



Типовые электрические испытания на обмотках статора

Цель этого документа — дать обзор наиболее распространенных методов электрических испытаний, их возможностей и ограничений. Эти испытания являются обычной практикой для большинства инженеров-испытателей во всем мире, и, кроме того, они упоминаются в международных стандартах. В этом документе будут рассмотрены следующие четыре метода испытаний:

- > Измерение сопротивления изоляции постоянному напряжению
- > Измерение индекса поляризации (PI)
- > Испытание на устойчивость к высокому напряжению
- > Измерение сопротивления обмотки

Измерение сопротивления изоляции постоянному напряжению

Чтобы получить общее представление о состоянии изоляции, выполняется измерение сопротивления изоляции постоянному напряжению. С помощью этого простого испытания можно обнаружить серьезные проблемы с изоляцией. Кроме того, испытание позволяет оценить состояние поверхности обмотки путем сравнения данных предыдущих измерений.

Сопротивление изоляции — это отношение приложенного к изоляции постоянного напряжения к полному результирующему току в данный момент времени:

$$IR \text{ (Сопротивление изоляции): } U_{\text{исп.}} / IT_{\text{(пол.)}}$$

Полный результирующий ток (IT) можно представить как сумму четырех различных токов:

- > Ток поверхностной утечки (IL)
- > Ток заряда геометрической емкости (IC)
- > Ток проводимости (IG)
- > Ток смещения (IA)

Индекс поляризации (PI)

Индекс поляризации (PI) является производным параметром от результатов измерения сопротивления изоляции. Этот параметр представляет собой простое значение, которое дает приблизительное представление о состоянии изоляции. Он определяется как отношение значения 10-минутного сопротивления к значению 1-минутного сопротивления.

Для значения PI существуют рекомендуемые пределы в зависимости от теплового класса системы изоляции. Это не отменяет необходимости знать систему изоляции и ее типичное поведение. Как и для любого испытания, пофазное сравнение (если возможно) или сравнение результатов измерения с предыдущими является наиболее эффективными методами определения состояния изоляции.

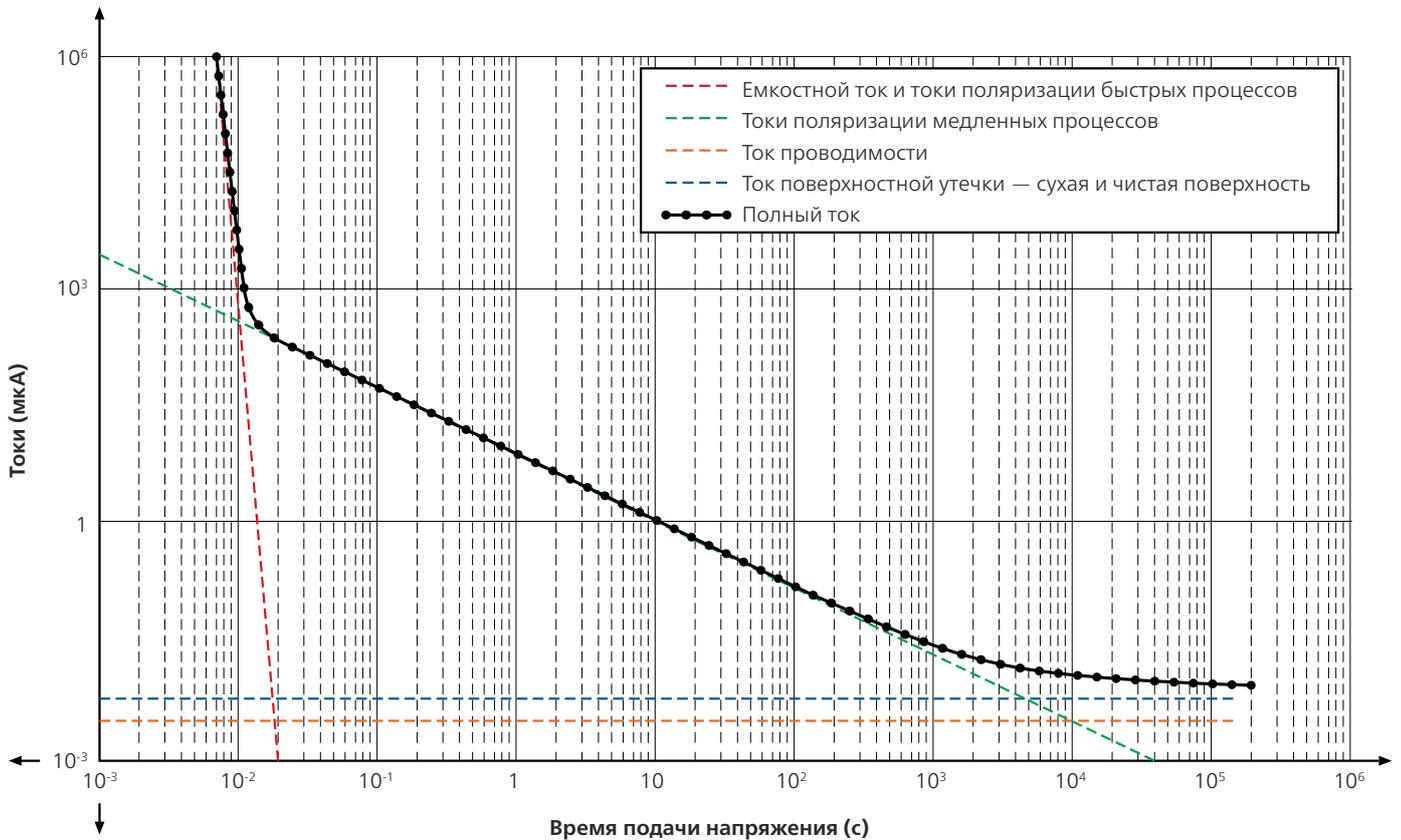


Рис. 1: Зависимость тока от времени подачи напряжения. Типичное поведение сухой и чистой обмотки на основе синтетической смолы (шкала логарифмическая); Источник: IEC 60034-27-4:2018

