***Лабораторная работа № 7***

*По дисциплине «Материаловедение»*

*На тему: «Определение электрической прочности газообразных диэлектриков».*

Преподаватель:

Белянов А.В.

***Цель работы:***

1. *Экспериментальное исследование особенностей пробоя газообразных диэлектриков в однородном и неоднородном электрических полях.*
2. *Изучение электрической прочности газообразных диэлектриков в однородном и неоднородном электрических полях.*

## *Вопросы:*

1. *Как происходит процесс электропроводности в газообразных диэлектриках?*
2. *Почему диэлектрики теряют электрическую прочность? Какие параметры характеризуют пробой? Поясните механизм пробоя воздуха.*
3. *Что представляют собой процессы электрического, электротеплового, электрохимического и ионизационного пробоя*
4. *Каковы преимущества газообразных диэлектриков перед остальными видами электроизоляционных материалов.*
5. *Что называют поляризацией диэлектрика. Какие виды поляризации можно считать мгновенными, а какие замедленными? Установите взаимосвязь между видами поляризации и механизмом диэлектрических потерь?*
6. *Одинаково ли будет изменяться пробивное напряжение воздуха, если производить его нагревание: а) при постоянном давлении; б) при постоянном объёме.*
7. *Как влияет давление газа на его электрическую прочность и ионизационные потери?*
8. *Чем отличается пробой газа в однородном и неоднородном электрическом поле? Каким образом в газе можно создать однородное поле? Почему при увеличении расстояния между электродами пробивное напряжение газа в однородном поле возрастает?*
9. *В каких электротехнических устройствах в качестве диэлектрика используется воздух? Объясните, почему в качестве электроизоляционных материалов используются другие газы? Приведите примеры.*
10. *Какое влияние на величину электрической прочности воздуха оказывает форма электродов?*
11. *При каких условиях возникает самостоятельный разряд газа?*
12. *При каких условиях для электроизоляционных материалов соблюдается закон Ома ?*
13. *Изобразите графически зависимость напряжения пробоя воздуха от расстояния между электродами при постоянном давлении. Как изменится вид графика, если давление станет меньше первоначального ?*
14. *Изобразите графически зависимость напряжения пробоя газа от давления при различных расстояниях между электродами.*
15. *Как возникает и протекает электротепловой пробой? От каких факторов зависит величина пробивного напряжения при электротепловом пробое?*
16. *Как зависит пробивное напряжение от частоты приложенного напряжения и температуры окружающей среды?*
17. *Какими процессами обусловлено возникновение ионизационного пробоя? Для каких диэлектриков он характерен?*
18. *Какими факторами объясняется причина перехода электрического пробоя в область теплового пробоя?*
19. *Как изменяется пробивное напряжение воздуха на границе с твердым диэлектриком?*

***Отчёт должен содержать:***

1. *Принципиальную схему лабораторной установки*
2. *Таблицы результатов испытаний: 1, 2, 3.*
3. *Графики зависимости Uпр=f(h) и Епр=f(h) для воздуха в однородном и неоднородном электрическом поле*
4. *Выводы*

***Основные понятия о пробое***

*Диэлектрик, находящийся под действием электрического поля не слишком высокой напряженности, является непроводящей средой. Диэлектрик теряет свои электроизоляционные свойства, если напряженность поля превысит некоторое критическое значение. Образование в диэлектрике проводящего канала под действием электрического поля называется электрическим пробоем. При этом идет процесс разрушения диэлектрика,в результате чего, диэлектрик из непроводящего состояния перейдет в состояние высокой проводимости. В таком состоянии будет находиться не весь образец, а только лишь узкий канал, направленный от электрода к электроду.*

*При обычных напряжениях вольт - амперная характеристика образца диэлектрика линейная, но с приближением U к Uпр отклоняется от линейной (рисунок 1)*

0 UПР U

Iут

П

*Рисунок 1 – Вольт – амперная характеристика*

 *при пробое диэлектрика.*

*В момент пробоя ток утечки через диэлектрик резко возрастает, а сопротивление изоляции соответственно снижается, так что dI/dU→∞.*

*В месте пробоя возникает искра или электрическая дуга. Вследствие чего образовывается сильно проводящий канал между электродами и образец оказывается короткозамкнутым, напряжение при этом начинает падать, несмотря на рост тока.*

Напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика, называют пробивным Uпр, а соответствующее значение напряженности электрического поля называется электрической прочностью диэлектрика Епр.

