

ПРОЦЕССЫ СТАРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Кравченко Галина Алексеевна

к.т.н., доцент

Макаров Алексей Михайлов

к.т.н., доцент

Михайлов Алексей Алексеевич

студент

Смирнова Мария Юрьевна

студентка

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

Аннотация. Надежность электрической изоляции является одним из основных показателей, определяющих безаварийность работы электротехнических устройств во время эксплуатации. Долговечность обмоток электрических машин, трансформаторов, дросселей и другой аппаратуры определяется общим состоянием изоляции.

При работе в сложных и неблагоприятных условиях, изоляция всегда должна сохранять свои качества не ниже нормативных требований. Различные внешние воздействия во время эксплуатации, условия хранения и транспортировки вызывают снижение свойств изоляционных материалов устройств с течением времени.

В статье анализируются основные факторы, влияющие на старение изоляции.

Ключевые слова: старение изоляции, срок службы изоляции, снижение качества электрической изоляции.

Важные характеристики.

1. Электрическая прочность, является одной из основных характеристик изоляции и определяет надежность работы электротехнических устройств в процессе эксплуатации. На величину электрической прочности в значительной мере оказывают влияние многие факторы. К ним относятся: температура, влажность, механические нагрузки, агрессивные среды и т.д.
2. Электрические характеристики, такие как удельное объемное и поверхностное сопротивление, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, и др. определяют области применения конкретных материалов в электротехнических устройствах.
3. Теплопроводность изоляции характеризует свойство отводить тепло от локальных точек

нагрева: внутренних объемов многослойных обмоток трансформаторов, жил силовых кабелей и т.д. Чем выше теплопроводность изоляции, тем меньше локальный перегрев внутри нее и вероятность развития теплового пробоя.

4. Химический состав изоляции в значительной мере определяет безотказную работу устройства в течение срока эксплуатации. Нарушение стехиометрического состава может существенно снизить надежность работы изоляции.
5. Механические характеристики диэлектриков такие как: эластичность, прочность на разрыв, сжатие, изгиб, кручение, вибростойкость в значительной мере определяют срок службы изоляции.

Вышеперечисленные факторы во многом определяют надежность работы всего электротехнического устройства.

Основные факторы. К основным внешним факторам, снижающим качество электрической изоляции, можно отнести следующие [1]:

- влага и химические вещества;
- механические нагрузки;
- влияние электрических полей;
- воздействие повышенных температур.

Все они, являясь причиной снижения свойств изоляции, приводят к развитию в ней ряда сложных процессов, называемых старением.

Влага и химически активные вещества. Воздействие химически активных сред и влаги играет одну из ключевых ролей в процессе старения изоляции. При остывании устройства, влага имеет свойство конденсироваться на его поверхности, так как во время этого процесса давление в капиллярах изоляции выше, чем давление в её порах.

Циклические процессы проникновения влаги в поры изоляции и её удаление из неё приводит к увеличению пористости материала диэлектрика. Со временем эти процессы значительно снижают свойства изоляции.

Химически активные вещества могут значительно ухудшать качество изоляции в процессе эксплуатации. Такими веществами часто являются кислоты и их ангидриды, щёлочи и т.д.

Механические нагрузки. Данный фактор принято разделять на две категории: механические нагрузки и термомеханические нагрузки.

Под механическими нагрузками подразумевают различные удары и вибрации, а также скручивания и изгибы. Нагрузки, являющиеся следствием циклических нагревов и охлаждений электротехнической системы, принято называть термомеханическими.

Виды механических воздействий [2]:

- толчки и удары, со стороны механизмов;
- вращающиеся части электрических машин, аппаратов и т.д.;
- электродинамические и центробежные силы.

Воздействие температуры оказывает большое влияние на механические характеристики изоляции. При изменении температуры может изменяться как прочность, так и эластичность изоляции.

Воздействие электрического поля. Воздействие электрического поля является существенным фактором, ускоряющим процессы старения. Воздействие электрического поля на изоляцию при постоянном и низкочастотном напряжении обусловлено электрохимическими процессами в диэлектрике, связанными с переносом вещества.

При воздействии высокого и высокочастотного напряжения, большую роль в старении изоляции играют ионизационные процессы. При этом происходит бомбардировка поверхности изоляции, так и внутренних воздушных включений в порах изоляции ионами. Со временем их количество увеличивается, а напряжение возникновения ионизации – снижается. Такой процесс заканчивается электрическим пробоем материала.

Более интенсивно происходит старение изоляции под воздействием электрического поля в устройствах с напряжением выше 6 кВ [3].

Влияние повышенных температур. Одним из важнейших параметров диэлектрических материалов является температурный индекс. Он представляет собой рабочую температуру, при которой конкретный материал может проработать 20 000 часов. Материалы могут работать и при более высоких температурах, но ограниченное количество времени. Согласно правилу Монтзигера время работы изоляции уменьшается вдвое при повышении рабочей температуры материала на 8 градусов относительно температурного индекса. Например, для материала с температурным индексом 130 °С, если он постоянно работает при 138 °С, согласно правилу Монтзигера, время службы диэлектрика составит 10 000 часов,

$$R_{\tau_{\text{пер}}} = R_{\tau} R^{\frac{\tau - \tau_{\text{пер}}}{\Delta\tau}} = R_{\tau} e^{-b\tau_{\text{пер}}}$$

где – срок службы при увеличенной температуре; $R_{\tau_{\text{пер}}}$ – срок службы при температуре τ (определяется в зависимости от температурного индекса); $\Delta\tau$ – постоянное приращение температуры ($\Delta\tau = 8$ К – изоляционные материалы с температурный индекс 105 °С ; $\Delta\tau = 10$ К – терморезистивная изоляция класса В); b – коэффициент (у каждого материала определяется экспериментально) [5].

Заключение. У изоляции в ходе эксплуатации снижаются диэлектрические свойства. Этот процесс является следствием многих вышеперечисленных факторов. В результате этого происходят необратимые процессы разрушения изоляционных конструкций (диэлектрик

трескается, оголяются жилы проводов, кабелей и т. д.). Аппаратура с такими дефектами опасна для использования. Возможные короткие замыкания и случайное искрение может стать следствием пожара, что несет в себе опасность, как для персонала, так и для оборудования в целом [4].

Список литературы:

1. Бернштейн Л. М. Изоляция электрических машин общего назначения – М.: Энергоиздат, 1981. – 376 с.
2. Огоньков В.Г., Евтушенко Ю.М. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. В 2 кн. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 272 с.– ISBN 978-5-383-00697-9 (Кн. 1).
3. Огоньков В.Г., Евтушенко Ю.М. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. В 2 кн. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 272 с.– ISBN 978-5-383-00751-8 (Кн. 2).
4. Базуткин В.В. , Ларионов В.П. , Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах – М.:Энергоатомиздат, 2-е издание, 1986. – 462 с.
5. Воробьев В.Е., Кучер В.Я. Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 56 с.