

6. IGBT-транзисторы. Устройство и работа. Параметры и применение // Электросам.ру. 2022. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/igbt-tranzistory/> (дата обращения: 04.11.2022).
7. IGBT-транзистор. Биполярный транзистор с изолированным затвором // Go-radio. 2022. URL: <https://go-radio.ru/igbt-transistor.html> (дата обращения: 04.11.2022).

Научный руководитель: к.т.н. Я.К. Старостина, доцент кафедры ЭП и АПУ УлГТУ.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.Н. Павлов

Томский политехнический университет
ИШЭ, ОЭЭ, группа 5АМ18

Высоковольтные испытания используют, чтобы экспериментально определить качественные или количественные характеристики свойств испытуемого объекта. Данные испытания, проводятся с определённой достоверностью и точностью, чтобы определить технического состояния электрооборудования. Проводятся при условии подачи либо возникновении на оборудовании следствием обратной трансформации напряжения 1000 В и выше.

От точности проводимых высоковольтных испытаний зависит насколько точно экспериментально можно определить срок службы оборудования. Для этого постоянно создаются новые методы высоковольтных испытаний и их улучшение.

Пучок ярких искровых каналов представляет собой искровой разряд. Под действие разряда вещество электродов активно испаряется, что приводит к тому, что в состав плазмы заполняющей эти каналы входят не только ионы исходного газа.

Для электроизоляционных материалов и изделий, если они применяются в электрической аппаратуре, важны такие свойства как время противостоянию воздействию дугowych, искровых или коронных разрядов, так как они могут приходиться в соприкосновение. Основными материалами для электроизоляционных элементов являются композиционные материалы органического и неорганического происхождения. При взаимодействии материала и дуги будет происходить частичное разрушение материала на поверхности, что приводит к изменению его характеристик, так же наблюдаются такие последствия как: частичное прогорание материала в месте воздействия дуги, уменьшение массы, увеличение поверхностной электрической проводимости и другие процессы.

Иногда во время эксплуатации на электроизоляционный материал воздействует не дуговой, а искровой разряд по поверхности, что приводит к неравномерному нагреванию, а в случае некоторых материалов и к эрозии. Искровой разряд может привести к пробое изоляции или серьезному повреждению. Под искростойкостью понимают способность электроизоляционного материала противостоять в течении определенного времени разряду в искровой форме по поверхности, сохраняя требуемые физические и электрические свойства, в частности электрическую прочность.

Способность материалов противостоять разряду связано со способностью образовывать проводящие мостики под воздействием электрического искрового разряда по поверхности, что приводит к тому, что дуга не может в тело электроизоляционного материала.

Для определения искростойкости и дугостойкости материала используют различные испытания, так как характер воздействий на образец отличается. При определении искростойкости на материал должен непрерывно воздействовать поток искр вдоль поверхности, не переходящих в дугу. Для этой цели предусматривается такое дополнительное активное или реактивное сопротивление, которое подключается последовательно со вторичной обмоткой повыша-

ющего трансформатора, при котором выполняется это условие. В случае испытания материалов, их оценка производится качественно, т. е. оценивается их состояние по истечению времени приложения испытательного напряжения.

Метод испытания на короностойкость.

Метод характеризует устойчивость поверхности материала к воздействию коронного разряда.

Основа метода в том, что на образце создается корона и поддерживается до пробоя образца.

Параметрами, используемыми для сравнительной оценки материалов в условиях короны служат: начальное напряжение короны U_a – минимальное напряжение, при котором наблюдается корона; критическое напряжение короны $U_{кор}$ – напряжение, при котором процесс заканчивается пробоем образца через определенное для данных условий испытаний время $t_{кор}$; время $t_{кор}$ – время от начала воздействия короны до момента пробоя.

Материалы могут классифицироваться в зависимости от характеристики $U_{кор}(t_{кор})$ или $E_{кор}(t_{кор})$, где

$$E_{кор} = E - m l g t_{кор}, \quad (1)$$

где E – электрическая прочность диэлектрика при плавном подъеме напряжения.

