# Бланк выполнения лабораторной работы № 2«Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика»

**Цель работы**: 1. Знакомство с основными понятиями и теоретическими сведениями об электрических разрядах по поверхности твердого диэлектрика.

2. Экспериментальное изучение разряда по поверхности твердого диэлектрика в зависимости от конфигурации электрического поля, расстояния между электродами и толщины диэлектрика.

3. Приобретение практического навыка определения разрядных напряжений различных промежутков по поверхности диэлектрика.

**Теоретические положения**

Корона – это характерная форма самостоятельного газового разряда, возникающего в резко неоднородных полях. Главной особенностью этого разряда является то, что ионизационные процессы электронами происходят не по всей длине промежутка, а только в небольшой его части вблизи электрода с малым радиусом кривизны (так называемого коронирующего электрода). Эта зона характеризуется значительно более высокими значениями напряженности поля по сравнению со средними значениями для всего промежутка. Само название «коронный» разряд получил из-за своего свечения, наблюдаемого на тонких проводах и напоминающего солнечную корону.

Лавинная форма разряда – это такая форма коронного разряда, при которой в промежутке развиваются только электронные лавины. Особенности:

- напряженность создаваемая лавиной электронов меньше напряженности внешнего электрического поля;

- характерна для малых радиусов кривизны электродов (1-2 мм);

- зона ионизации имеет более или менее однородную структуру

Стримерная форма разряда – это такая форма коронного разряда, при которой в промежутке кроме электронных лавин развиваются стримерные каналы.

Особенности:

- возникает если напряженность, создаваемая лавиной электронов, сопоставима с напряженностью поля до появления лавины;

- характерна для радиусов кривизны электродов порядка 1см и более;

- на коронирующий электрод оказываются как бы насажанными тоненькие проводники – каналы стримеров, на концах которых напряженность электрического поля может достигать очень больших значений.

Скользящий разряд – это форма стримерного разряда, характеризуется интенсивным свечением канала, резким уменьшением сопротивления канала и, следовательно, выносом потенциала в глубь промежутка.

Поверхностный пробой – это пробой (потеря изоляционных свойств) твердого диэлектрика по его поверхности (в газе или в жидкости)о

*V*

РН

*S*1

*S*2

T

*R*з

Об

Рис. 1. Принципиальная электрическая схема установки:

