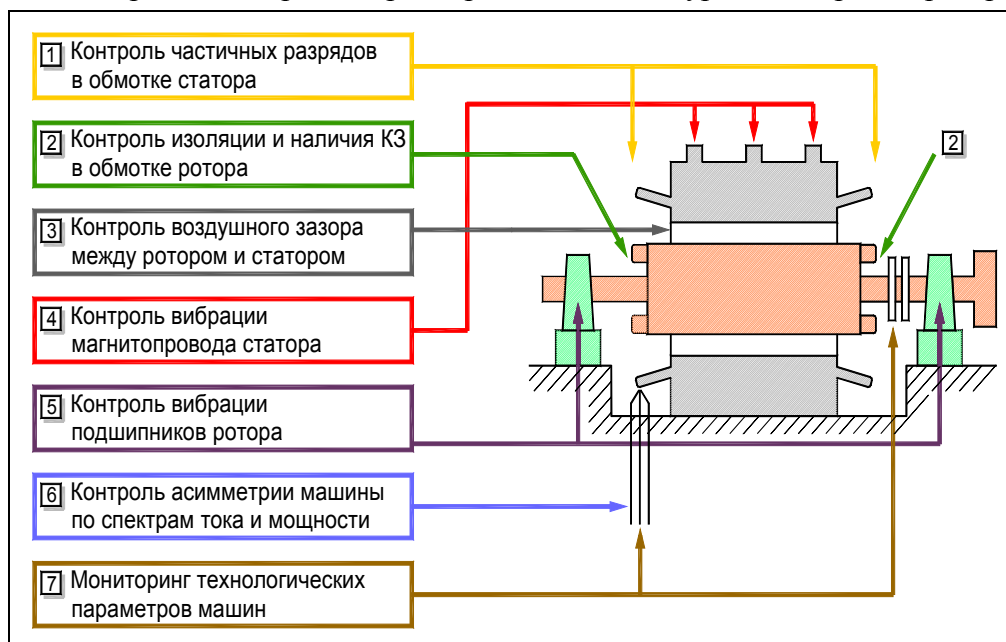


Система «РЕММ» - мониторинг и диагностика технического состояния крупных электрических машин

1. Общее описание системы

Система мониторинга «РЕММ» (**R**otation **E**lectrical **M**achine **M**onitor) предназначена для стационарного контроля параметров состояния турбо и гидрогенераторов, крупных электрических



двигателей переменного тока. Все диагностические средства, реализованные в системе, работают в режиме «on-line», т. е. не требуют остановки электрической машины.

Полный набор методов контроля, реализованный в системе «РЕММ», представлен на рисунке в виде функциональных блоков. В зависимости от

типа, мощности и технологической важности контролируемой электрической машины, набор используемых диагностических методов в системе «РЕММ» может изменяться.

2. Методы диагностики состояния генераторов и двигателей, реализованные в системе «РЕММ»

При помощи технических и программных средств системы «РЕММ» оценка технического состояния генераторов и электродвигателей производится комплексно. При этом используется несколько различных методов контроля состояния подсистем ЭМ, взаимно дополняющих друг друга.

2.1. Контроль состояния изоляции обмотки статора электрической машины

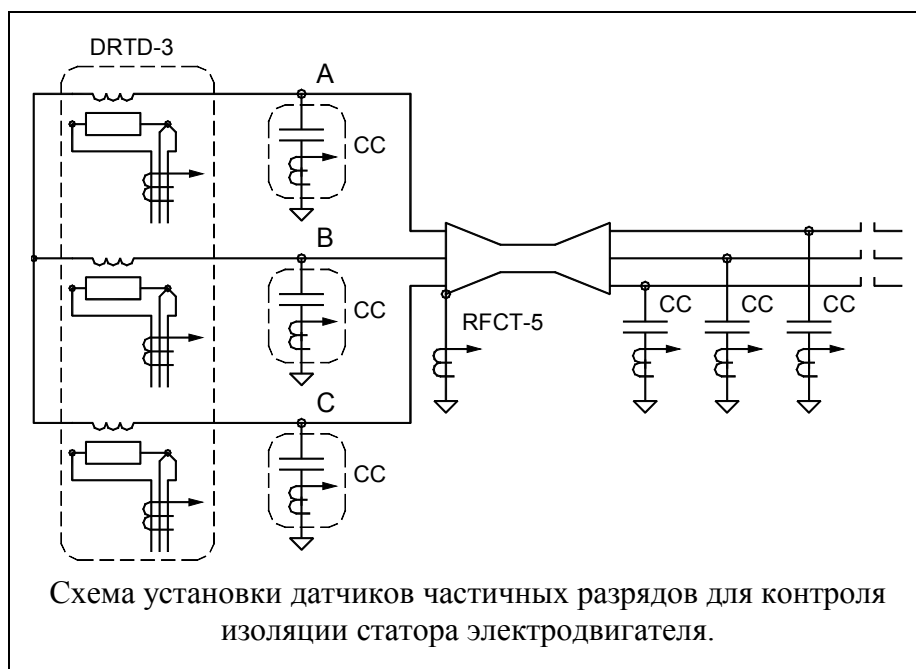
Для контроля состояния изоляции обмотки статора используется метод контроля и анализа частичных разрядов, возникающих в изоляции на самых ранних этапах развития дефектов. Данный метод используется при рабочем напряжении статора 4 кВ и выше.

