

НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Мумиков А.Д.¹, Семёнов Д.М.²

¹Мумиков Антон Дмитриевич – магистрант;

²Семёнов Денис Михайлович – бакалавр,

кафедра электромеханики, электрических и электронных аппаратов,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Национальный исследовательский университет

Московский энергетический институт,

г. Москва

Аннотация: в последнее время наука и техника претерпевают большие изменения. Электропромышленность развивается в огромном темпе во всем мире. И в следствии этого происходит постоянный рост номенклатуры применяемых материалов, совершенствуются технологии их изготовления. А также более широко стали применять новые виды сырья, которые раньше не использовались в технике.

Чтобы электрики могли быстро и качественно решать возникающие проблемы, очень важно правильно выбрать материалы.

В данной статье представлен анализ назначения изоляционных материалов и их классификация.

Ключевые слова: Диэлектрики, электрическая изоляция, внешняя изоляция, внутренняя изоляция, бумажно-масляная изоляция, твёрдая, жидкая, газообразная, вакуумная изоляция, эксплуатационное воздействие, эксплуатационные требования.

ВВЕДЕНИЕ

Хорошая, качественная работа электроустановок и машин зависит непосредственно от изоляции, ее состояния. Для ее устройства используют электротехнические материалы. У них существует набор определенных свойств, при помещении в условия электромагнитного поля, и устанавливаются в приборах с учетом этих показателей.

Электротехнические материалы можно классифицировать по группам: электроизоляционные, полупроводниковые, проводниковые и магнитные.

Огромное значение в электротехнике имеют диэлектрические материалы. Проводниковые материалы, простым языком, передают ток. А диэлектрические материалы гарантируют изоляцию. Это изоляционные материалы, окружающие токоведущие элементы электромеханизмов. Они изолируют друг от друга части с разными электрическими потенциалами.

Назначение и виды электрической изоляции

Задача изоляции – обеспечить прохождение тока по электрической схеме устройства, без утечки по каким-либо другим путям.

Изоляция электрических сетей бывает: внешняя и внутренняя, восстанавливающаяся и не восстанавливающаяся.

Внешняя изоляция работает в контакте с воздухом и использует его изоляционные свойства. Обычно она является самовосстанавливающейся, т.к. полностью восстанавливает свои свойства после повреждения.

Внутренняя - не имеет контакта с воздухом. Изоляционные конструкции располагаются непосредственно в металлических и фарфоровых корпусах. Такая изоляция главным образом изготавливается с применением **твёрдых и жидких диэлектриков** или их сочетаний. Твёрдые диэлектрики не восстанавливаются после повреждения, таким образом, частично или полностью теряют свои изоляционные свойства.

Чтобы изоляционная установка работала безопасно, она должна выдерживать все виды напряжений. Уровень изоляции устанавливают при проведении апробирования разной электрической нагрузкой.

Назначение, основные виды, основные свойства внутренней изоляции.

Внутренняя изоляция – огромное количество конструкций, где диэлектриками выступают твердые, жидкие и газообразные материалы.

Чтобы уменьшить вес и размеры электрооборудования применяют изоляцию, которая имеет высокую электрическую прочность.

Скажем, у технически чистого минерального масла – очень часто используемого диэлектрика - электрическая прочность в однородном поле 150 кВ/см, т. е. в 7—8 раз выше, чем атмосферный воздух.

У твердых изоляционных материалов электрической прочностью еще больше – до 1000 кВ/см.

Довольно высокую прочность имеют газы. Особенно при высоком давлении. Воздух, например, при давлении 1,5 МПа (15 атм) имеет прочность 150 кВ/см, т. е. такую же, как минеральное масло, а элегаз (SF₆) при том же давлении – 500 кВ/см [2].

Очень результативна комбинированная изоляция. Это, например, твердый и жидкий диэлектрик, твердый диэлектрик и газ.

Бывает, что в результате комбинации диэлектриков получается более надежная изоляция, чем надежность ее составных частей.

Компоненты изоляции могут выполнять добавочные функции.

Твердая изоляция, обычно претерпевает механическую нагрузку. А посредством жидкой изоляции можно обеспечить хорошее теплоотведение вследствие конвекции или принудительной циркуляции.

Внутренняя изоляция машин и механизмов обычно не имеет контакта с окружающей средой и, следовательно, хорошо сохраняет свои диэлектрические свойства при колебаниях температуры, давления, влажности.

Остановимся подробнее на характерных чертах разных видов изоляции, их физических и механических свойствах.