*Пробивное напряжение Uпр электрической изоляции зависит от ее толщины, т.е. от расстояния между электродами: чем толще слой электроизоляционного материала, тем выше пробивное напряжение. Но различные диэлектрики одной и той же толщины имеют отличные значения пробивного напряжения Uп.р.*

*Электрическая прочность Епр является важнейшим параметром диэлектрического материала, характеризует способность материала противостоять разрушению в электрическом поле и широко используется при расчетах и конструировании электрической изоляции, машин, трансформаторов, кабелей, конденсаторов и других устройств, а также для оценки их надежности и долговечности*

*Для простейшего случая однородного электрического поля электрическая прочность диэлектрика рассчитывается по формуле:*

***Eпр = Uпр/h******(1)***

*где Eпр – электрическая прочность В/м; МВ/м*

 *Uпр – пробивное напряжение, В;*

 *h – толщина диэлектрика в месте пробоя, м.*

*Для надежной работы любого электротехнического устройства рабочее напряжение его изоляции Uраб должно быть существенно меньше пробивного напряжения. Отношение Uпр/ Uраб называют коэффициентом запаса прочности.*

***Физическая природа пробоя***

*Различают четыре основных вида пробоя диэлектриков:*

# *Электрический пробой.*

1. *Электротепловой пробой.*
2. *Электрохимический пробой.*
3. *Ионизационный пробой.*

***Электрический пробой.*** *Этот вид пробоя вызывается ударной ионизацией электронами и протекает практически мгновенно в течение 10-8 – 10-5 с. В процессе электрического пробоя диэлектрик разрушается силами, действующими в электрическом поле на электрические заряды его атомов, молекул или ионов. В случае электрического пробоя электрическая прочность Епр газообразного диэлектрика (воздуха) при нормальных условиях достигает значения Епр = 3МВ/м (амплитудное значение для U~ , h=1 см)*

*Электротепловой (тепловой) пробой обусловлен нарушением теплового равновесия диэлектрика вследствие диэлектрических потерь или электропроводности. Тепловой пробой возникает, когда нарушается равновесие между теплотой, выделяющейся в диэлектрике, и теплотой, которая отводится в окружающую среду. Время развития и величина Uпр теплового пробоя зависят от конструкции электроизоляционного изделия и условий отвода выделяющейся в диэлектрике теплоты в окружающую среду. Тепловой пробой развивается в течение 10-3 – 10-2 с., он во много раз медленнее электрического.*

*При электротепловом пробое Uпр зависит от частоты приложенного напряжения (при возрастании частоты Uпр уменьшается) и от температуры окружающей среды (начальной работы температуры диэлектрика), уменьшаясь при ее возрастании.*

*Переход из области чисто электрического пробоя в область электротеплового пробоя зависит от следующих факторов:*

* *возрастание начальной температуры;*
* *переход от постоянного напряжения к переменному с дальнейшим повышением частоты;*
* *ухудшение условий охлаждения.*

***Электрохимический пробой*** *(электрическое старение). Обусловлен химическими процессами, приводящими к изменениям химического состава и структуры диэлектрика под действием электрического поля. Время развития электрохимического пробоя составляет 103 – 108 с. и называется временем жизни диэлектрика tж. Время жизни зависит от напряжения и температуры: с увеличением напряжения или температуры tж, как правило, уменьшается.*