На рисунке приведен возможный вариант схемы измерения частичных разрядов в статоре электрической машины.

Всего в этой схеме измерения ЧР используется 10 сигналов, получаемых от 8 первичных датчиков трех типов. Это 6 конденсаторов связи, один датчик марки DRTD-3 для контроля частичных разрядов в пазах, и один датчик марки RFCT-4 для контроля частичных разрядов в заземляющей жиле экрана высоковольтного кабеля.

При помощи трех конденсаторов связи, подключенных к входным зажимам обмотки статора, регистрируются импульсы частичных разрядов, возникшие в той части обмотки, которая «примыкает» к входным зажимам. Три дополнительных конденсатора связи, смонтированные на противоположном конце кабеля, предназначены для «разборки» импульсов помехи, поступа-

ющих из внешней части энергосистемы. При этом используется метод «time of arrival». Если подходящая кабельная линия длинная, или выполнена в виде шинпровода, то «второй набор» конденсаторов можно не устанавливать.



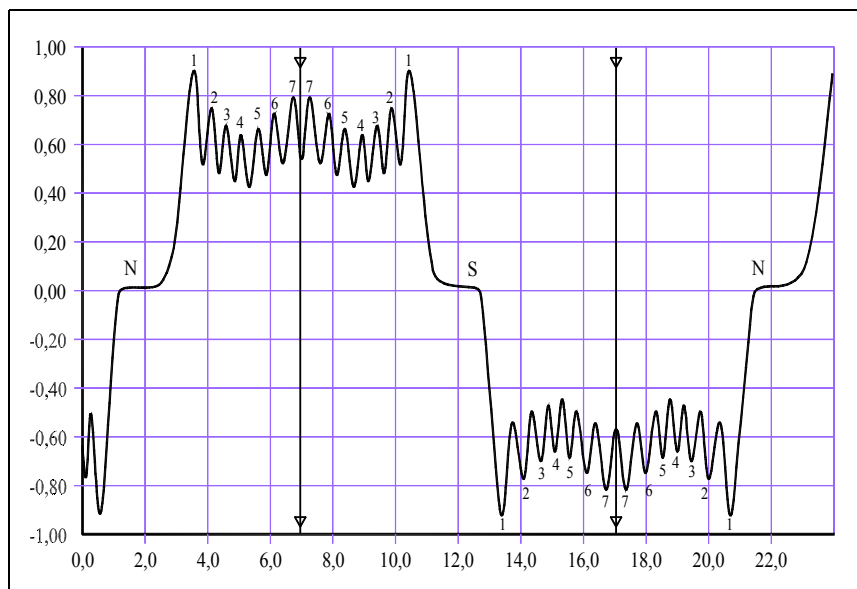
Для повышения достоверности измерений в схеме на рисунке применен трехканальный датчик марки «DRTD-3». Он включается в разрыв цепи термометров сопротивления и монтируется внутри, или рядом с клеммной коробке выводов термосопротивлений на корпусе двигателя. Таких датчиков может быть смонтировано от одного, до четырех, в зависимости от количества термосопротивлений. Установка таких датчиков необходима потому, что одних конденсаторов, установленных

на внешних зажимах обмотки, недостаточно для контроля изоляции всей обмотки. Если импульс ЧР возникает «далеко» от входных зажимов, то он может полностью затухнуть в обмотке, так и не достигнув входных зажимов.

Все датчики частичных разрядов, показанные на схеме, изготавливаются фирмой «Вибро-Центр». В зависимости от типа контролируемого оборудования набор первичных датчиков может быть откорректирован.

2.2. Контроль состояния изоляции ротора электрической машины

Метод используется при анализе состояния обмоток роторов синхронных электрических машин. Для определения состояния изоляции обмотки ротора и определения наличия короткозамкнутых витков производится контроль электромагнитного поля в зазоре генератора.



Для иллюстрации этого метода на рисунке приведен график распределения индукции электромагнитного поля в зазоре турбогенератора. Благодаря тому, что датчик поля монтируется прямо в зазоре, на графике хорошо видны пульсации поля, обусловленные зубчатой структурой ротора.

Если на этом графике появляются искажения поля в районе одного зубца, или одной секции обмотки ротора, то это

обычно говорит о нарушении изоляции паза, или же о наличии короткозамкнутых витков в секции обмотки.