1. Бумажно-масляная изоляция представляет собой слои бумаги, пропитанные минеральным маслом. Бумага имеет шероховатую поверхность, поры, которые заполняются маслом. Толщина прослоек масла составляет десятки доли миллиметра.

Существует два вида бумажно-масляной изоляции: листовая и рулонная.

Они выполняются из сплошных листов или рулонов бумаги. Применяться могут в конденсаторах и проходных изоляторах (вводах).

Ленточная изоляция обычно используется при изолировании конструкций сложной формы или большой длины. Целесообразно использовать ее и в случаях, когда требуется обеспечение гибкости изоляции при монтаже или эксплуатации оборудования (например, в кабелях).

Бумажная лента при этом может накладываться на изолируемые части последовательными слоями по спирали с положительным или отрицательным перекрытием.

Ленточная изоляция с положительным перекрытием применяется, как правило, для изолирования конструкций сложной формы при ручной намотке, например, в трансформаторах тока. Изолирование с отрицательным перекрытием применяется при машинной намотке бумажных лент, например, для кабельной изоляции.

У бумажно-масляной изоляции высокая электрическая прочность, которая превосходит прочность ее составляющих. Пробивные напряженности тонких слоев бумажно-масляной изоляции в поперечном по отношению к бумаге направлении составляют 500—600 кВ/см, в то время как масло имеет напряженность пробоя около 200 кВ/см, кабельная бумага 100—150 кВ/см, а более плотная конденсаторная бумага 150—500 кВ/см.

Прочность бумажно-масляной изоляции вдоль слоев бумаги на много ниже прочности в поперечном направлении (в 10—20 раз). Следовательно, для нее опасны продольные составляющие напряженности электрического поля.

В зависимости от качества исходных материалов и технологии изготовления предельные рабочие напряженности в бумажно-масляной, изоляции составляют 120—180 кВ/см, в то время как в масляно-барьерной изоляции всего 40—60 кВ/см.

В резконеоднородном поле электрическая прочность изоляции обратно пропорциональна корню квадратному из толщины.

Увеличение избыточного давления в бумажно-масляной изоляции приводит к повышению напряжения возникновения ч.р. в масляных прослойках и к увеличению электрической прочности изоляции.

Увлажнение изоляции резко сокращает ее электрическую прочность, так как напряжения пробоя обоих компонентов очень зависят от увлажнения.

2. Твердые диэлектрические материалы используют для создания изоляционных конструкций. Они отличаются происхождением, структурой, физико-механическими свойствами и электрическими характеристиками.

Твердый диэлектрик может использоваться отдельно. Или может быть составной частью комбинированной изоляции в качестве одной из ее важнейших частей, потому что твердая часть изоляции несет механическую нагрузку.

Характерная черта изоляции заключается в возможности ее теплового пробоя из-за затрудненного теплоотвода. Поэтому твердые диэлектрики обязаны обладать малыми диэлектрическими потерями, высокой теплостойкостью и хорошей теплопроводностью.

После пробоя твердая изоляция не способна к самовосстановлению. Этим она отличается от газообразной и жидкой. Комбинированная изоляция, в состав которой входит твердый диэлектрик, так же не будет обладать свойством самовосстановления.

Если оценить химический состав, то твердую изоляцию можно разделить на органическую и неорганическую.

Неорганическими материалами являются: электрофарфор, стеатит, стекло и стеклотекстолит слюдяные изделия, асбест.

Органические материалы можно разделить на:

а) материалы на основе целлюлозы: бумага и картон, фибра, гетинакс и текстолит, пропитанная древесина;

б) синтетические материалы: термопластичные (полиэтилен, полистирол, фторопласт и др.) терморезистивные (эпоксидные компаунды)

К твердым изоляционным материалам относятся и синтетические полимерные диэлектрики.

Чтобы изготовить тонкую пленку и прессованные изделия используют термопластичные материалы, которые плавятся при нагреве до нескольких сотен градусов. Полиэтилен применяют для изоляции силовых кабелей напряжением до 35 кВ.

К терморезистивным материалам на основе эпоксидной смолы относятся компаунды. При нагреве они утрачивают пластичность, твердеют и становятся нерастворимыми. Применяют их при изготовлении литой изоляции трансформаторов, для герметизированных распределительных устройств [2]. Если сравнивать твердые, жидкие и газовые диэлектрики, то у газовой изоляции есть ряд неоспоримых преимуществ.

Во-первых, у газовой изоляции мизерные диэлектрические потери и при эксплуатации у нее почти не меняются свойства.

Во-вторых, вследствие ее применения происходит резкое снижение веса конструкции и обеспечивается ее пожароопасность.

В-третьих, конструкция устройства становится значительно проще.

