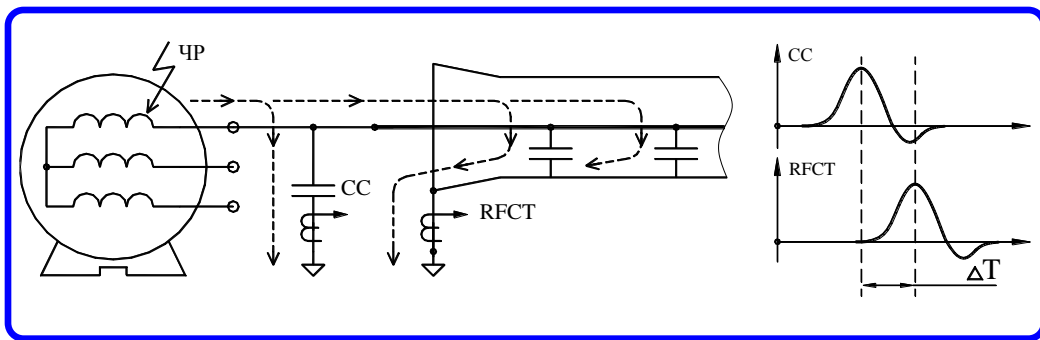
Высоковольтные конденсаторы связи с эпоксидно – слюдяной изоляцией являются наиболее часто используемым типом датчика для регистрации частичных разрядов в электрических машинах. При помощи таких датчиков обычно регистрируют импульсы в диапазоне 1 – 80 МГц.

Конденсаторы связи монтируются внутри корпуса статора электрической машины, и подключаются к входным зажимам обмотки статора. Чем ближе к входным зажимам обмотки статора будет находиться дефектная зона в изоляции, тем выше будет чувствительность схемы измерения частичных разрядов. Если частичные разряды будут возникать в секциях обмотки, значительно удаленных от входных зажимов, то чувствительность системы мониторинга к частичным разрядам будет пониженной.

Для большинства электрических моторов и генераторов с мощностью не более 5 - 10 МВт, геометрические размеры статоров которых сравнительно невелики, для измерения частичных разрядов достаточно использовать всего 3 конденсатора связи, плюс высокочастотный трансформатор тока типа RFCT в цепи заземления экрана питающего кабеля.

Если контролируемая электрическая машина будет иметь большие габариты и мощность, то необходимо применять дополнительные датчики, контролирующие частичные разряды в удаленных секциях обмотки статора.

Отстройка от внешних импульсных помех в системах мониторинга частичных разрядов с использованием метода «time of arrival»



Наибольшей проблемой при использовании для регистрации частичных разрядов конденсаторов связи является отстройка от помех, поступающих по питающему кабелю из внешней сети.

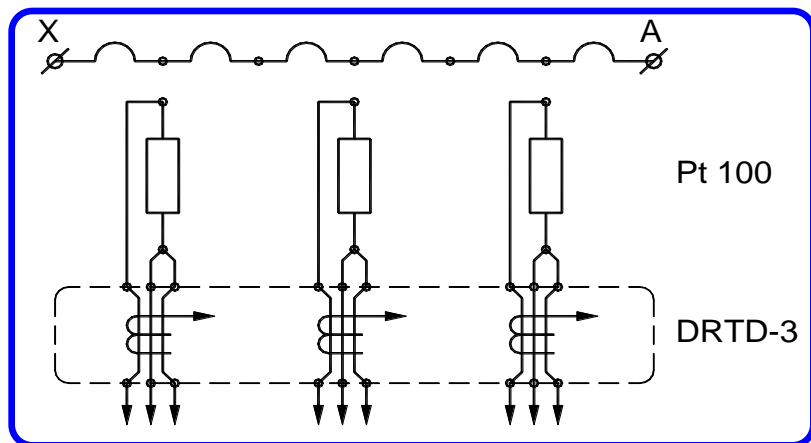
Наиболее эффективным способом отстройки от влияния таких помех является метод, основанный на определении разницы во времени прихода импульсов к различным датчикам системы мониторинга. В литературе этот метод, исходя из принципа действия, обычно называется «time off arrival».

