ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

“Рязанский государственный радиотехнический университет”

Кафедра БМПЭ

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**“Радиоматериалы ”**

**Вариант 10**

**На тему:**

«Особенности электропроводности твердых, жидких и газообразных диэлектриков»

Работу выполнил: студент гр. 9010

Полунин С.А.

Работу проверил: доцент кафедры БМПЭ

Кострюков С.А

Рязань 2010

Содержание

1. Основные определения и классификация диэлектриков.

2.Электропроводность твердых диэлектриков.

3. Электропроводность жидких диэлектриков

4. Электропроводность газообразных диэлектриков.

**Основные определения и классификация диэлектриков**

Электроизоляционными материалами или диэлектриками называются вещества, с помощью которых осуществляется изоляция элементов или частей электрооборудования, находящихся под разными электрическими потенциалами. По сравнению с проводниковыми материалами диэлектрики обладают значительно большим электрическим сопротивлением. Характерным свойством диэлектриков является возможность создания в них сильных электрических полей и накопления электрической энергии. Это свойство диэлектриков используется в электрических конденсаторах и других устройствах.

Согласно агрегатному состоянию диэлектрики делятся на газообразные, жидкие и твердые. Особенно большой является группа твердых диэлектриков (высокополимеры, пластмассы, керамика и др.).

Согласно химическому составу диэлектрики делятся на органические и неорганические. Основным элементом в молекулах всех органических диэлектриков является углерод. В неорганических диэлектриках углерода не содержится. Наибольшей нагревостойкостью обладают неорганические диэлектрики (слюда, керамика и др.).

По способу получения диэлектрики делятся на естественные (природные) и синтетические. Наиболее многочисленной является группа синтетических изоляционных материалов.

Многочисленную группу твердых диэлектриков обычно делят на ряд подгрупп в зависимости от их состава, структуры и технологических особенностей этих материалов. Так, выделяют керамические диэлектрики, воскообразные, пленочные, минеральные и др.

Все диэлектрики, хотя и в незначительной степени, обладают электропроводностью. В отличии от проводников у диэлектриков наблюдается изменение тока со временем вследствие спадания тока абсорбции. С некоторого момента под воздействием постоянного тока в диэлектрике устанавливается только ток проводимости. Величина последнего определяет проводимость диэлектрика.

При напряженности электрического поля, превосходящей предел электрической прочности диэлектрика, наступает пробой. Пробой представляет собой процесс разрушения диэлектрика, в результате чего диэлектрик теряет электроизоляционные свойства в месте пробоя.

Величину напряжения, при котором происходит пробой диэлектрика, называют пробивным напряжением Uпр, а соответствующее значение напряженности электрического поля называется электрической прочностью диэлектрика Eпр.

Пробой твердых диэлектриков представляет собой или чисто электрический процесс (электрическая форма пробоя), или тепловой процесс (тепловая форма пробоя). В основе электрического пробоя лежат явления, в результате которых в твердых диэлектриках имеет место лавинное возрастание электронного тока.

Характерными признаками электрического пробоя твердых диэлектриков являются:

независимость или очень слабая зависимость электрической прочности диэлектрика от температуры и длительности приложенного напряжения;

электрическая прочность твердого диэлектрика в однородном поле не зависит от толщины диэлектрика (до толщин 10־− 10־ см);



электрическая прочность твердых диэлектриков находится в сравнительно узких пределах: 10–10 В/см; причем она больше, чем при тепловой форме пробоя;



перед пробоем ток в твердом диэлектрике увеличивается по экспоненциальному закону, а непосредственно перед наступлением пробоя наблюдается скачкообразное возрастание тока;

при наличии неоднородного поля электрический пробой происходит в месте наибольшей напряженности поля (краевой эффект).

Тепловой пробой имеет место при повышенной проводимости твердых диэлектриков и больших диэлектрических потерях, а также при подогреве диэлектрика посторонними источниками тепла или при плохом теплоотводе. Вследствие неоднородности состава отдельные части объема диэлектрика обладают повышенной проводимостью. Они представляют собой тонкие каналы, проходящие через всю толщина диэлектрика. Вследствие повышенной плотности тока в одном из таких каналов будут выделяться значительное количество тепла. Это повлечет за собой еще большее нарастание тока вследствие резкого уменьшения сопротивления этого участка в диэлектрике. Процесс нарастания тепла будет продолжаться до тех пор, пока не произойдет тепловое разрушение материала (расплавление, науглероживание) по всей его толщине – по ослабленному месту.