Для построения характеристики следует снять ряд точек при разных значениях $E_{кор}$. Испытания начинают с наибольшего значения $U_{кор}$ и затем уменьшают его до значения, несколько превышающего U_a . При каждом значении напряжения зажигания короны испытывается 10 образцов и берется среднее значение $t_{кор}$. По результатам испытаний строят график $E_{кор}(l g t_{кор})$, на основании которого определяется коэффициент m .

Порядок работы

1. Собрать электрическую схему экспериментальной установки для проведения испытаний материалов на постоянном напряжении (рисунок 1).

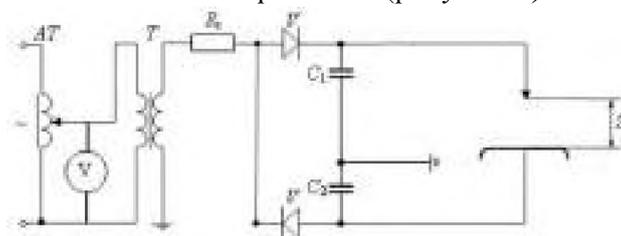


Рис. 1. Электрическая схема установки для опыта на постоянном напряжении (двухполупериодная схема):

T – высоковольтный трансформатор; AT – автотрансформатор; R_z – защитное сопротивление; S – межэлектродное расстояние; C – конденсатор; V – выпрямитель

2. Для 3–5 значений межэлектродного расстояния выполнить пробой воздушного промежутка системы электродов «острие – плоскость», и измерить значения пробивного напряжения $U_{пр}$.

3. Подготовить образцы испытуемых материалов, зафиксировать их исходные параметры и состояние до проведения опытов.

4. Зафиксировать на электроде «плоскость» испытуемый материал и выставить значение межэлектродного расстояния аналогично п.п. 3.

5. Производится повышение напряжения до тех пор, пока не произойдет пробой промежутка с используемым материалом, и записывается значение $U_{пр}$. Ввиду того что диэлектрическая проницаемость испытуемого материала много больше чем у электрода, то перекрытие промежутка будет происходить по поверхности изоляционного материала в непокрытые им места электрода, что имитирует воздействие искровых разрядов.

6. Испытание продолжается в течении 5 минут, после которого производится качественная оценка состояния материала.

7. Испытания, указанные в п.п. 4–6 проводится для 3–5 значений межэлектродного расстояния. В случае если испытуемый материал поврежден, перед продолжением эксперимента необходимо заменить образец на новый.

8. Выбирается следующий материал и производится повторение действий, указанных в п.п. 3–7.

9. Собрать электрическую схему экспериментальной установки для проведения испытаний материалов на переменном напряжении (рисунок 2).

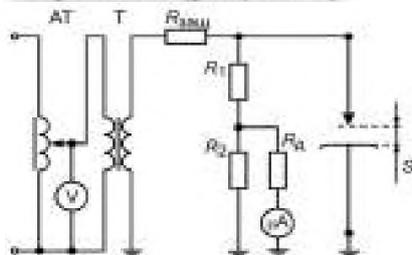


Рис. 2. Электрическая схема установки для опыта на переменном напряжении:
AT – автотрансформатор; T – высоковольтный трансформатор; R_д – добавочное сопротивление;
R_{зщ} – защитное сопротивление; R₁, R₂ – высоковольтный омический делитель; V – вольтметр,
μA – микроамперметр; S – межэлектродное расстояние

10. Производится повторение шагов, указанных в п.п. 3 – 8, с использованием схемы для испытаний на переменном напряжении.