Если импульс от частичного разряда будет двигаться из обмотки статора, то он, в первую очередь, будет зарегистрирован при помощи фазного конденсатора связи СС. Импульс будет двигаться дальше и поступит в кабельную линию. Через внутреннюю емкость жилы кабеля (шинопровода) импульс попадет на экран кабеля и будет зарегистрирован датчиком марки RFCT, но уже с некоторым временным запаздыванием.

Если импульс помехи будет двигаться в обмотку статора снаружи (справа налево на рисунке), то он сначала придет к датчику RFCT, а только потом к конденсатору связи. Временной сдвиг между приходом импульсов однозначно определяет место их возникновения: или это импульс ЧР, или помеха.

Системы мониторинга фирмы «DIMRUS» позволяют определять разницу во времени прихода импульсов (разницу пути движения импульса) с точностью до 0,3 м.

Измерение частичных разрядов в обмотке статора при помощи встроенных антенн, смонтированных в пазах, и датчиков температуры



При мощности больше 10 МВт, габариты статора возрастают. Импульсы частичных разрядов от «удаленных дефектов», проходя последовательно по виткам секций в пазах статора, сильно затухают.

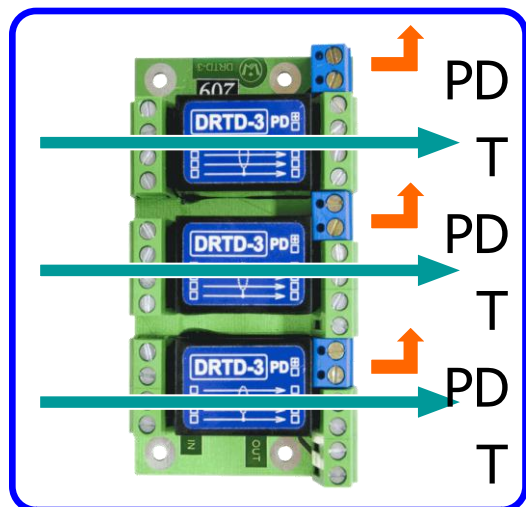
По этой причине зарегистрировать импульсы разрядов от дефекта изоляции в глубине обмотки на входных зажимах не всегда удается, дефект можно «пропустить».

Для больших электрических машин необходимо устанавливать «внутри обмотки» дополнительные датчики, регистрирующие глубинные импульсы. В качестве таких датчиков обычно используют различные электромагнитные антенны, монтируемые в соответствующих пазах статора.

Если речь идет об установке системы мониторинга состояния изоляции на новой электрической машине, то непосредственно на заводе - изготовителе можно смонтировать в пазах статора датчики поля – специализированные антенны для регистрации импульсов частичных разрядов от дефектов в изоляции.

Если же необходимо оснастить системой мониторинга уже работающий генератор, то в качестве антенн можно использовать уже имеющиеся в обмотке статора термометры сопротивления. Для уже работающего оборудования в цепи измерения температуры обмотки статора удобно устанавливать датчики частичных разрядов марки «DRTD-3», что можно сделать даже на работающем генераторе.

Датчик «DRTD-3» для регистрации частичных разрядов в обмотке статора с использованием встроенных датчиков температуры