Характерными признаками теплового пробоя твердых диэлектриков являются:

пробой наблюдается в месте наихудшего теплоотвода от диэлектрика в окружающую среду;

пробивное напряжение диэлектрика снижается с повышением температуры окружающей среды;

пробивное напряжение снижается с увеличением длительности приложенного напряжения;

электрическая прочность уменьшается с увеличением толщины диэлектрика;

электрическая прочность твердого диэлектрика уменьшается с ростом частоты приложенного переменного напряжения.

При пробое твердых диэлектриков часто наблюдаются случаи, когда до определенной температуры имеет место электрический пробой, а затем в связи с дополнительным нагревом диэлектрика наступает процесс теплового про

**Электропроводность твердых диэлектриков**

Для твердых диэлектриков, наиболее характерна ионная электропроводность. В кристаллических веществах ионную проводимость можно объяснить, исходя из представлений о внутренних нарушениях структуры или о дефектах решетки.

Согласно Я. И. Френкелю под действием тепловых флуктуаций ионы получают иногда энергию, достаточную, чтобы покинуть нормальные положения в решетке и попасть в пространство между нормально закрепленными ионами (межузелия). При тепловом возбуждении эти межузельные ионы перескакивают из одного межузельного положения в другое, а если к кристаллу приложено поле, то в направлении поля более часто. Если при движении по кристаллу ион встречает вакантное место, то он снова закрепляется в узле решетки. Такой процесс приводит к обмену атомов местами, т.е. к диффузии. Коэффициент диффузии *D* связан с подвижностью соотношением Нернста-Эйнштейна

*μ / D = q / kT*     (2.9)

где *μ* - подвижность, *q* - заряд, *k* - постоянная Больцмана, *Т* - температура. Коэффициенты диффузии, вычисленные по этой формуле при комнатной температуре, очень малы, не более 10-5 см2/с, а подвижность 10 - 4 см2/B•с.

В процессе электропроводности играют роль не только собственные ионы решетки, но и ионы примесей, особенно с высокой подвижностью. К таким ионам относятся ионы Na+, К+, Н+, роль которых велика уже при комнатной температуре. К числу примесных ионов с большой подвижностью относятся также ионы Cu+, Au+, Ag+. Для таких ионов D = 10- 5-10-7 см2/с, μ = 10- 2-10-4 см2/В•с.

Возможен и другой механизм электропроводности кристаллов - по Шоттки, при котором дефекты образуются в результате удаления равного числа анионов и катионов из нормальных узлов решетки, и помещений их в новые узлы на внешних и внутренних поверхностях кристалла. В этом случае вакансии перемещаются по кристаллу вследствие переноса в незанятый узел ионов из соседних узлов. Для многих ионных кристаллов удельная электропроводность экспоненциально зависит от температуры

*γ = q n μ  γ0 exp(-Wa / kT)*     (2.10)

где *Wa = W/2+U*, a *W = Wf* или *W = Wδ* - энергия образования дефектов по Френкелю или по Шоттки в зависимости от типа дефектов, *U* - энергия активации перемещения ионов, меньшая *W*.

|  |
| --- |
|  |
| ***рис. 2.2*** |

В координатах *lnγ = f(1/T*) эта зависимость представляется в виде прямой линии, либо в виде линии с изломом, если имеются два различных механизма проводимости (рис. 2.2). В этом случае зависимость *γ* от *1/T* будет представляться суммой двух экспонент

*γ = γ1 exp( -Wa1 / kT) + γ2 exp( -Wa2 / kT)*     (2.11)

Для низкотемпературного участка NaCl по экспериментальным данным *Wa1 = 1,7-2,2 эВ*. В низкотемпературной области проводимость в основном определяется примесями и кривая в этой области имеет более слабый наклон. Обычно *Wa1 / Wa2  1/2*, a *γ1/γ2  10 -5*. Следует отметить, что *Wa2* не чувствительна к наличию примесей.

В некоторых твердых неорганических диэлектриках, например в титаносодержащей керамике, возможна электронная или дырочная электропроводность.

