



ПЕРГАМ

ДИАГНОСТИКА И ПОИСК ПОВРЕЖДЕНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

BAUR

FRIDA

Компактное устройство
для высоковольтных испытаний
кабелей на сверхнизкой частоте

- Испытание высоковольтных кабелей всех типов, в том числе с изоляцией из сшитого полиэтилена
- Испытание оболочки кабелей
- Локализация мест повреждения оболочки
- Малый вес прибора: всего 19,5 кг

Эксклюзивный представитель BAUR в России и СНГ:

www.pergam.ru

диагностическое
оборудование
и инжиниринг

(495) 682-13-89

(495) 682-70-54

(495) 775-75-25

129085, Москва,
пр-д Ольминского, 3А
Факс: (495) 616-66-14
E-mail: info@pergam.ru

Сервисный центр:
Тел./ф.: (495) 686-05-78
E-mail: support@pergam.ru
<http://www.myservice.ru>

Диагностика изоляционной системы статора в режиме он-лайн

РУДЧЕНКО И. А., БУБНОВ А. В., СТОУН Г., "Бизнес Оптима" — Iris Power LP

Измерение частичных разрядов (ЧР) в рабочем режиме широко используется для определения рабочего состояния изоляции обмоток статора действующих электродвигателей и генераторов. За 15 лет компанией Iris Power LP было собрано более 85 тыс. результатов измерений, выполненных одним и тем же методом на тысячах электродвигателей и генераторов. Был проведен статистический анализ этих данных, и по результатам проверки изоляции более чем в 200 машинах проблема была выявлена уже после визуального осмотра. В настоящее время можно объективно определить "проблемную изоляцию" путем выполнения измерений на работающей машине.

Некоторые результаты статистического анализа оказались неожиданными: распределение ЧР в старых битумных слюдяных изоляциях отличается от их распределения в новых эпоксидных слюдяных изоляциях. Уровень ЧР на статорных обмотках, изготовленных четырьмя ведущими мировыми производителями из девяти за последние десять лет, выше, чем у их аналогов, выпущенных до 1995 г. Это можно объяснить более высокими расчетными напряжениями в современных обмотках.

За последние 15 лет мониторинг ЧР на работающих машинах стал одним из наиболее широко используемых методов определения состояния изоляции статоров электродвигателей и генераторов напряжением от 4 кВ и более. Частичные разряды, известные также как "корона" — это малые электрические разряды, возникающие в местах разрушения изоляции обмотки статора.

Мониторинг ЧР помогает определить следующие проблемы в изоляции статорной обмотки:

- некачественную пропитку изоляции;
- некачественное полупроводниковое покрытие стержней;
- недостаточный зазор между стержнями в лобовой части обмотки;
- разрушение изоляции под действием циклических и температурных нагрузок;
- загрязнение обмотки: масло, грязь и пр.



Рис. 1. Наличие белого порошка в результате высокой активности ЧР в лобовых частях генератора с воздушным охлаждением, когда стержни обмотки разных фаз располагаются слишком близко друг к другу

Ослабленные клинья способствуют возникновению вибрации стержней в пазу под действием электромагнитных сил. Трение стержней о корпус статора приводит к повреждению их изоляции, вызывая тем самым появление ЧР.

Многолетние наблюдения за частичными разрядами в электродвигателях и генераторах показывают, что в диапазоне от 3,3 кВ и более можно прогнозировать возможные повреждения обмоток за несколько лет.

Практика показывает, что при нормальном функционировании электродвигателя, гидрогенератора или турбогенератора, подключенного к энергетической системе, часто наблюдаются электрические помехи (шумы) от коронных разрядов, искрения на шинопроводе некачественных электрических соединений. Эти шумы перекрывают импульсы ЧР, и специалист может сделать ошибочное заключение о высоком уровне ЧР в статорной обмотке. Так, по ложной тревоге обмотка, находящаяся в хорошем рабочем состоянии, признается дефектной.