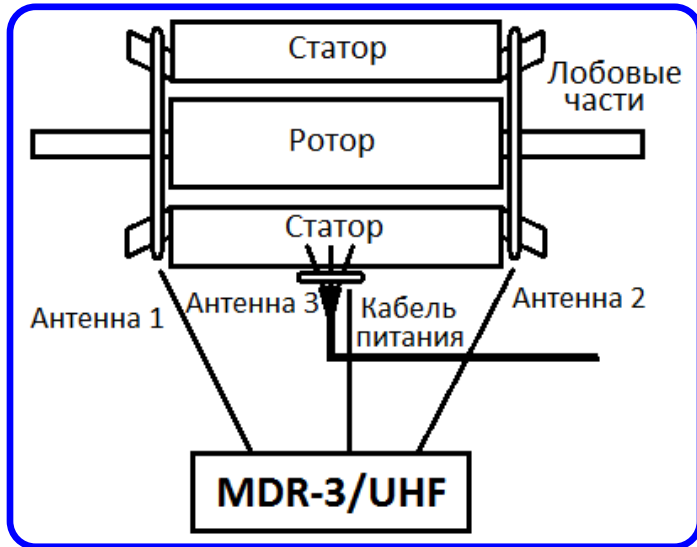
Подключение прибора системы мониторинга для измерения частичных разрядов к датчикам температуры должно происходить так, чтобы не нарушить работу системы температурного контроля обмоток и магнитопровода статора. Для этого в разрыв цепи измерения температуры включаются специализированные датчики марки «DRTD-3», являющиеся высокочастотными трансформаторами тока.

Сопrotивление датчиков «DRTD-3» постоянному току минимально, они выделяют из комплексного сигнала только импульсы высокочастотных частичных разрядов.

При монтаже систем мониторинга на крупных электрических машинах, в основном на генераторах, из общего количества имеющихся датчиков температуры, количество которых на статоре может быть большим, выбираются 3, 6 или 9, которые равномерно распределены в пазах по окружности статора. Такое выборочное использование датчиков температуры – антенн частичных разрядов позволяет наиболее эффективно регистрировать импульсы частичных разрядов даже от таких дефектов, которые расположены на значительном удалении от входных зажимов обмотки, на которых смонтированы конденсаторы связи.

Аналогичным образом выбираются места установки и дополнительных электромагнитных антенн, монтируемых при изготовлении новых генераторов. Такие антенны обычно представляют собой полоски фольги, или покрытого фольгой материала, подключенного при помощи коаксиального кабеля.

Регистрация частичных разрядов в электрических машинах при помощи электромагнитных антенн в зонах лобовых частей обмотки



Для комплексного контроля разрядных процессов в статоре и роторе электрической машины удобно использовать электромагнитные антенны, монтируемые в зоне лобовых частей обмотки статора. Кольцевые антенны работают в СВЧ диапазоне, дешевле и эффективнее, чем конденсаторы связи.

Такие датчики представляют собой разомкнутые кольцевые проводники, проложенные вблизи лобовых частей, подключенные к измерительному прибору системы мониторинга при помощи защитного и согласующего устройства.

Электромагнитные датчики частичных разрядов имеют одинаковую чувствительность ко всем дефектам в изоляции вне зависимости от того, на каком удалении от входных зажимов обмотки располагается дефект в изоляции. Изменение чувствительности имеет место только для дефектов, возникших или в лобовых частях обмотки, или же непосредственно в пазу, в середине статора, но даже это различие обычно составляет не более 20%.

Если смонтировать третью электромагнитную антенну в зоне подключения питающего кабеля, то можно будет эффективно отстраиваться от внешних помех, используя метод «time off arrival». В любом случае измерение частичных разрядов в СВЧ диапазоне частот в большей мере защищено от влияния помех, распространение которых по питающему кабелю происходит с большим затуханием.

Датчики частичных разрядов и калибровочное оборудование фирмы «DIMRUS», предназначенное для контроля ЧР в электрических машинах

В системах «MDR», «MDR-3/UHF» и «PGU-DM», предназначенных для мониторинга и диагностики состояния изоляции обмоток статоров высоковольтных электрических машин, в основном используются первичные датчики производства фирмы «DIMRUS».