**Электропроводность жидких диэлектриков.**

В жидких диэлектриках бывают два основных механизма электропроводности:

ионный и молионный. Ионная электропроводность определяется диссоциацией молекул жидкости, а также различных примесей или загрязнений, которые часто встречаются на практике, так как жидкости легко загрязняются. В технически чистых жидких диэлектриках всегда содержатся те или иные примеси, обычно легче диссоциирующие, чем основной диэлектрик, поэтому проводимость в них сильно зависит от чистоты жидкости: на собственную проводимость диэлектрика накладывается примесная проводимость. В зависимости от природы жидкого диэлектрика в нём могут быть разные диссоциирующие примеси. Например, нефтяному электроизоляционному маслу сопутствуют некоторые органические кислоты; само масло является химически нейтральным углеводородом. Эти кислоты благодаря лёгкой диссоциации заметно повышают удельную проводимость масла. Загрязнением в жидком диэлектрике, в частности в том же масле, является и вода, попадающая в него непосредственно из атмосферного воздуха благодаря известной гигроскопичности масла.

Вода в жидком диэлектрике может быть в трёх состояниях:

а) молекулярно-растворённое;

б) в виде эмульсии, то есть в виде мельчайших капель, находящихся в жидком диэлектрике во взвешенном состоянии;

в) в виде избыточной воды, не удерживающейся в эмульсии, выпадающей из неё. Избыточная вода или тонет в диэлектрике, если его плотность меньше 1000 кг/м3 (например, нефтяное масло), или всплывает на его поверхности, если плотность диэлектрика больше 1000 кг/м3

(например, хлорированный дифенил – совол).

Лёд обычно всплывает на поверхность трансформаторного масла.

Вода в жидком диэлектрике может переходить из одного состояния в другое при изменении температуры за счёт изменения растворяющей способности диэлектрика.

При повышении температуры растворяющая способность увеличивается и

эмульсионная вода полностью или частично переходит в молекулярно растворённое состояние, а избыточная вода – в эмульсионное в зависимости от значения температуры. При понижении температуры происходит обратный процесс. При длительном воздействии высокой температуры сказывается эффект сушки (испарения воды) жидкого диэлектрика. Гигроскопичность жидкости зависит от её состава и от наличия полярных молекул. Полярные молекулы, как правило, отличаются большой активностью, поэтому полярные жидкости легче смешиваются с различными примесями и загрязнениями.

Например: молекулярная растворимость воды в масле очень мала вследствие очень большой разницы между размерами молекул воды и масла. Межмолекулярные силы взаимодействия в этом случае препятствуют смешению масла и воды. Количество воды, поглощаемое маслом из воздуха до равновесного состояния, пропорционально относительной влажности воздуха. Скорость насыщения любой жидкости влагой, поглощаемой из атмосферного воздуха, увеличивается с увеличением поверхности соприкосновения. При наличии в нефтяном масле полярных примесей его гигроскопичность повышается, поэтому у окислившихся масел с повышенным кислотным числом влагопоглощение больше, сем у свежих.

Известно, что в составе жидких углеводородов могут быть молекулы разной структуры, что также сказывается на гигроскопичности. В частности масло со значительным содержанием ароматических углеводородов отличается повышенной гигроскопичностью.

Жидким загрязнением может быть не только вода, но и какая – либо другая посторонняя жидкость.

Остановимся на растворимости в масле различных газов. Жидкие диэлектрики в обычных условиях всегда содержат растворённый газ; в частности, большой способностью к растворению газов отличается нефтяное масло. Разные газы по–разному растворяются в жидкости. Эта их способность обычно определяется в процентах по объёму (коэффициент растворимости). Для примера ниже приведены значения коэффициента растворимости в масле для некоторых газов: воздух 9.4; азот 8.6;

кислород 16; углекислый газ 120; водород 7.

Благодаря этому состав воздуха, растворённого в масле, отличается от состава атмосферного воздуха. Обычно атмосферный воздух содержи 78% азота и 21% кислорода (по объёму), а в масле соотношение их будет таким: 69.8% азота и 30.2% кислорода.

Изменение температуры по – разному влияет на растворимость газов в масле. Например, при повышении температуры от 20 до 800С растворимость

водорода и азота увеличивается, кислорода несколько понижается, а углекислого газа резко падает.