*Ионизационный пробой обусловлен ионизационными процессами вследствие частичных разрядов в диэлектрике и объясняется действием на диэлектрик химически агрессивных веществ, образующихся в газовых порах диэлектрика. Он характерен для диэлектриков с воздушными включениями (например, бумажная изоляция). При больших напряженностях электрического в воздушных порах возникает ионизация воздуха, образование ионов и выделение тепла. Все эти факторы приводят к постепенному разрушению изоляции и снижению Епр.*

**Пробой газообразных диэлектриков**

Газообразные диэлектрики широко применяются в электротехнике: высоковольтные выключатели, газонаполненные конденсаторы, распределительные устройства электростанций. В ряде случаях присутствие газообразных диэлектриков становится неизбежным. В линиях электропередачи высокого напряжения, в электроизоляционных узлах трансформаторов воздух является основной изолирующей средой.

Электрическая прочность газообразных диэлектриков по сравнению с жидкими и твердыми диэлектриками невелика. Но и газы обладают характерными ценными свойствами:

1. *Восстановление электрической прочности после разряда.*
2. *Малая плотность (ρвоздуха=1,29 кг/м3, ρазота=1,25кг/м3, ρэлегаза=6,7кг/м3)*
3. *Высокое значение удельного сопротивления ρ = 1018 – 1020Ом.м.*
4. *Низкое значение диэлектрической проницаемости.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ε |  | р=0.1 МПа | р=2 МПа | р=10 МПа |
| Воздух | 1.00058 | 1.0108 | 1.0549 |
| Азот | 1.00058 | 1.0109 | 1.055 |
| Элегаз | 1.0021 | 1.0622 | – |

1. *Малый угол диэлектрических потерь tg δ ≈ 10-6.*
2. *Отсутствие старения.*

*Газообразные диэлектрики обладают высокими электроизоляционными свойствами только при низких напряжениях. Изолирующие свойства газа объясняются тем, что атомы и молекулы газов в естественном состоянии являются нейтральными, незаряженными частицами. Под действием внешних ионизаторов (космические и солнечные лучи, радиоактивные излучения) во всех газах имеется небольшое количество электрически заряженных частиц – электронов и ионов, находящихся в хаотичном тепловом движении, т.е. происходит процесс ионизации газа. Под действием внешнего электрического поля происходят упругие деформации электронных оболочек атомов и смещение их относительно своих ядер. Если молекула газа имеет ионную структуру строения, то происходит также смещение ионов относительно друг друга. В результате происходят электронные и ионные поляризации. Если же газ состоит из дипольных молекул, то происходит и дипольная поляризация. Степень поляризации атомов и молекул газа характеризуется диэлектрической проницаемостью ε. Большинство газообразных диэлектриков, применяемых в электротехнике, неполярные и их диэлектрическая проницаемость ε ≈1.*

*Ионизация газа приводит к тому, что газ приобретает небольшую электрическую проводимость. Одновременно с ионизацией газа происходит и рекомбинация положительных и отрицательных ионов с образованием нейтральных молекул и атомов. При малой напряженности электрического поля сохраняется баланс между процессом ионизации и рекомбинации.*

*Рисунок 2 – Зависимость*

*тока от напряжения,*

*приложенного к объему*

U

А

В

С

Е

I

0 Uпр

*газа.*

*Вольт-амперная характеристика показывает, что в области слабых электрических полей ток в газе возрастает пропорционально приложенному напряжению и здесь соблюдается закон Ома. На рисунке 2 это соответствует участку ОА. Особенность этого участка заключается в том, что наряду с ионизацией в газе происходит рекомбинация, возникающая вследствие объединения положительных ионов и электронов, совершающих хаотическое непрерывное тепловое движение. В результате рекомбинации образуются нейтральные молекулы газа. Удельная проводимость воздуха в слабых полях составляет около 10-15 См/м.*