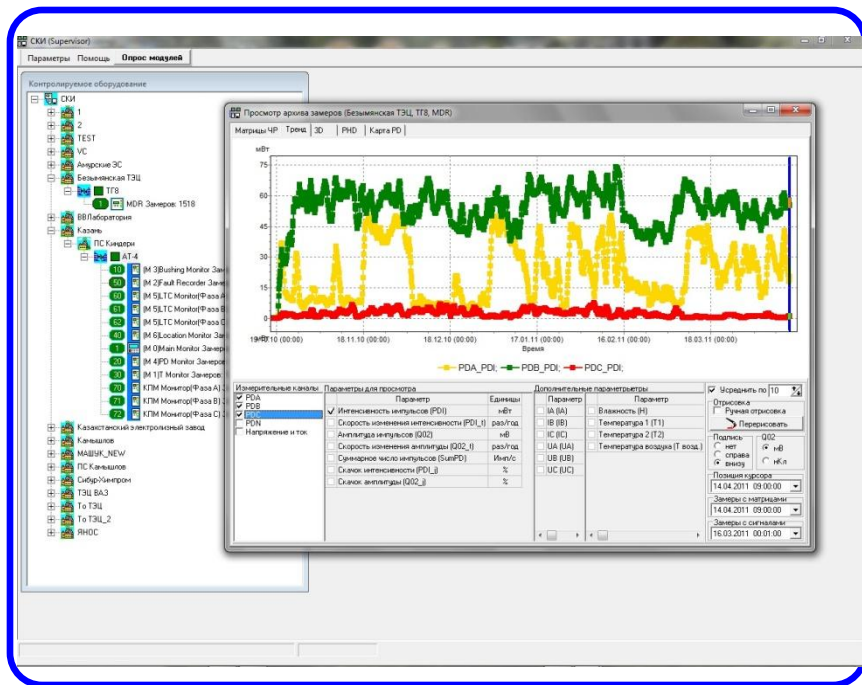
Основное применение находят:

- Конденсаторы связи марки «СС» с различным рабочим напряжением, различающиеся типом используемой изоляции. Не представляет сложности использовать с приборами конденсаторы связи производства других фирм – изготовителей.
- Высокочастотные трансформаторы тока марки «RFCT», имеющие семь модификаций, в зависимости от места установки.
- Датчики «DRTD-3» для подключения измерительных приборов систем мониторинга к термометрам сопротивления в обмотке статора генератора.
- Электромагнитные пазовые антенны, предназначенные для установки на заводе – изготовителе электрических машин.
- Кольцевые электромагнитные антенны для монтажа в зоне лобовых частей статора.

Для проведения калибровки цепей измерения частичных разрядов фирмой поставляются калибровочные генераторы четырех типов.



Программное обеспечение для мониторинга и анализа частичных разрядов в изоляции обмотки статора



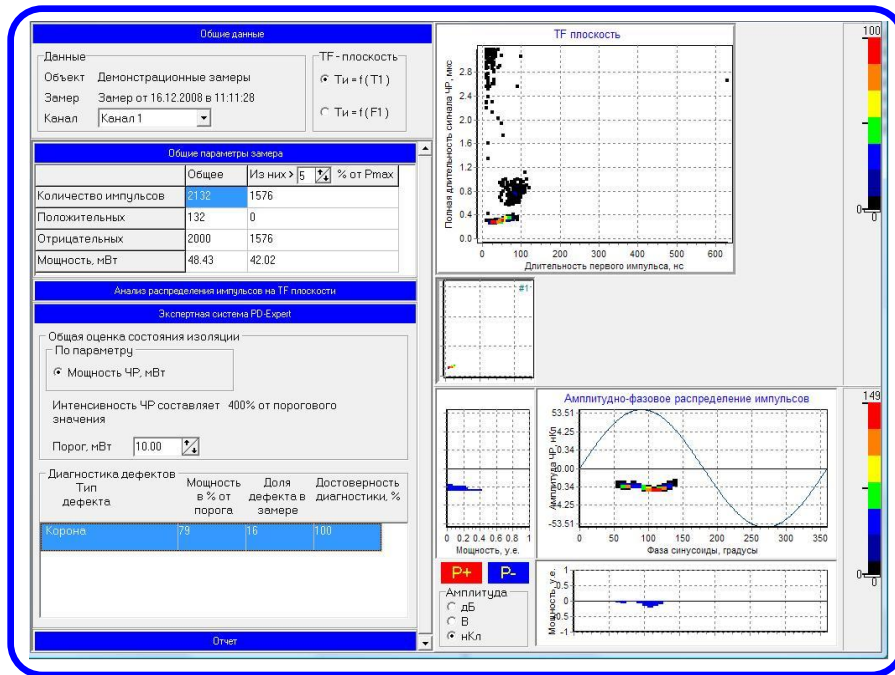
В состав поставки системы MDR входит специализированное программное обеспечение SKI для реализации мониторинга технического состояния электрической машины по контролируемым параметрам на персональном компьютере.