В 1980-х годах североамериканская энергопромышленность (при помощи Канадской электрической ассоциации и Американского исследовательского института электроэнергии) спонсировала исследовательскую разработку технологии измерения ЧР в режиме он-лайн, которая могла бы осуществляться специалистами любого завода, имеющими средний уровень подготовки. Эта технология позволила очистить импульсы ЧР от шумов. Были разработаны два датчика. Для электродвигателей и гидрогенераторов любых размеров, а также для турбогенераторов до 300 МВт конденсаторы емкостью 80 пФ пропускают ЧР, блокируя переменное напряжение. В таких машинах способы различения шумов зависят от сравнения времени "прибытия" импульса между парой емкостных датчиков емкостью 80 пФ на каждой фазе и от анализа времени нарастания каждого импульса. Для уменьшения помех и снижения риска ложной индикации ЧР фиксируются датчиками на частотах от 40 МГц и выше.

Для каждого крупного турбогенератора, в котором наблюдается высокий уровень помех от энергетической системы, равно как и относительно безвредное искрение, которое может возникнуть на корпусе статора, был разработан специальный датчик SSC, устанавливаемый в пазу статора. Он "освобождает" ЧР от помех по форме импульса.

Специалисты предприятия с помощью датчика и переносного прибора (PDA-IV или TGA) могут самостоятельно оценить состояние обмотки статора, не останавливая машину для профилактического осмотра. Обычно тестирование осуществляется 2 раза в год, при этом на каждую машину затрачивается 30 мин в процессе нормальной рабочей нагрузки. Датчики помогают определить вероятность возникновения проблем в обмотке по меньшей мере за два года до наступления события. На предприятиях Северной Америки свыше 50 % всех гене-

раторов мощностью 20 МВт и более в обязательном порядке оснащены датчиками ЧР. В общей сложности датчиками ЧР оснащены свыше 8000 машин. Данная технология широко применяется в нефтехимической, химической, горнодобывающей, бумажной отраслях промышленности и металлургии — там, где используются мощные электродвигатели.

Все результаты тестов (85 тыс.) примерно с 1992 г. и до конца 2006 г. сведены в единую базу данных (БД). В ней содержится большое число повторных тестов, проводившихся иногда через много лет и при различных условиях работы машин. Это могло повлиять на активность ЧР и изменить данные анализа. Подобное обстоятельство заставило значительно упростить БД:

- зарегистрированы только данные тестирования в режиме он-лайн, полученные в процессе нормальной работы машины при полной или почти полной нагрузке и нормальной рабочей температуре;
- вводится только один результат теста (т.е. считаются лишь последние данные);
- тест не регистрируется при малейшем подозрении на неверный результат измерения.

Таким образом, к единой БД применен простой статистический анализ в целях извлечения информации, способной помочь пользователям определить не только разрушения изоляции на начальной стадии, но и указать электродвигатели и генераторы с поврежденной изоляцией статора. Таким образом, облегчается планирование требуемых текущих ремонтов.

Как и в большинстве систем измерения, в мониторинге ЧР фиксируются число и величина импульсов, позиция фазы относительно частот 50 и 60 Гц переменного цикла, при этом импульсы ЧР отделены от помех.

Значение импульса измеряется в милливольтгах (мВ). Из каждого теста извлекаются два общих суммарных показателя, представляющих все данные по импульсам ЧР. Максимальное значение позитивных и нега-

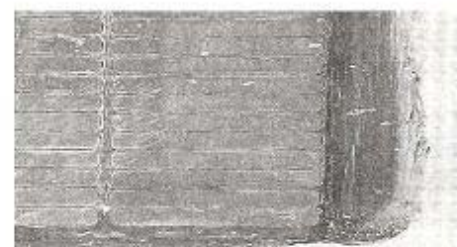


Рис. 2. Разрушения при циклических нагрузках

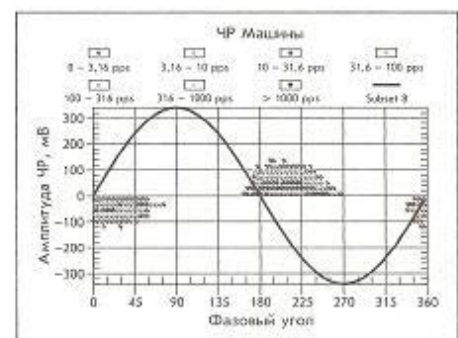


Рис. 3. Типичная схема ЧР одной фазы статорной обмотки электродвигателя

тивных ЧР ($+Q_m$ и $-Q_m$) характеризует наивысший уровень ЧР, измеряемый с минимальным диапазоном 10 имп/с. Значение показателя Q_m обоснованно свидетельствует о состоянии изоляции статора. Если при тестировании на одной обмотке зафиксировано более высокое значение Q_m , а при аналогичном тестировании на другой обмотке значение Q_m ниже, значит, первая обмотка имеет более сильные повреждения.