*С дальнейшим ростом напряжения пропорциональность между током и напряжением разрушается. Ток начинает расти медленнее, чем напряжение, и вольтамперная характеристика начинает загибаться (участок АВ на рисунке 2). Увеличение напряжения приводит к тому, что при достижении некоторого его значения ток проводимости перестает зависеть от напряжения. Наступает насыщение тока, что соответствует горизонтальной части ВС рисунка 2. На этом участке все заряженные частицы, которые образуются в диэлектрике под действием внешних ионизаторов, уносятся электрическим полем к электродам, не рекомбинируя. Ток, протекающий в диэлектрике, достигает своего насыщения. Ток насыщения зависит от расстояния между электродами в конденсаторе.*

*Кривая ОС на вольтамперной характеристике соответствует несамостоятельному разряду. Для своего поддержания несамостоятельный разряд требует постоянного образования в разрядном промежутке заряженных частиц под действием внешних факторов. Ионизация газа происходит, в основном, за счет электронов, так как положительные ионы обладают меньшей подвижностью.*

*При дальнейшем увеличении напряжения скорость заряженных частиц резко возрастает, вследствие чего происходят их частые соударения с нейтральными частицами газа. В результате электроны отделяются от своих атомов и образуются новые электрически заряженные частицы: свободные электроны и ионы. Этот процесс называется ударной ионизацией (участок СЕ) и приводит к пробою газа. В процессе ударной ионизации начальные электроны, возникшие в результате действия внешних факторов, участвуют в дальнейшем процессе ионизации, создавая новые электроны.*

*В результате возникает первичная электронная лавина, которая со скоростью 105 м/с перемещается к аноду. На пути следования лавины образуется канал, состоящий из электронов и положительных ионов, плотность зарядов в которой быстро растёт и достигает своего максимума в головке лавины у анода. С увеличением напряжения несамостоятельный разряд переходит в самостоятельный. Самостоятельный разряд может существовать при отсутствии внешних ионизаторов. Увеличение концентрации ионов и электронов происходит при этом за счёт новых элементарных процессов, связанных с самим разрядом.*

*В одних видах разряда электронные лавины создают электроны благодаря ударам положительных ионов о катод. В зависимости от давления газа, сопротивления внешней цепи, степени неоднородности электрического поля и ряда других факторов, возможны различные формы разряда.*

*Пробой в воздухе при наличии в нем однородного электрического поля, при нормальном атмосферном давлении, больших расстояниях между электродами, но маломощном источнике тока, происходит в виде искры. При этом виде разряда отдельные электронные лавины сливаются и образуют сплошной канал. Более подвижные электроны быстрее перемещаются к аноду, поэтому канал в основном состоит из положительных ионов и его называют стримером. Стример перемещается к катоду со скоростью 106 м/с. Когда стример достигает катода, и электропроводящий плазменный канал замыкает разрядный промежуток, происходит образование главного канала искры. Пробивным напряжением газа является напряжение, при котором происходит искровой разряд. Если мощность источника напряжения достаточна, то искровой разряд может перейти в дуговой.*

*Пробой газа в неоднородном электрическом поле отличается от пробоя в однородном поле. Неоднородное поле образуется между остриём и плоскостью, коаксиальными цилиндрами, между сферическими поверхностями, если расстояние между ними больше радиуса сферы.*

*Пробой газа в неоднородном электрическом поле происходит при меньшем напряжении по сравнению с пробоем того же слоя газа в однородном электрическом поле. Вначале наступает неполное электрическое разрушение слоя газа у электрода с меньшим радиусом, так как у его поверхности наблюдаются наибольшие напряженности электрического поля. При повышении напряжения возникает разряд в виде короны. При дальнейшем повышении напряжения корона переходит в искровой разряд, а при достаточной мощности источника – в дуговой.*

*В однородном электрическом поле при T=const пробой газообразного диэлектрика выражается следующей формулой:*

***Uпр=Aph (2)***

*где Uпр = пробивное напряжение слоя газа, В;*

 *р – давление газа*

 *h – расстояние между электродами, м;*

 *А – коэффициент.*

*На рисунке3 показаны зависимости пробивного напряжения различных газов от произведения давления на расстояние между электродами.*