Программное обеспечение SKI позволяет собирать и хранить всю информацию о состоянии генератора (мотора), полученную в процессе мониторинга. Возможности системы SKI позволяют пользователю проводить дополнительную обработку первичной информации, оценивать скорость развития выявленных дефектов.

При помощи программного обеспечения мониторинга можно:

- Архивировать текущую информацию о состоянии электрической машины, предоставлять необходимые данные в систему АСУ-ТП.
- Проводить специальную обработку первичной информации, с целью выявления тенденций в изменении состояния электрической машины.
- Использовать специальные диагностические средства для определения места возникновения дефекта и оценки его опасности.

Автоматизированная экспертная система PD-Expert для выявления дефектов в изоляции обмотки статора



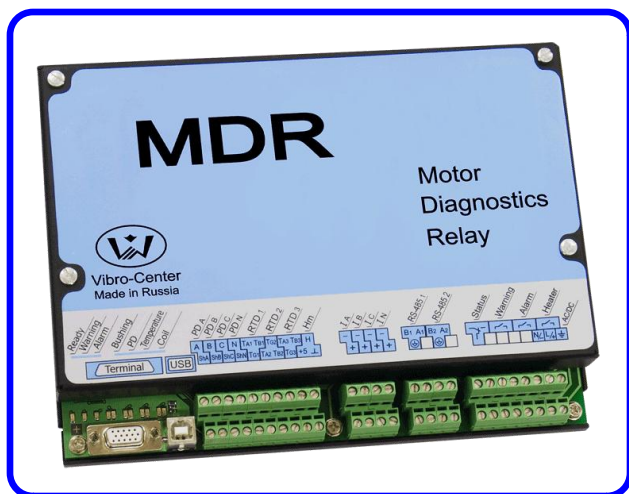
Уникальная возможность системы мониторинга производства фирмы «DIMRUS» – возможность проведения оперативной экспертной диагностики типов выявленных дефектов в изоляции обмотки статора контролируемого генератора (электродвигателя).

Эта функция системы возможна благодаря наличию встроенной в программное обеспечение экспертной системы PD-Expert. Система является адаптивной, позволяющей настраивать алгоритмы диагностики для конкретного типа оборудования.

При помощи системы PD-Expert можно:

- Эффективно отстраиваться от высокочастотных помех различного типа при помощи алгоритмических средств.
- Определять типы дефектов, выявленных по итогам замеров ЧР, используя образы дефектов, хранящиеся в памяти программы.
- Разделять частичные разряды от нескольких типов дефектов, или от одинаковых дефектов, но возникших в разных зонах изоляции.

Система «MDR» для мониторинга состояния изоляции обмотки статора крупных генераторов по частичным разрядам



Полная версия прибора «MDR», предназначенная для комплексного мониторинга состояния изоляции обмотки статора выполнена в виде законченного модуля размером 250 * 200 * 45 мм. Подключение всех первичных датчиков и линий связи производится при помощи стандартных винтовых клемм.