Большое значение для диагностики имеет анализ распределения электромагнитного поля в зазоре при изменении нагрузки электрической машины. При этом удастся дополнительно диагностировать ряд дефектов обмотки ротора синхронной машины.

Контроль состояния обмотки ротора асинхронных машин (определение наличия отгоревших стержней короткозамкнутой клетки ротора) производится на основании анализа спектрального состава потребляемой электродвигателем из сети мощности. Этот метод описан ниже в разделе 2.6.

2.3. Контроль величины воздушного зазора электрической машины

Измерение воздушного зазора осуществляется при помощи емкостных датчиков, монтируемых на внутренней поверхности статора электрической машины. Для большинства электрических машин, кроме крупных гидрогенераторов, достаточно монтировать не более 4 таких датчиков.

Постоянный контроль изменения воздушного зазора, а следовательно и прогиба ротора, позволяет на ранних стадиях выявлять ослабления в роторе, взаимные смещения ротора и статора, и ряд других дефектов.

2.4. Контроль вибрации пакета стали статора

Одной из важных причин, приводящих к ухудшению технического состояния статора Электрической машины, является повышенная подвижность отдельных пакетов магнитопровода. За счет этого происходит истирание изоляции как внутри магнитопровода, так и пазовой изоляции обмотки.

Если производить контроль вибрации магнитопровода статора, то нарушение механической целостности можно достаточно надежно выявить. Это проявляется в спектре вибрационного сигнала увеличением количества и амплитуды высших гармоник, кратных частоте электромагнитной силы, равной 100 (120 в США) герц. Эти гармоники возникают в определенных частотных диапазонах, различных у разных типов и конструкций электрических машин.

В системе «РЕММ» анализируются вибрационные сигналы с трех датчиков, смонтированных на крайних, и среднем пакете магнитопровода. Увеличение амплитуды высших гармоник всегда говорит об увеличенной подвижности элементов статора относительно друг друга.

2.5. Контроль вибрационного состояния подшипниковых узлов электрической машины

Определение технического состояния подшипниковых узлов осуществляется на основании измерения и анализа сигналов с датчиков вибрации, смонтированных на подшипниковых опорах. Методика такого контроля и анализа получаемых сигналов достаточно известна и не нуждается в пояснениях.

Кроме защиты электрической машины по уровню вибрации, диагностики возникших дефектов по спектрам вибрации, в системе «РЕММ» имеется возможность проведения балансировочных работ на основе информации, получаемой с установленных датчиков.

2.6. Контроль электромагнитной асимметрии ротора и статора электрической машины

Контроль наличия электромагнитной асимметрии осуществляется на основании анализа спектра потребляемой (отдаваемой) мощности электрической машины. Способ его реализации очень прост – анализируются графики спектральной плотности соответствующих параметров. Важным при этом является необходимость получения таких спектров с очень высоким частотным разрешением.

Данный метод находит все большее применение для контроля электрических машин, особенно асинхронных. При минимальных затратах он позволяет контролировать состояние клетки ротора, и часть механических дефектов конструкции, наиболее часто встречающихся в практике эксплуатации. К таким дефектам можно отнести износ (наличие дефектов) подшипников качения, небаланс, частично расцентровки, дефекты монтажа.

Это метод полезен и для крупных электрических машин различного исполнения. С его помощью можно, достаточно эффективно, выявлять электромагнитные асимметрии различной природы возникновения.

2.7. Мониторинг технологических параметров электрической машины

В процессе работы система «РЕММ» контролирует основные технологические параметры работы электрической машины. Встроенный в систему регистратор аварийных ситуаций позволяет регистрировать, для дальнейшего анализа, все переходные процессы.

Длительность одной непрерывной регистрации – до 5 минут. Общий объем памяти для хранения позволяет хранить информацию о двух часах переходных процессов, с последующей автоматической перезаписью.

2.8. Необходимость применения различных методов диагностики параметров электрической машины

В приведенной таблице сделана попытка систематизировать необходимость применения тех или иных методов диагностики для контроля параметров электрических машин. За основу взята условная мощность машины, что справедливо в большинстве случаев.

№	Метод диагностики	Мощность машины ▶					
1	Контроль ЧР в обмотке статора			▶			
2	Контроль изоляции и наличия КЗ в роторе					▶	
3	Контроль величины воздушного зазора						▶
4	Контроль вибрации магнитопровода статора					▶	
5	Контроль вибрации подшипников ротора		▶				
6	Контроль спектров мощности и тока	▶					
7	Мониторинг технологических параметров				▶		

Некоторые строчки этой таблицы являются спорными, например, когда следует использовать систему мониторинга параметров. Тем не менее, мы считаем, что данная таблица окажется полезной пользователям при выборе конфигурации диагностической системы для электрических машин.