Испытания электроизоляционных материалов и изделий на стойкость к воздействию всех видов ионизационных процессов, которым они подвергаются в течение всего срока эксплуатации один важнейших этапов создания надежной и безотказной конструкции. В результате выполненных и описанных выше исследований усовершенствована методика высоковольтных испытаний электроизоляционных материалов на стойкость к негативному воздействию короны, искрового и дугового разрядов. Усовершенствованная методика позволит осуществить отбраковку заведомо ненадежных материалов на этапе испытаний и избежать использования ненадежных с точки зрения электрической прочности материалов в производстве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. А. Воробьев, Техника высоких напряжений. – Москва - Ленинград, ГосЭнергоИздат, 1945.
2. Бутенко В.А. Техника высоких напряжений: учебное пособие/ В.А. Бутенко, В.Ф. Вазюков, Ю.И. Кузнецов, Г.Е. Куртенков, В.А. Лавринович, А.В. Мытников, М.Т. Пичугина, Е.В. Старцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 118с.
3. ГОСТ 10345.1-78 Материалы электроизоляционные твердые: Метод определения стойкости к действию электрической дуги малого тока высокого напряжения.
4. Казарновский Д.М., Тареев Б. М. Испытание электроизоляционных материалов и изделий: Учебник для техникумов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергия. Ленингр. отделение, 1980. – 216 с., ил.
5. Земсков Ю.П., Квашинин Б.Н., Дворянина О.П. Конструкционные упаковочные материалы: Учебное пособие. – 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 248 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
6. Куртенков Г.Е. Высоковольтные испытания изоляции: Учебное пособие. Предназначено для магистров по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 91 с.

7. ГОСТ 27473-87 (МЭК 112-79) Материалы электроизоляционные твердые: Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекинговости во влажной среде.

Научный руководитель: к.т.н. А.В. Мытников, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ДО ПРОБОЯ СТЕКЛОВОЛОКНИСТОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ МОДУЛИРОВАННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

С.В. Колесников, П.А. Петренко, Ю.С. Талдыкина
Томский политехнический университет
ИШЭ, ОЭЭ, группа 5АМ18

Высокая нагревостойкость и надежность в эксплуатации проводов со стекловолоконной изоляцией подтверждает их применение при создании обмоток электрических машин, которые могут использоваться в тяжелых условиях (тяговые, крановые, шахтные, металлургические, а также сухие трансформаторы). Межвитковая изоляция таких обмоток является важным элементом, главным образом, обеспечивающим необходимую надежность всей электрической машины.

В последнее время широкое распространение получил частотный метод управления электроприводами переменного тока. Его работа основана на коммутации полупроводниковых ключей по закону широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Этот метод позволяет плавно и точно регулировать скорость вращения асинхронного электродвигателя (АД). Опыт эксплуатации также показывает негативные моменты, которые могут быть вызваны применением частотного регулирования. Используемые полупроводниковые ключи в регулируемых электроприводах имеют высокую скорость коммутации (порядка десятков микросекунд). Как правило, на обмотку статора подаются импульсы прямоугольной формы, которые вызывают протекание волновых процессов в обмотке и питающем кабеле. Такие процессы сопровождаются импульсными перенапряжениями в изоляции статора, что может плохо сказываться на изоляцию обмотки [2], в первую очередь межвитковую. Эти процессы приводят к возникновению коронных разрядов в обмотке, что приводит к ускорению процессов электротермического старения и выводу изоляции из строя. В сегодняшние дни в современной технической литературе имеется недостаток информации касательно опыта использования обмоточных проводов со стекловолоконной изоляцией в системах с частотным регулированием.

Определение способности систем межвитковой изоляции выдерживать такие нагрузки позволит дать рекомендации по применению обмоточных проводов со стекловолоконной изоляцией в обмотках специальных электрических машин с частотным регулированием. Критерием оценки может служить среднее время до пробоя испытываемых образцов при действии электротепловых нагрузок, характерных для работы асинхронного двигателя в системах частотно-регулируемого электропривода (ЧРП). Так как изоляция из стекловолокна недостаточно эластична, то рекомендации по эмалированным проводам неприемлемы: изготовление скруток приводит к нарушению изоляционного слоя и быстрому пробоем образца [3]. В работе предложено в качестве образцов использовать попарно увязанные отрезки обмоточного провода. Были изготовлены образцы двух типов: прямые отрезки и отрезки, свернутые в форму кольца (рисунки 1).

Оценивалось среднее время до пробоя образцов обмоточных проводов в состоянии поставки и в сочетании с пропиточными составами. Режимы отверждения соответствовали нормативно-технической документации на пропиточный состав. Определение стойкости к действию модулированного напряжения проводилось по методике [2] на учебном лабораторном стенде.