На рис. 3 представлены типичные данные по ЧР одной фазы в соответствии с переменным циклом 60 Гц. Вертикальная шкала показывает позитивные и негативные значения ЧР. В схеме отражено возможное число разрядов в секунду при определенной величине и позиции фазы. Чем выше значение Q_m , тем больше дефект изоляции. Как видно из рис. 3, максимальные значения Q_m для данной фазы -400 мВ и $+200$ мВ.

Диапазон Q_m по результатам всех тестов для определенного рабочего напряжения был установлен для каждого из упомянутых факторов. Общая версия статистического распределения показана в таблице. Например, для статора гидрогенератора 13,8 кВ или генератора наливного водохранилища по результатам тестов 25 % показателей Q_m были ниже 38 мВ, 50 % — ниже 96 мВ, 75 % — меньше 194 мВ и 90 % — меньше 392 мВ. Так, если показатель Q_m достигает 500 мВ на гидрогенераторе 13,8 кВ, то существует вероятность разрушения изоляции обмотки статора, поскольку уровень

частичных разрядов в 90 % случаев превышает показатели, полученные на подобных машинах, прошедших тест. Фактически значительные повреждения изоляции наблюдались на 220 машинах. По результатам испытаний составлена таблица значений Q_m , мВ, для гидрогенераторов различного напряжения, кВ, с датчиками 80 пФ.

С помощью таких таблиц владельцы электродвигателей и генераторов имеют возможность оценить наличие проблемы со статорной изоляцией. Если полученный уровень ЧР выше уровня в 90 % подобных машин, прошедших тест, то возникает необходимость либо проведения испытаний на остановленной машине, либо визуального контроля. В приборах для постоянного мониторинга будет установлен уровень аварийной сигнализации, соответствующий уровню ЧР, полученному у 90 % машин.

Выводы

1. Метод мониторинга ЧР в режиме он-лайн стал признанным и испытанным способом помощи техническим специалистам в выявлении дефектов статорных обмоток, требующих тестирования машины, выведенной для профилактического осмотра, проверки или ремонта.

2. По результатам более чем 85 тыс. тестов с использованием тех же методов анализа была определена причина низкого, среднего и высокого уровня ЧР, возникающих в обмотках статора. Статистические таблицы помогают пользователям точно определить статоры, находящиеся в крити-

ческом состоянии в результате повреждения корпусной изоляции, с помощью простого теста без остановки машины. Подобные таблицы существуют также для турбинных генераторов с водородным охлаждением.

3. Практическая важность таблиц состоит в том, что при использовании датчиков ЧР на машине сразу при первом же тесте можно получить показатель Q_m , превышающий 90 %-ный уровень релевантного распределения Q_m , и тогда прежде, чем что-то предпринимать, необходимо удостовериться в правильности полученного уровня ЧР путем более частых испытаний или проведения тестов на остановленной машине. Некоторые новые машины, выпущенные в последние 10 лет, имеют более высокий уровень активности ЧР, нежели машины с более "старым" сроком эксплуатации. Новейшие машины не всегда имеют более надежную изоляцию.

4. Повреждение изоляции обмотки статора было подтверждено на 220 машинах, прошедших переобмотку и ремонт, в которых по результатам теста в режиме он-лайн был выявлен высокий уровень ЧР. Ремонт этих машин и оснащение их новыми обмотками обошелся сервисным организациям в 1 млн дол.

E-mail: abubnov@irispower.com,
gstone@irispower.com,
rudchenko@optima-group.ru



ЭнергоАудит

ЭКСПЕРТНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Инспекционный контроль и экспертиза деятельности в области промышленной безопасности, безопасности объектов электроэнергетики, строительства.

- Независимый орган по аттестации персонала (НОАП)
- Независимый аттестационно-методический центр (НАМЦ)
- Экспертная организация (ЭО)
- Инспекционная организация (ИО)
- Испытательная лаборатория (ИЛ, ЗЛ)

Россия, 111545, Москва, ул. Дублянская, 59, к.2, стр.1, тел.: +7 (495) 229-99-21, факс: +7 (495) 229-00-12, www.enaudit.ru, info@enaudit.ru

Свидетельства Рособоронзащиты об аккредитации №№ АП-000001, АП-000002, АП-000004, АП-000005, АП-000007