

УДК 537.226.1

Иванова А. А.

Студентка

1 курс, педиатрический факультет

Оренбургский государственный медицинский университет

Россия, г. Оренбург

Научный руководитель:

Карманова Д.С.

Старший преподаватель кафедры «Химия»

Оренбургский государственный медицинский университет

Россия, г. Оренбург

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ

Аннотация: В данной статье главным образом описываются свойства электроизоляционных материалов-диэлектриков. Статья включает в себя несколько разделов: влажностные свойства диэлектриков; тепловые свойства диэлектриков; химические свойства диэлектриков. Данные свойства позволяют узнать главные характеристики материала при его эксплуатации.

Ключевые слова: Диэлектрики, электроизоляционные материалы, влажностные свойства, влажность материалов, влажность воздуха, влагопроницаемость, тепловые свойства, нагревостойкость, холодостойкость, теплопроводимость, тепловое расширение, химические свойства.

Annotation: This article presents the properties of insulating materials, dielectrics. The article includes several sections: moisture properties of dielectrics; thermal properties of dielectrics; chemical properties of dielectrics. These properties allow you to find out the main characteristics of the material during its operation.

Key words: Dielectrics, electrical insulating materials, moisture properties, humidity of materials, air humidity, moisture permeability, thermal properties, heat

resistance, cold resistance, thermal conductivity, thermal expansion, chemical properties.

При выборе электроизоляционного материала для конкретного применения приходится обращать внимание не только на его электрические свойства в нормальных условиях, но рассматривать также их стабильность при воздействии влажности окружающего воздуха, повышенных температур, мороза и радиоактивных излучений.

Нормальное использование изделия в большей степени зависит от механических свойств материалов: их прочности на растяжение, сжатие, изгиб, удар, эластичность. В ряде случаев к изделиям и к материалам предъявляются требования вибропрочности при различных амплитудах и частотах колебаний. Для деталей, в которых имеется сопряжение разных материалов, большое значение имеют температурные коэффициенты линейного расширения.

ВЛАЖНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ

Электроизоляционные материалы в большей или меньшей степени гигроскопичны, т.е. обладают способностью впитывать в себя влагу из окружающей среды, и влагопроницаемы, т.е. способны пропускать сквозь себя пары воды. Атмосферный воздух всегда содержит некоторое количество водяного пара.

Абсолютной влажностью воздуха оценивают массой (m) водяного пара, содержащийся в единице объема воздуха (m^3). Каждой температуре соответствует определенное значение абсолютной влажности при насыщении ($m_{\text{нас}}$). Большого количества воды воздух содержать не может, и она выпадает в виде росы. Абсолютная влажность, необходимая для насыщения воздуха, резко возрастает с увеличением температуры, т.е. растет и давление водяных паров.

Относительной влажностью воздуха называют выражаемое в процентах отношение

$$\varphi = \frac{m}{m_{нас}} * 100 = \frac{P}{P_{нас}} * 100$$

За нормальную влажность воздуха (для различных испытаний, для определения свойств гигроскопичных материалов в стандартных условиях увлажнения и т.п.) принимают относительную влажность воздуха $\varphi=65\%$. В воздухе с нормальной влажностью при 20°C содержание водяных паров $m=17,3*0,65=11,25\text{ г/м}^3$.

Вода является сильно дипольным диэлектриком с низким удельным сопротивлением. Порядка $10^3\text{-}10^4\text{ Ом}\cdot\text{м}$, а поэтому попадание ее в поры твердых диэлектриков ведет к резкому снижению их электрических свойств. Особенно заметно воздействие влажности при повышенных температурах ($30\text{-}40^{\circ}\text{C}$) и высоких значениях φ , близких к $98\text{-}100\%$. Подобные условия наблюдаются в странах с тропическим климатом. В первую очередь воздействие повышенной влажности воздуха отражается на поверхностном сопротивлении диэлектриков. Для предохранения поверхности электроизоляционных деталей из полярных твердых диэлектриков от действия влажности их покрывают лаками, не смачивающимися водой.