 0,1 1 10 100 Ph, Па \* м

1

2

3

U пр, кВ

10

5

3

2

1

0,5

0,3

0,2

0,1

*Рисунок 3 – Зависимость пробивного напряжения различных газов от произведения давления на расстояния между электродами*

*1 Воздух*

*2 Водород*

*3 Неон*

*Электрическая прочность газа зависит от его природы, строения его молекулы. Электрическая прочность газа в сильной степени зависит от его плотности, т.е. от давления при t = const: поэтому для расчета пробивного напряжения воздуха применяется формула*

***Uпр Uпро \*δ(3)***

*где Uпр – пробивное напряжение при данной температуре и давлении;*

 *Uпро – пробивное напряжение при нормальных условиях;*

 *δ – относительная плотность воздуха.*

*Относительная плотность рассчитывается по формуле:*

***Р***

***δ=0,386 --------- (4)***

 ***t + 273***

*где t – температура, оС;*

 *Р – давление, мм. рт. ст.*

*Из рисунка 3 видно, что пробивное напряжение увеличивается с ростом его давления и с увеличением слоя между электродами. При больших давлениях расстояние между отдельными молекулами становится меньше, уменьшается длина свободного пробега электронов и добавочная энергия заряженных частиц, необходимая для ионизации, может быть получена при увеличении напряженности поля. С уменьшением давления и расстояния между электродами пробивное напряжение уменьшается до минимума (для воздуха Uпр=280 В), а затем снова начинает возрастать в области разреженного газа. Это объясняется тем, что в области разреженного газа резко уменьшается количество атомов и молекул, являющихся объектами ионизации, а значит, процесс ударной ионизации происходит при более высоких напряжениях.*

0 2 4 6 8 10 h, см

Uпр,макс,кВ

100

80

60

40

20

 [

 - +

 [

+ -

*Рисунок 4 – Зависимость пробивного напряжения воздуха между острием и плоскостью при различной полярности острия.*

*В неоднородном поле пробой газа зависит от полярности электродов. При положительно заряженном острие и отрицательно заряженной плоскости пробивное напряжение будет меньше, чем при отрицательно заряженном острие. Расстояние между электродами в обоих случаях остается неизменным.*

*Такая зависимость объясняется тем, что около острия накапливаются положительно заряженные ионы и распространяются в направлении отрицательно заряженной плоскости. В этом случае, острие как бы прорастает в толщу газа, сокращая путь искровому разряду. Для повышения пробивного напряжения газообразного диэлектрика и во избежание возникновения электрической короны, острые края электродов необходимо закруглить.*

*Изменение Eпр воздуха в однородном поле при изменении расстояния h между электродами показано на рисунке 5*

Епр,макс,МВ/м

 8

7

6

5

4

3

2

 0.01 0.05 0.1 0.2 0.5 1 2 3 5 h, см

*Рисунок 5 – Зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами в однородном поле при нормальных условиях ±50 Гц., t = 20оС, р ≈ 0,1 мПа.*

*При малых расстояниях между электродами наблюдается значительное увеличение электрической прочности воздуха. Это объясняется тем, что развитие процессов ионизации затрудняется из-за малой общей длины свободного пробега электронов. Так как процесс пробоя газа происходит очень быстро, то значение электрической прочности (или пробивного напряжения газового промежутка) при переменном напряжении определяется амплитудным значением:*

***Uпр м = √ 2 Uпр.р******(5)***

*где Uпр м – амплитудное значение напряжения, В;*

 *Uпр.р – действующее значение напряжения, В.*

*На практике случаются случаи пробоя газа на границе с твердым диэлектриком. Рассматриваемый пример можно представить в виде плоского двухслойного конденсатора с разной толщиной слоя и относительной диэлектрической проницаемостью. Так как газы имеют меньшую диэлектрическую проницаемость ε и меньшую электрическую прочность, они оказываются в невыгодном положении. Слои диэлектриков с большей диэлектрической проницаемостью ε стремятся разгрузиться и переложить часть электрического напряжения на слои с меньшей ε. Пробивное напряжение воздуха на границе с твердым диэлектриком будет меньше по сравнению с пробивным напряжением для того же расстояния в газе при отсутствии твердого диэлектрика (см. рисунок 6).*