Измерительный прибор системы мониторинга марки «MDR» работает в ВЧ диапазоне частот, поэтому с прибором используются конденсаторы связи «СС» и высокочастотные трансформаторы тока «RFCT».

Наряду с измерением и автоматизированным анализом распределения частичных разрядов, выполняемым при помощи встроенной экспертной системы «PD-Expert», в системе «MDR» могут быть реализованы следующие диагностические функции:

- Измерение температуры обмотки, сердечника и охлаждающего воздуха (водорода) внутри генератора.
- Контроль влажности воздуха (водорода) внутри генератора.
- Измерение и анализ спектрального состава фазных напряжений, токов и мощностей генератора, контроль токов в нейтрали обмотки.

Для осуществления внешней сигнализации о состоянии контролируемой электрической машины внутри прибора установлены три функциональных реле.

Особенности монтажа системы мониторинга марки «MDR» на контролируемых электрических машинах



Система «MDR» для мониторинга состояния изоляции монтируется рядом с контролируемым электродвигателем, обычно с использованием монтажного шкафа.

Длина сигнальных кабелей от первичных датчиков частичных разрядов до прибора не должна превышать 50 метров, чтобы не было сильного затухания высокочастотных сигналов импульсов частичных разрядов.

Измерительный прибор системы «MDR» может работать в расширенном температурном диапазоне, начиная от минус 40 градусов, поэтому больших ограничений на условия его монтажа нет.

Прибор системы мониторинга имеет внутреннюю память замеров, достаточную для работы в течение двух лет. Для передачи зарегистрированной первичной информации от датчиков, а также итогов работы экспертного ядра системы мониторинга в системы мониторинга более высокого технологического уровня, используются стандартные интерфейсы USB, RS-485 и Ethernet.

Питание прибора «MDR», как и всех остальных систем мониторинга состояния изоляции электрических машин производства фирмы «DIMRUS», универсальное, с рабочим напряжением от 85 до 260 В, тип используемого напряжения - AC/DC.

Техническая реализация системы «MDR-3/UHF» для регистрации частичных разрядов изоляции электрических моторов и генераторов



Эта система является последней разработкой фирмы «DIMRUS» для мониторинга технического состояния электрических машин. Она предназначена для использования с СВЧ электромагнитными антеннами, монтируемыми в зоне лобовых частей обмотки статора, и в зоне подключения питающего кабеля.

Благодаря использованию электромагнитных антенн система «MDR-3/UHF» обладает рядом преимуществ:

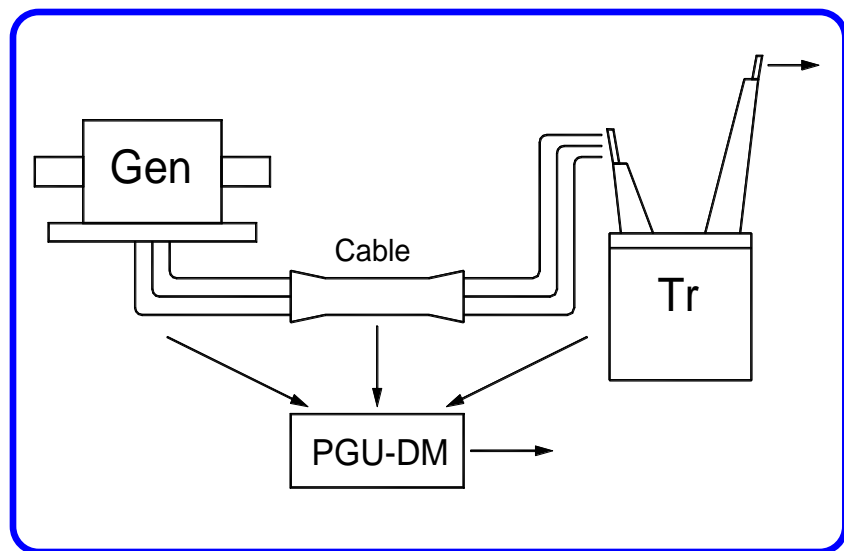
- Система имеет одинаково высокую чувствительность к дефектам, расположенным в любой зоне обмотки статора.