3. Техническое описание системы «РЕММ»

При помощи технических и программных средств системы «РЕММ» оценка технического состояния генераторов и электродвигателей производится комплексно. При этом используется несколько различных методов контроля состояния подсистем ЭМ, взаимно дополняющих друг друга.

3.1. Модули системы «РЕММ»

Разработанная модульная структура системы «РЕММ» позволяет легко подбирать необходимую конфигурацию системы мониторинга, обеспечивающую для каждой электрической машины оптимальное соотношение параметров цена - свойства.

Все модули системы «РЕММ» имеют одинаковые размеры, и крепятся на общей DIN рейке. Для объединения модулей используется внутренняя шина системы. Набор модулей устанавливается в монтажном шкафу.

В максимальной конфигурации система «РЕММ» собирается из модулей 5 типов:



«М0» – Универсальный блок питания.

«М1» – Главный модуль системы мониторинга, контроль до 20 технологических параметров.

«М2» – Регистратор аварийных процессов, 14 аналоговых и 12 цифровых параметров.

«М3» – Модуль контроля ЧР, до 15 датчиков различного типа.

«М4» – Модуль контроля вибрации - 6 каналов, осевой сдвиг ротора, отметчик фазы.

При необходимости система «РЕММ» может быть дополнена модулем «М5», предназначенным для контроля температуры обмоток и стали статора.

Это делается в случае поставки системы «РЕММ» на новые электрические машины.

Информация, собираемая, и анализируемая системой «РЕММ», легко интегрируется в любую систему АСУ-ТП более высокого уровня, уже имеющуюся у Заказчика, при помощи набора встроенных интерфейсов.

3.2. Программное обеспечение, входящее в поставку системы «РЕММ»

В состав поставки системы «РЕММ» входят два пакета программного обеспечения:

«РЕММ-Монитор» - информационная система для эксплуатационного персонала. Оценка состояния всех систем электрической машины производится при помощи «светофоров» состояния.

«РЕММ-СКИ» - программное обеспечение диагностики и специальных функций. Используется диагностическим персоналом.

3.3. Первичные датчики системы «РЕММ»

В таблице, в качестве примера, приведен перечень первичных датчиков системы «РЕММ», монтируемых на турбогенераторе.

№	Наименование датчика	Назначение	Модуль	Интерфейс
1	Датчик величины воздушного зазора	Контроль зазора	М1	4 ÷ 20 mA
2	Датчик величины воздушного зазора			4 ÷ 20 mA
3	Датчик величины воздушного зазора			4 ÷ 20 mA
4	Датчик величины воздушного зазора			4 ÷ 20 mA
5	Датчик электромагнитной индукции в зазоре	Контроль обмотки ротора		4 ÷ 20 mA
6	Датчик вибрации статора в сечении 1	Контроль подвижности обмотки статора	М1	ICP
7	Датчик вибрации статора в сечении 2			ICP
8	Датчик вибрации статора в сечении 3			ICP
9	Датчик напряжения фазы «А» обмотки статора	Контроль электромагнитной асимметрии электрической машины	М1	U
10	Датчик тока фазы «А» обмотки статора			U
11	Датчик напряжения фазы «В» обмотки статора			U
12	Датчик тока фазы «В» обмотки статора			U
13	Датчик напряжения фазы «С» обмотки статора			U
14	Датчик тока фазы «С» обмотки статора			U

15	Датчик напряжения на роторе	Контроль технологических параметров (плюс к параметрам статора)	M2	U
16	Датчик тока обмотки ротора			U
17	Конденсатор связи СС-20 в фазе «А»	Контроль изоляции обмотки статора	M3	ВЧ
18	Конденсатор связи СС-20 в фазе «В»			ВЧ
19	Конденсатор связи СС-20 в фазе «С»			ВЧ
20	Датчик частичных разрядов DRTD-3 в фазе «А»			ВЧ
21	Датчик частичных разрядов DRTD-3 в фазе «В»			ВЧ
22	Датчик частичных разрядов DRTD-3 в фазе «С»			ВЧ
23	Датчик частичных разрядов RFCT-4			ВЧ
24	Датчик вибрации подшипника «1В»	Вибрационный контроль подшипников	M4	ICP
25	Датчик вибрации подшипника «1П»			ICP
26	Датчик вибрации подшипника «1О»			ICP
27	Датчик вибрации подшипника «2В»			ICP
28	Датчик вибрации подшипника «2П»			ICP
29	Датчик вибрации подшипника «2О»			ICP
30	Датчик осевого сдвига ротора			ICP
31	Датчик синхронизации измерений с ротором			4 ÷ 20 mA

Всего в этом списке 31 датчик. При помощи такого количества датчиков можно достаточно надежно контролировать техническое состояние крупной электрической машины.