0 1 2 3 4 h ,см

Uпер,Uпр,кВ

80

60

40

20

1

2

 3

 4

*Рисунок 6 – Зависимость напряжения перекрытия в*

*воздухе от расстояния для различных материалов*

 *в сравнении с пробивным напряжением*

*соответствующего воздушного промежутка.*

*Однородное поле, f-50 Гц*

1. *пробой воздушного промежутка*
2. *парафин*
3. *фарфор*
4. *фарфор, стекло при плохом контакте*

*Так как электрическая прочность воздуха невелика, то для повышения газовой изоляции применяются высокопрочные сжатые газы, например элегаз. Основные характеристики элегаза (Se F6): плотность – 6700 кг/м3 при t = 0 0C и p = 0,1 МПа; диэлектрическая проницаемость ε = 1,0021 при p = 0,1 МПа; электрическая прочность Eпр = 7,2 МВ/м.*

*Кроме высокой электрической прочности элегаз обладает более высокой дугогасящей способностью. Благодаря своим свойствам элегаз используется в выключателях, в высоковольтных кабелях, распределительных устройствах.*

***Описание лабораторной установки***

*Принципиальная схема лабораторной установки для испытания диэлектриков показана на рисунке 7*

TV2

kV

~220 В

50 Гц

SQ1

FU1

FU2

TV1

QF1

S2

C1

C2

TV3

VL1

S1

1 2

R1

PV1

HL1

R2

 PA1

 mA C3

 FV1

*Рисунок 7- Принципиальная схема установки АИИ – 70 для измерения Uпр на переменном напряжении*

*Испытательная установка содержит:*

*QF1 – автоматический выключатель;*

*SQ1 – блокировочный контакт;*

*S1, S2 – переключатель защиты;*

*VL1 –кенотрон;*

*FU1,FU2 – предохранитель;*

*TV1 – регулировочный трансформатор;*

*TV2 – трансформатор накала кенотрона;*

*TV3 – испытательный трансформатор для повышения напряжения;*

*PA1 – микроамперметр;*

*FV1 – разрядник;*

*1,2 – электроды.*

*Принцип работы аппарата для испытания изоляции типа АИИ-70.*

*Измерение Uпр образцов жидких и твердых материалов может выполняться с помощью установок, выпускаемых серийно.*

*Аппарат для испытания изоляции типа АИИ-70 предназначен для опреде- ления Uпр материалов и испытания изоляции кабелей. Наибольшее напряжение при испытаниях на переменном токе составляет 50 кВ, на постоянном токе 70 кВ, мощность высоковольтного трансформатора 2 кВА.*