Преимущества измерения сопротивления изоляции постоянному напряжению:

- > Простота подключения
- > Возможность обнаружения крупных дефектов

Недостатки измерения сопротивления изоляции постоянному напряжению:

- > Значительная продолжительность испытания
- > Измерение постоянного тока: распределение напряжения отличается от рабочего
- > Одиночные дефекты не обнаруживаются

Испытание на электрическую прочность изоляции (АС)

Испытание на электрическую прочность — это испытание переменным напряжением с простыми критериями прохождения/непрохождения. Испытание проводится в течение определённого времени при переменном напряжении, обычно превышающем номинальное. Если испытуемое устройство выдерживает напряжение в течение этого времени, испытание считается пройденным.

Цель испытания — выявить возможные слабые места в электрических условиях, схожих с нормальной работой (напряжение АС). Эти слабые места не всегда можно обнаружить с помощью других испытаний. Если испытания привели к пробое, то перед повторным вводом в эксплуатацию участок обмотки необходимо отремонтировать.

Хотя это испытание относится к потенциально разрушающим, все же эффективность этого метода для выявления слабых мест очень высока. Поскольку мощность при испытаниях сравнительно меньше энергии при эксплуатации, повреждения, возникшие во время испытания, будут только локальными. Поскольку испытание проводится во время планового технического обслуживания, устранение возникающих повреждений не приводит к дополнительным простоям машин.

Измерение сопротивления обмотки/контактов постоянному току

Измерение сопротивления обмотки постоянному току выполняется на заводе или во время ввода машины в эксплуатацию, чтобы проверить расчетные потери и наличие проблем с пайкой или контактами. Испытания сопротивления обмотки также проводятся при регламентных испытаниях.

Это надёжный способ обнаружения проблем с контактами в обмотках, соединительных шинах полюсов и полюсных обмотках. Например, низкая надежность контактов из-за плохой пайки является серьезной проблемой, особенно в старых машинах.

Преимущества испытания на электрическую прочность (АС):

- > Простота оценки (критерии «Да»/«Нет»)
- > Распределение напряжения в изоляции не отличается от рабочего
- > Обнаруживаются «скрытые точки»

Недостатки испытания на электрическую прочность (АС):

- > Потенциально разрушающее испытание
- > Значительные усилия для проведения

Постоянный ток подается в обмотку статора и при этом измеряется падение напряжения. Из-за высокой индуктивности обмотки статора значение силы тока следует регистрировать после его стабилизации. Сопротивление обмотки рассчитывается по формуле $R_{изм.} = U_{исп.} / I_{исп.}$. Из-за низкого сопротивления обмоток (диапазон мкОм) необходимо использовать 4-проводную схему измерения, как показано на рис. 2. В противном случае контактное сопротивление исказит результат измерения. Чтобы иметь возможность сравнивать результаты измерений, необходимо скорректировать значение сопротивления по температуре (согласно действующему стандарту IEC/IEEE).

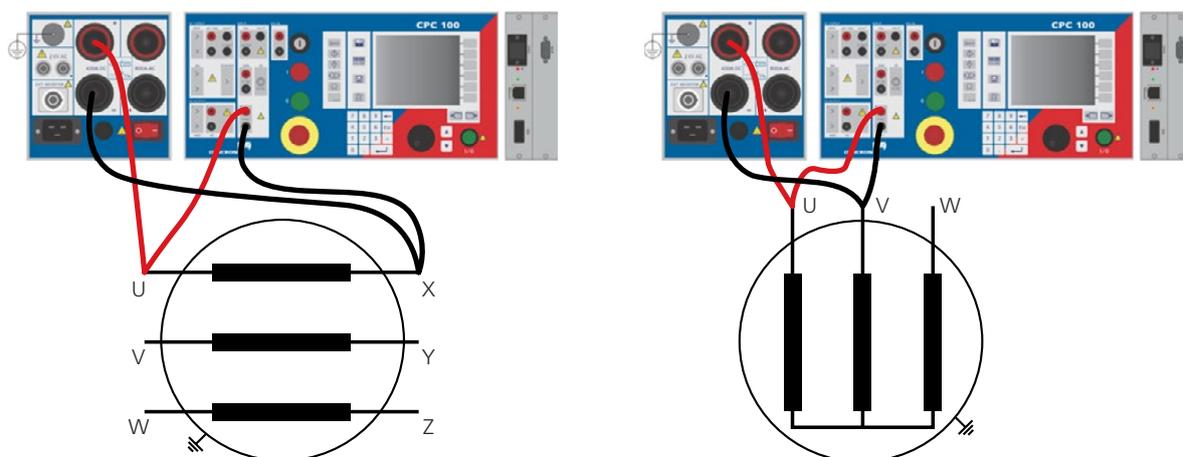


Рис. 2: Четырехпроводная схема измерения сопротивления обмотки статора постоянному току с собранной (слева) и разобранной (справа) звездой.