

Отзыв на статью

Ю. Д. Виницкого и О. С. Голодной

«Внутренние эксплуатационные воздействия на высоковольтную изоляцию в пазах статоров генераторов»

Статья достаточно глубокая с точки зрения рассмотрения процессов, возникающих при разрушении высоковольтной изоляции статорной обмотки от внутренних эксплуатационных воздействий. Однако на некоторых вопросах хотелось бы заострить внимание.

В статье рассмотрен весьма важный вопрос о нормативах, по которым должны оцениваться результаты измерений частичных разрядов (ЧР) и выявляться признаки ухудшения состояния пазовой изоляции статоров. Что касается ГОСТ IEC/TS 60034-27-2-2015, то на сегодняшний день это практически единственный документ, в котором дано общее представление о том, что такое частичный разряд, как проводить измерение ЧР, как подходить к интерпретации измерений, какие существуют системы контроля, диапазоны измерения ЧР и т. д. Данный документ необходимо изучить и использовать в работе.

Когда мы говорим об онлайн-измерениях ЧР, которые возникают в процессе работы вращающейся электрической машины, то в основном используются высоковольтные конденсаторы и датчики антенного типа. Существуют три основных диапазона измерения ЧР: низкочастотный (НЧ, до 3 МГц), высокочастотный (ВЧ от 3 до 30 МГц) и очень высокие частоты (ОВЧ, 30 – 300 МГц). Следует отметить, что офлайн-измерения рекомендуется проводить в НЧ-диапазоне.

При онлайн-измерениях ЧР статорной обмотки включённых в сеть вращающихся электрических машин могут использоваться все диапазоны, но измерения в ОВЧ-диапазоне имеют некоторые преимущества в соотношении сигнал/шум. Также для измерения ЧР в турбогенераторах (ТГ) в ОВЧ-диапазоне используется конфигурация из двух датчиков, для того чтобы отделить электромагнитный шум аппаратными и про-

граммными способами (ГОСТ IEC/TS 60034-27-2-2015, разд. 5.4).

Для оценки состояния статорной обмотки сначала необходимо осуществить базовое измерение ЧР с последующим проведением измерений в течение шести месяцев (минимум) для получения информации, достаточной для построения тренда (БД). При этом, согласно ГОСТ 60034-27-2-2015 (разд. 11.2), для сбора данных необходимо использовать одну и ту же измерительную систему ЧР, так как данные разных измерительных систем несовместимы. В качестве основного критерия оценки состояния изоляции статорной обмотки должны приниматься параметры тренда ЧР (обычно Q_m). Это достаточно чётко сформулировано в ГОСТ 60034-27-2-2015 (разд. 11.2):

«Если состояние изоляции стабильно в течение времени без значительного старения, тогда наблюдаемые параметры тренда также остаются стабильными. Однако, если во время работы происходит старение изоляции, тогда, например, Q_m обычно возрастает. Удвоение Q_m за год может служить указанием на то, что произошло существенное старение обмотки. Это является основанием для дополнительных испытаний включённой в сеть машины или визуального контроля изоляции.» Полученные значения ЧР (Q_m) разных фаз можно сравнивать между собой. Так же можно сравнивать данные, полученные для различных машин одинаковой конструкции.

Что касается машин большой мощности, существует проблема ложной индикации на ТГ мощностью более 200 МВт в силу конструктивных особенностей. По словам известного канадского специалиста Грегга Стоуна: «Когда мы начали применять ёмкостные датчики на машинах с водородным охлаждением, то обнаружили, что у нас был вы-

сокий процент (>30 %) ТГ, в которых обмотка была классифицирована как имеющая проблемы с изоляцией, хотя на самом деле обмотка была хорошей. Как сейчас хорошо известно, в машинах с воздушным охлаждением ЧР по крайней мере в 10 раз выше, чем ЧР в машинах с водородным охлаждением высокого давления. Это сделало отношение сигнал/шум низким в машинах с водородным охлаждением и, следовательно, увеличило частоту ложных показаний... После разработки датчиков антенного типа около 2000 ТГ, в основном с водородным охлаждением, были оснащены датчиками ЧР». Данная разработка позволила эффективно использовать системы контроля ЧР для машин большой мощности.

Мой личный опыт показал, что измерения ЧР, выполненные на ТГ с водородным охлаждением с использованием ёмкостных датчиков, очень сложно интерпретировать.

Хочу обратить внимание на ГОСТ ISO 20958-2015 «Сигнатурный анализ электрических сигналов трёхфазного асинхронного двигателя». Несмотря на название, связанное с электродвигателями, для ТГ может быть использован предложенный в этом документе (разд. 4.5) алгоритм определения дефектов изоляции путём анализа ЧР по расположению импульсов относительно фазы цикла напряжения по определённым углам.

Какую систему мониторинга ЧР использовать, можно решать самостоятельно применительно к конкретному ТГ. Достоверной можно считать ту систему, для которой после возрастания тренда ЧР в два и более раза будет подтверждено наличие дефекта в изоляции статорной обмотки во время визуального осмотра и электрических испытаний.

В заключение следует отметить перспективность разработки алгоритмов совместного анализа тренда ЧР и режимных параметров ТГ, включая сопутствующие параметры (температура, нагрузка, влажность), с практическим применением после соответствующих исследований и испытаний.

РУДЧЕНКО И. А.

ООО «БО-ЭНЕРГО. АСТС», Москва
rudchenko@bo-energo.ru