Способность диэлектриков смачиваться водой (или другой жидкостью) характеризуется краевым углом смачивания θ капли воды, нанесенную на плоскую поверхность тела. Чем меньше θ , тем сильнее смачивание; для смачиваемых поверхностей $\theta < 90^{\circ}$ (рис. 2,а), для несмачиваемых $\theta > 90^{\circ}$ (рис 2,б).

При наличии в диэлектрике объемной открытой пористости или при неплотной структуре влага попадает и внутрь материала.

Влажность материалов. Образец электроизоляционного материала, помещенные в условиях определенной влажности и температуры

окружающей среды, через неограниченно большое время достигает некоторого равновесного состояния влажности. Если сравнительно сухой образец материала будет помещен во влажный воздух (с относительной влажностью ϕ), то будет наблюдаться постепенное поглощение материалом влаги из воздуха, причем влажность материала ψ , т.е. содержание влаги в единице массы материала, в течение времени τ будет повышаться, асимптотически приближаясь к равновесной влажности ψ^*_{ϕ} , соответствующей данному значению ϕ .

Наоборот, если в воздухе той же относительной влажности ϕ будет помещен образец того же материала с начальной влажностью, большей ψ^*_{ϕ} , то влажность образца будет уменьшаться, асимптотически приближаясь к значению равновесной влажности ψ^*_{ϕ} ; в этом случае происходит сушка материала. Для различных материалов значения равновесной влажности при одном и том же значении относительной влажности воздуха ϕ могут быть весьма различны.

Определение влажности электроизоляционных материалов весьма важно для уточнения условий, при которых производится испытание электрических свойств данного материала. Для текстильных и тому подобных материалов устанавливается так называемая кондиционная влажность, соответствующая равновесной влажности материала при нахождении его в воздухе в нормальных условиях. На гигроскопичность материала существенное влияние оказывает строение и химическая природа. Большую роль играет размер капиллярных промежутков внутри материала, в которых проникает влага. Сильно пористые материалы, в частности волокнистые, более гигроскопичны, чем материалы плотного строения.

Определение гигроскопичности по увеличению массы увлажняемого образца хотя и дает некоторое представление о способности материала поглощать влагу, но не полностью отражает степень изменения электрических свойств этого материала при увлажнении. В том случае, если

поглощенная влага способна образовывать нити или пленки по толщине изоляции, которые могут пронизывать весь промежуток между электродами (или значительную область между промежутками), уже весьма малые количества поглощенной влаги приводят к резкому ухудшению электрических свойств изоляции. Если же влага распределяется по объему материала в виде отдельных, не соединяющихся между собой малых включений, то влияние влаги на электрические свойства материала менее существенно.

Влагопроницаемость. Кроме гигроскопичности, большое практическое значение имеет влагопроницаемость электроизоляционных материалов, т.е. способность их пропускать сквозь себя пары воды. Эта характеристика чрезвычайно важна для оценки качества материалов, применяемых для защитных покровов. Благодаря наличию мельчайшей пористости большинство материалов обладает поддающейся измерению влагопроницаемостью.

Для уменьшения гигроскопичности и влагопроницаемости пористых изоляционных материалов широко применяется их пропитка. Необходимо иметь в виду, что пропитка целлюлозных волокнистых материалов и других органических диэлектриков дает лишь замедление увлажнения материала, не влияя на величину ρ после длительного воздействия влажности; это объясняется тем, что молекулы пропиточных веществ, имеющие весьма большие размеры по сравнению с размерами молекул воды, не в состоянии создать полную непроницаемость пор материала для влаги, а наиболее мелкие поры пропитываемого материала они вообще не могут проникнуть.

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ

К важнейшим свойствам диэлектриков относятся нагревостойкость, холодостойкость, теплопроводность и тепловое расширение.