Рассмотри ионную электропроводность жидких диэлектриков как основной её вид. Собственная ионная проводимость зависит от способности молекул к диссоциации. Легче диссоциируют молекулы, обладающие чисто ионными связями, так называемые гетерополярные. Диссоциация молекул жидкости происходит и без воздействия электрического поля; установлено, что отношение количества диссоциированных молекул в данном объёме жидкостей к их общему количеству, называемое степенью диссоциации, зависит от относительной диэлектрической проницаемости жидкости.

В соответствии с этим правилом полярные жидкости, имеющие большую диэлектрическую проницаемость, имеют повышенную степень диссоциации и повышенную собственную проводимость.

У жидкостей неполярных, например нефтяного электроизоляционного масла, собственная проводимость очень мала из за слабой способности молекул углеводородов к диссоциации.

У таких жидкостей электропроводность в основном носит примесный характер, а проводимость зависит как от свойств примеси, так и от её содержания в диэлектрике. Полярные жидкости особенно чувствительны к примесям. Это объясняется тем, что степень диссоциации молекул примесей в жидкости с большой относительной диэлектрической проницаемостью выше, чем в жидкости с малой диэлектрической проницаемостью. В связи с такой особенностью полярных жидкостью у них часто бывает затруднительно отделить собственную проводимость от примесной.

Рассмотрим закономерности молионной электропроводности. При помощи современных оптических микроскопов с большой разрешающей способностью в жидкости можно обнаружить коллоидные частицы разного происхождения и проследить за характером их движения в электрическом поле. Коллоидные частицы переносятся электрическим полем к электроду определённого знака (при определённом напряжении). Для коллоидных частиц примесной жидкости знак заряда частицы зависит от соотношения относительных диэлектрических проницаемостей основной жидкости и примесей. Если относительная диэлектрическая проницаемость примеси меньше, чем основной жидкости, то частицы примеси заряжаются отрицательно, в противном случае – положительно. В случае неоднородного электрического поля коллоидные частицы стремятся в зону максимальной напряжённости электрического поля, к электроду соответствующего знака, вследствие этого концентрация загрязнений здесь сильно повышается за

счёт известного снижения её в других зонах. Вообще при молионной

электропроводности со временем частицы загрязнений сосредоточиваются у

электродов, и таким образом происходит очистка жидкостей от загрязнений. При переменном напряжении вследствие непрерывного изменения направления движения коллоидных частиц эффект очистки от них не наблюдается. Вследствие эффекта очистки с течением времени после включения постоянного напряжения удельное сопротивление жидкости увеличивается.

**Электропроводность газообразных диэлектриков**

В области слабых электрических полей носители заряда в газах появляются в результате воздействия на нейтральные молекулы газа быстрых частиц, квантов света, радиоактивного, ультрафиолетового и др. излучения. Часть нейтральных молекул газа при этом распадается на положительные ионы и электроны. Электроны в большинстве случаев захватываются другими нейтральными молекулами, образуя отрицательные ионы, которые участвуют в общем тепловом движении. Некоторая часть электронов, встречаясь с положительными ионами, рекомбинирует, образуя нейтральные частицы, при этом выделяется рекомбинационное излучение в виде квантов света. На длине свободного пробега ионы получают от электрического поля дополнительную скорость. Достигая противоположно заряженных электродов, носители зарядов нейтрализуются на них, и в цепи возникает электрический ток.

|  |
| --- |
|  |
| ***рис. 2.1*** |

Вольт-амперная характеристика газообразного диэлектрика для слабых и средних полей (до 106 В/м) приведена на рис. 2.1. На участке *оав* приближенно соблюдается закон Ома *j = γ • Е*, так как концентрация носителей заряда сохраняет постоянное значение вследствие равновесия между процессами ионизации и рекомбинации, и распределеие потенциала линейно. Закон Ома выполняется в очень слабых полях до значений Е  1 В/м при этом γ  10-13 Oм-1м-1 (для нормальных атмосферных условий при расстоянии между электродами h = 1 см). На участке *вс* (насыщение) скорость носителей заряда достигает значений, при которых они не успевают рекомбинировать и почти все достигают электродов (*jнас*10-3 А/м2). В постоянном поле в этом случае накапливается объемный заряд - положительный у катода, отрицательный у анода. Разряд на участке *оавс* называют **несамостоятельным**. На участке с *d* начинается ударная ионизация молекул электронами. Эта область сильных полей (для воздуха E 106 В/м) связана с **самостоятельным** разрядом. При напряженности *Eпр* газ пробивается (самостоятельный разряд).