- Благодаря работе первичных датчиков в диапазоне СВЧ система «MDR-3/UHF» имеет наиболее эффективную защиту от помех.

- Благодаря дешевизне, надежности и простоте монтажа электромагнитных антенн, по сравнению с конденсаторами связи, система мониторинга марки «MDR-3/UHF» обладает лучшими технико – экономическими показателями.

Наряду с этими преимуществами система мониторинга технического состояния электрических машин, имеющая марку «MDR-3/UHF», обладает всеми основными положительными свойствами системы марки «MDR», например, наличием встроенной экспертной системы, параметрами обработки, хранения и передачи информации в систему АСУ-ТП, и т. д.

PGU-DM - комплексная система мониторинга изоляции высоковольтного оборудования энергоблока



В состав энергоблока станции всегда входит стандартный комплект высоковольтного оборудования – генератор, трансформатор, и кабель, или токопровод между ними.

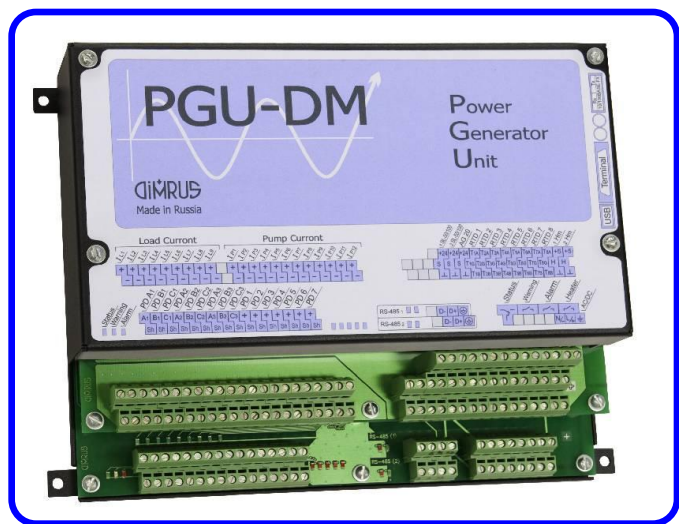
Для мониторинга технического состояния изоляции такого общего комплекса высоковольтного оборудования можно использовать единую систему мониторинга PGU-DM (Power Generator Unit – Diagnostics Monitor)

Система мониторинга марки PGU-DM специально разработана на основе возможностей системы мониторинга марки «MDR», и предназначена для использования в целях мониторинга состояния изоляции высоковольтного оборудования блока электростанции.

Объединение в одном приборе функций контроля состояния изоляции нескольких агрегатов позволяет решать две основные технические и финансовые задачи:

- Обеспечить комплексный диагноз состояния целого объекта.
- Снизить общие затраты на поставку систему мониторинга оборудования энергоблока в несколько раз.

Техническая реализация системы марки «PGU-DM» для комплексной диагностики оборудования энергоблока станции



Система мониторинга состояния изоляции энергоблока «PGU-DM» технически реализована в виде единого электронного прибора, монтируемого в защитном шкафу.

Наиболее часто этот монтажный шкаф устанавливается на стене машинного зала, чтобы сигнальные кабели от датчиков на генераторе, и на блочном трансформаторе, имели примерно одинаковую длину.

Комплект необходимых первичных датчиков выбирается для системы выбирается исходя из требований конкретной реализации системы мониторинга состояния изоляции энергоблока электрической станции, технических параметров генератора и трансформатора.

Информация об итогах диагностирования состоянии оборудования может отображаться при помощи трех сигнальных реле.

Полные данные о техническом состоянии высоковольтной изоляции оборудования энергоблока передаются в информационные системы более высокого уровня по интерфейсам RS-485 (гальванически изолированный), или Ethernet (оптическая линия связи).