Электрическая прочность элегаза (SF_6) и воздуха при повышении давления становится выше, чем у твердых и жидких диэлектриков.

Если использовать для изоляции установок высокого напряжения газы, то они должны обладать высокой химической стойкостью в электрическом разряде (то есть не должны выделять химически активных веществ). Так же они должны быть инертными, и, соответственно, не должны вступать в реакции с другими материалами. Они также должны обладать низкой температурой сжижения и высокой теплопроводностью. При соблюдении этих условий возможно их применять при повышенном давлении. И, конечно, нетоксичными, негорючими и дешевыми.

В современном мире в качестве изоляции применяется азот, элегаз и воздух. Максимальной электропрочностью из них обладает элегаз. Его электропрочность в 2,5 раза больше, чем у воздуха и азота, потому что элегаз—электроотрицательный газ. В составе его молекулы SF_6 присутствует фтор. Это галоген, который легко присоединяет к себе электрон и образует устойчивые отрицательные ионы [4].

Иногда электрическая прочность вакуумной изоляции бывает выше, чем газовой. Вакуумная изоляция обычно используется в установках, где вакуум - рабочая среда: ускорители, космические двигатели, электростатические сепараторы, электровакуумные приборы. Применяется она и в конденсаторах на 20—50 кВ, в выключателях высокого напряжения, вакуумных разрядниках и реле.

Вакуумная изоляция в выключателях позволяет быстро восстановить электрическую прочность промежутка после пробоя (10^{-3} — 10^{-4} с). Применяя ее в искровых реле можно получать хорошие временные характеристики реле: нестабильность времени срабатывания меньше 10 нс.

К недостаткам вакуумной изоляции можно отнести конструктивные сложности получения высокого вакуума и сложную технологическую обработку токоведущих частей [5].

ВЫВОД:

Все виды изоляторов обязаны соответствовать факторам эксплуатационного воздействия на них:

А) Рабочее напряжение (минимального и максимального режима системы) действует в течение всего срока эксплуатации изоляции, но не должно превышать 15% для сетей до 220 кВ, 10% для сетей 330 кВ, 5% для сетей 500 кВ и выше.

Б) Внутренние перенапряжения, возникают при включении и отключении линий и электрооборудования, приварийных и несимметричных режимах работы, резонансных явлениях. Эти перенапряжения воздействуют сравнительно не долго: от сотых долей до 10 с, но их величина превышает номинальное напряжение в несколько раз.

С) Грозовые или атмосферные перенапряжения. Могут возникать в результате удара молнии в электроустановку или вблизи неё и воздействовать на изоляцию линий и аппаратов. Время действия очень мало от миллионных до сотен миллионных долей секунды, но они имеют амплитудное значение миллион вольт.

Так же изоляция подвергается температурным и механическим воздействиям, которые ухудшают её электрические и механические свойства.

Длительное воздействие рабочего напряжения, перенапряжения, неблагоприятные атмосферные условия (колебания: давления, температуры, влажности; выпадение осадков, загрязнение) и

механические воздействия могут перевести к пробое и перекрытию изоляции, а также к преждевременному старению и выходу из строя.

Кроме того, изоляторы должны соответствовать основным эксплуатационным требованиям:

- 1) Бесперебойная работа при различных воздействиях и перенапряжениях
- 2) Уменьшение потерь в изоляции при рабочем напряжении
- 3) Обеспечение безопасной работы эксплуатационного персонала.
- 4) Исключение радиопомех и высокочастотных помех по каналам связи.

Список литературы

1. *Важов В.Ф., Лавринович В.А.* Техника высоких напряжений/ Учебник для бакалавров направления 140200 «Электроэнергетика» ТПУ: Электронно-Библиотечная Система, Znanium.com. М. ИНФРА-М, 2015. 263 с.
2. Справочник по электротехническим материалам. Т. 1./ Под ред. Ю. В., Корицкого, В. В. Пасынкова, Б. М. Тареева. М., Энергоатомиздат, 1986. 368 с.
3. Техника высоких напряжений. Под ред. М.В. Костенко. Учебное пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1973.
4. *Щеглов Н.В.* Современные виды изоляции. Ч. 1. Элегазовая изоляция : учеб. пособие / Н.В. Щеглов Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. 64 с.
5. *Щеглов Н.В.,* Современные виды изоляции. Ч. 3. Вакуумная изоляция : учеб. пособие / Н.В. Щеглов Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011 94 с.
6. *Щеглов Н.В.* Современные виды изоляции. Ч. 6 : учеб. пособие / Н. В. Щеглов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. 68 с.