Нагревостойкость. Способность электроизоляционных материалов и изделий без вреда для них как кратковременно, так и длительно

выдерживать воздействие высокой температуры называют нагревостойкостью. Нагревостойкость неорганических диэлектриков определяют, как правило, по началу существенного изменения электрических свойств, например по заметному росту $t \cdot g \cdot \delta$ или снижению удельного электрического сопротивления. Нагревостойкость оценивают соответствующими значениями температуры (в °С), при которой появились эти изменения. Нагревостойкость органических диэлектриков часто определяют по началу механических деформаций растяжения или изгиба, погружению иглы в материал под давлением при нагреве (определение "теплостойкости"). Однако и для них возможно определение нагревостойкости по электрическим характеристикам.

В качестве примера давно существующего способа оценки нагревостойкости электроизоляционных материалов можно отметить способ Мартенса. По этому способу нагревостойкость пластмасс и подобных материалов характеризуют таким значением температуры, при котором изгибающее напряжение 5 Мпа вызывает заметную деформацию испытуемого образца. При этом скорость повышения температуры должна составлять около 1 К/мин.

Если ухудшение качества изоляции может обнаружиться лишь при длительном воздействии повышенной температуры вследствие медленно протекающих химических процессов, это явление называют тепловым старением изоляции. Старение может проявляться, например, у лаковых пленок и целлюлозных материалов в виде повышения твердости и хрупкости, образования трещин и т.п. для проверки стойкости электроизоляционных материалов к тепловому старению образцы этих материалов длительно выдерживают при сравнительно невысокой температуре, не вызывающей медленного разрушения материала. Свойства образцов, старевших определенное время, сравнивают со свойствами исходного материала. При прочих равных условиях скорость теплового старения органических и

элементоорганических полимеров значительно возрастает с повышением температуры старения, подчиняясь общим закономерностям изменения скорости химических реакций.

Продолжительность старения τ связана с абсолютной температурой старения T зависимостью вида

$$\ln \tau = \frac{A}{T} + B$$

где A и B - величины, постоянные для данного материала и данных условий старения.

Помимо температуры существенное влияние на скорость старения могут оказать изменение давления воздуха или концентрации кислорода, присутствие озона, являющегося более сильным окислителем, чем кислород, а также различных химических реагентов, ускоряющих или замедляющих старение. Тепловое старение ускоряется от освещения образца ультрафиолетовыми лучами, воздействия электрического поля, механических нагрузок и т.п.

Для ряда электроизоляционных материалов, в особенности хрупких, весьма важна стойкость по отношению к резким сменам температуры (термоударам), в результате которых в материале могут образовываться трещины.

В результате испытаний устанавливается стойкость материала к тепловым воздействиям, причем она в различных случаях может быть неодинаковой: например, материал, выдерживающий кратковременный нагрев до некоторой температуры, может оказаться неустойчивым, по отношению к тепловому старению при длительном воздействии даже при более низкой температуре и т.п. как указывалось, испытание на действие повышенной температуры иногда приходится указывать с одновременным воздействием повышенной влажности воздуха или электрического поля.

Холодостойкость. Во многих случаях эксплуатации важна холодостойкость, т.е. способность изоляции работать без ухудшения эксплуатационной надежности при низких температурах, например от -60 до -70° С. При низких температурах, как правило, электрические свойства изоляционных материалов улучшаются, однако многие материалы, гибкие и эластичные в нормальных условиях, при низких температурах становятся хрупкими и жесткими, что создает затруднения для работы изоляции. Испытания электроизоляционных материалов и изделий из них на действие низких температур нередко проводятся при одновременном воздействии вибраций.