*Напряжение от сети через блокировочные контакты и предохранители подводится к регулировочному трансформатору ТV1, служащему для плавного изменения напряжения, и к трансформатору накала кенотрона ТV2. Включение высокого напряжения осуществляется путем включения автоматического выключателя QF1, имеющего три обмотки; две из них соединены последовательно (причем одна шунтируется переключателем защиты S2). Разомкнутое положение этого переключателя соответствует “чувствительной” защите: автомат срабатывает при пробое на стороне переменного тока и остается включенным, если ток в цепи выпрямленного напряжения не превосходит 5 мА. Когда переключатель S2 замкнут, осуществляется “ грубая” защита: автомат не срабатывает при коротком замыкании на высокой стороне и остается включенным, если мощность на стороне высокого напряжения при 50 кВ не превосходит 2 кВА. Такой режим должен длиться не более 1 мин. Измерение напряжения на образце производиться вольтметром kV класса 1.5 на стороне низкого напряжения, проградуированным в киловольтах. Конденсаторы. С служат для защиты от перенапряжения первичной обмотки. При синусоидальной форме кривой питающего напряжения вторичное напряжение высоковольтного трансформатора в режиме холостого хода не отличается от синусоидального более чем на 5%. Резистор R1 служит для защиты трансформатора от перегрузки при пробое образца. В установке имеется сосуд с электродами для стандартного испытания жидких материалов. Испытания на постоянном токе производят при помощи однополупериодного выпрямителя, для получения которой используется кенотрон VL1; на образец подается постоянное напряжение отрицательной полярности. Если необходимо измерить ток утечки, то для этой цели используется микроамперметр PA1 в анодной цепи. Защита микроамперметра от перегрузок осуществляется при помощи разрядника FV1, шунтирующего конденсатора С3 и сопротивления R2. Аппарат снабжен пультом управления, защитным ограждением и заземляющей штангой для снятия заряда с испытуемого образца и заземления вывода высокого напряжения. Погрешность при измерении испытательного напряжения не превосходит ±2 %.*

*Испытания с помощью данного аппарата могут производиться при следующих трех режимах.*

*1.Кратковременное испытание выпрямленным напряжением до 70 кВ при длительности не более 10 мин с интервалами 3 мин.*

*2.Продолжительное испытание выпрямленным напряжением длительностью до 8 ч.*

*3.Кратковременное испытание переменным напряжением до 50кВ при дли- тельности не более 1 мин с интервалами 5 мин.*

***3 Содержание и порядок выполнения работ***

1. *Ознакомиться со схемой лабораторной установки, изучить устройство и принцип работы аппарата АИИ-70.*
2. *До включения лабораторной установки в сеть выполнить следующее:*

*а) подключить электроды к высоковольтным шипам.*

*б) установить заданное расстояние между электродами.*

*в) установить рукоятку автотрансформатора в нулевое положение*

*г) включить лабораторную установку в сеть при помощи автоматического включателя QF1. С помощью регулировочного автотрансформатора ТV1 изменять напряжение от нуля до пробивного напряжения со скоростью 1 кВ/с. В качестве пробивного напряжения фиксируют наибольшие показания вольтметра перед моментом пробоя. После пробоя рукоятку автотрансформатора ТV1 установить в нулевое положение и отключить установку.*

*3. Снять по описанной методике зависимость Uпр=f(h) воздуха в однородном электрическом поле. Пробивное напряжение определяется при расстоянии между плоскими электродами 0.5, 1, 1.5, 2.0, 3.0 и 4.0 см. Результаты испытаний занести в таблицу 1.*

*Таблица 1 Результаты исследования электрической прочности воздуха в однородном электрическом поле (плоскость - плоскость)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Расстояние между электродами h, м* | *Пробивное напряжение Uпр, В* | *Электрическая прочность* *Епр, В/м* |
|  |  |  |

*4.Снять зависимость Uпр=f(h) воздуха в однородном электрическом поле (система электродов шар-плоскость) при расстоянии между электродами 0.5, 1, 1.5, 2.0, 3.0 см. Результаты испытаний занести в таблицу 2.*

*5. Снять зависимость Uпр=f(h) воздуха в неоднородном электрическом поле (система электродов игла-плоскость). Пробивные напряжения определять при расстояниях между электродами 1.0, 1.5, 2.0 и 3.0 см. Результаты испытаний занести в таблицу 3..*

*Таблица 2 Результаты исследования электрической прочности воздуха в однородном электрическом поле (шар - плоскость)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Расстояние между электродами h, м* | *Пробивное напряжение Uпр, В* | *Электрическая прочность Епр, В/м* |
|  |  |  |

*Таблица 3 Результаты исследования электрической прочности воздуха в неоднородном электрическом поле (игла – плоскость)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Расстояние между электродами h, м* | *Пробивное напряжение Uпр, В* | *Электрическая прочность Епр, В/м* |
|  |  |  |