Теплопроводимость. Практическое значение теплопроводимости объясняется тем, что тепло, выделяющееся вследствие потерь мощности в

$$\Delta P_T = \gamma_T \frac{dT}{dl} \Delta S,$$

окруженных электрической изоляции проводниках и магнитопроводах, а также вследствие диэлектрических потерь в изоляции, переходит в окружающую среду через различные материалы. Теплопроводимость влияет на электрическую прочность при тепловом пробое и на стойкость материала к тепловым импульсам. Теплопроводность материалов характеризуют теплопроводностью γ_T , входящей в уравнение Фурье

где, ΔP_T - мощность теплового потока сквозь площадку ΔS , нормальную к потоку, dT/dl - градиент температуры.

Значения γ_T электроизоляционных материалов за исключением окиси бериллия меньше, чем большинства металлов. Наименьшими значениям γ_T , обладают пористые электроизоляционные материалы с воздушными включениями. При пропитке, а также при уплотнении материалов внешним давлением γ_T увеличивается. Как правило кристаллические диэлектрики имеют более высокие значения γ_T , чем аморфные. Величина γ_T несколько зависит от температуры.

Тепловое расширение диэлектриков, как и других материалов, оценивают температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), измеряемым в K^{-1} :

$$TKLP = \alpha l = \frac{l}{l} \frac{dl}{dT}$$

Материалы, обладающие малыми значениями ТКЛР, имеют, как правило, наиболее высокую нагревостойкость и наоборот.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ

Химические свойства. Знание химических свойств диэлектриков важно для оценки надежности их в эксплуатации и для разработки технологии.

При длительной работе диэлектрики должны не разрушаться с выделением побочных продуктов и не вызывать коррозии соприкасающимися с ними металлов; не реагировать с различными веществами (например, газами, водой, кислотами, щелочами, растворами солей и т.п.). Стойкость к действию всех этих веществ у различных диэлектриков весьма разнообразна.

Материалы в производстве деталей могут обрабатываться различными химико-технологическими : склеиваться, растворяться в растворителях с образованием лаков и т.д. Растворимость твердых материалов может быть оценена количеством материала, переходящим в раствор за единицу времени с единицы поверхности материала, соприкасающейся с растворителем. Кроме того, нередко оценивают растворимость по тому наибольшему количеству вещества, которое может быть растворено в данном растворе (т.е. по концентрации насыщенного раствора). Легче всего растворяются вещества близкие к растворителю по химической природе и содержащие в молекулах похожие группировки атомов; дипольные вещества легче растворяются в дипольных жидкостях, нейтральные в нейтральных. Так, неполярные или слабополярные углеводороды (парафин, каучук) легко растворяются в жидких углеводородах, например, в бензине; полярные смолы, содержащие, гидроксильные группировки (фенолформальдегидные и другие

смолы), растворяются в спирте и иных полярных растворителях. Растворимость уменьшается с повышением степени полимеризации, высокомолекулярные вещества с линейной структурой молекул растворяются сравнительно легко, а с пространственной структурой - весьма трудно. При повышении температуры растворимость обычно увеличивается.

ВЫВОД

Разработка технологических процессов изготовления электрических машин и аппаратов также требует знания физических и химических свойств. (например, окисляемость, растворимость, склеиваемость) материалов. Эти характеристики представляют особый интерес при оценке качества электроизоляционных материалов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Бозуткин В.В. и др. Техника высоких напряжений. Издательство «Энергоатомиздат», М., 2006 г. (Стр.:113-116)
2. Зеличенко А.С. и др. Устройство и ремонт воздушных линий электропередачи и высоковольтных вводов. Издательство «Высшая школа», М., 2005 г. (Стр.:45-49)
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. «Электродинамика сплошных сред», Москва, Государственное издательство физико-математической литературы, 2009 г. (Стр.:169-171)
4. Н.П. Богородицкий и др. «Электротехнические материалы». Издательство «Энергия», Л., 1997 г. (Стр.:109-110)
5. Сивухин Д.В. «Общий курс химии», Москва, издательство «Наука», 1997г. (Стр.:445-465)
6. Тамм И.Е. «Основы теории электричества», Москва, издательство «Наука», 1997 г. (Стр.:241-243)