РН – регулятор напряжения, Т – высоковольтный трансформатор,

*R*з – защитное сопротивление; *S*1*, S*2 – выключатели

**Результаты измерений**

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *l*,см | *d*,см | *U*короны,кВ | *U*ск.р.,кВ | *U*перекр.кВ | *U*перекр. расчет,кВ | Примечание |
| 1 | 3,1 | 0,3 |  |  | 24 | 25.4 |  |
| 2 | 3,1 |  |  | 24 | 25.4 |
| 3 | 3,1 |  |  | 24 | 25.4 |
| 4 | 3,1 |  |  | 23 | 25.4 |
| 5 | 3,1 |  |  | 28 | 25.4 |
| 6 | 3,1 |  |  | 24 | 25.4 |
| 1 | 4,5 | 0,3 |  |  | 31 | 53.5 |  |
| 2 | 4,5 |  |  | 31 | 53.5 |
| 3 | 4,5 |  |  | 30 | 53.5 |
| 4 | 4,5 |  |  | 31 | 53.5 |
| 5 | 4,5 |  |  | 32 | 53.5 |
| 6 | 4,5 |  |  | 32 | 53.5 |
| 1 | 6,1 | 0,3 |  |  | 36 | 98.3 |  |
| 2 | 6,1 |  |  | 38 | 98.3 |
| 3 | 6,1 |  |  | 39 | 98.3 |
| 4 | 6,1 |  |  | 36 | 98.3 |
| 5 | 6,1 |  |  | 36 | 98.3 |
| 6 | 6,1 |  |  | 36 | 98.3 |
| 1 | 8,9 | 0,3 |  |  | 45 | 209.2 |  |
| 2 | 8,9 |  |  | 45 | 209.2 |
| 3 | 8,9 |  |  | 48 | 209.2 |
| 4 | 8,9 |  |  | 45 | 209.2 |
| 5 | 8,9 |  |  | 45 | 209.2 |
| 6 | 8,9 |  |  | 49 | 209.2 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *l*,см | *d*,см | *U*короны,кВ | *U*ск.р.,кВ | *U*перекр.кВ | *U*перекр. расчет,кВ | Примечание |
| 1 | 3,1 | 0,7 |  |  | 23 | 37.16 |  |
| 2 | 3,1 |  |  | 23 | 37.16 |
| 3 | 3,1 |  |  | 24 | 37.16 |
| 4 | 3,1 |  |  | 23 | 37.16 |
| 5 | 3,1 |  |  | 23 | 37.16 |
| 6 | 3,1 |  |  | 23 | 37.16 |
| 1 | 4,5 | 0,7 |  |  | 31 | 78.3 |  |
| 2 | 4,5 |  |  | 30 | 78.3 |
| 3 | 4,5 |  |  | 31 | 78.3 |
| 4 | 4,5 |  |  | 29 | 78.3 |
| 5 | 4,5 |  |  | 31 | 78.3 |
| 6 | 4,5 |  |  | 32 | 78.3 |
| 1 | 6,1 | 0,7 |  |  | 39 | 143.9 |  |
| 2 | 6,1 |  |  | 38 | 143.9 |
| 3 | 6,1 |  |  | 38 | 143.9 |
| 4 | 6,1 |  |  | 38 | 143.9 |
| 5 | 6,1 |  |  | 39 | 143.9 |
| 6 | 6,1 |  |  | 37 | 143.9 |
| 1 | 8,9 | 0,7 |  |  | 45 | 306.3 |  |
| 2 | 8,9 |  |  | 45 | 306.3 |
| 3 | 8,9 |  |  | 48 | 306.3 |
| 4 | 8,9 |  |  | 49 | 306.3 |
| 5 | 8,9 |  |  | 49 | 306.3 |
| 6 | 8,9 |  |  | 49 | 306.3 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *l*,см | *d*,см | *U*короны,кВ | *U*ск.р.,кВ | *U*перекр.кВ | *U*перекр. расчет,кВ | Примечание |
| 1 | 3,1 | 0,7 | 13 | 14 | 16 | 27.9 |  |
| 2 | 3,1 | 12 | 14 | 15 | 27.9 |
| 3 | 3,1 | 12 | 13 | 14 | 27.9 |
| 4 | 3,1 | 13 | 14 | 15 | 27.9 |
| 5 | 3,1 | 12 | 14 | 15 | 27.9 |
| 6 | 3,1 | 12 | 14 | 15 | 27.9 |
| 1 | 4,5 | 0,7 | 13 | 15 | 17 | 58.7 |  |
| 2 | 4,5 | 13 | 15 | 17 | 58.7 |
| 3 | 4,5 | 15 | 17 | 19 | 58.7 |
| 4 | 4,5 | 16 | 18 | 20 | 58.7 |
| 5 | 4,5 | 16 | 17 | 19 | 58.7 |
| 6 | 4,5 | 15 | 17 | 19 | 58.7 |
| 1 | 6,1 | 0,7 | 16 | 19 | 22 | 107.9 |  |
| 2 | 6,1 | 17 | 19 | 23 | 107.9 |
| 3 | 6,1 | 18 | 20 | 23 | 107.9 |
| 4 | 6,1 | 16 | 18 | 21 | 107.9 |
| 5 | 6,1 | 18 | 21 | 24 | 107.9 |
| 6 | 6,1 | 16 | 20 | 22 | 107.9 |
| 1 | 8,9 | 0,7 | 19 | 21 | 25 | 229.7 |  |
| 2 | 8,9 | 20 | 22 | 25 | 229.7 |
| 3 | 8,9 | 20 | 22 | 27 | 229.7 |
| 4 | 8,9 | 21 | 23 | 28 | 229.7 |
| 5 | 8,9 | 20 | 22 | 26 | 229.7 |
| 6 | 8,9 | 20 | 22 | 28 | 229.7 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | *l*,см | *d*,см | *U*короны,кВ | *U*ск.р.,кВ | *U*перекр.кВ | *U*перекр. расчет,кВ | Примечание |
| 1 | 3,1 | 0,3 | 12 | 14 | 15 | 19.04 |  |
| 2 | 3,1 | 14 | 15 | 16 | 19.04 |
| 3 | 3,1 | 14 | 15 | 16 | 19.04 |
| 4 | 3,1 | 13 | 14 | 15 | 19.04 |
| 5 | 3,1 | 13 | 15 | 17 | 19.04 |
| 6 | 3,1 | 13 | 14 | 15 | 19.04 |
| 1 | 4,5 | 0,3 | 16 | 18 | 19 | 40.11 |  |
| 2 | 4,5 | 17 | 18 | 21 | 40.11 |
| 3 | 4,5 | 16 | 18 | 20 | 40.11 |
| 4 | 4,5 | 15 | 17 | 20 | 40.11 |
| 5 | 4,5 | 15 | 18 | 20 | 40.11 |
| 6 | 4,5 | 14 | 16 | 18 | 40.11 |
| 1 | 6,1 | 0,3 | 18 | 20 | 22 | 73.7 |  |
| 2 | 6,1 | 17 | 20 | 23 | 73.7 |
| 3 | 6,1 | 18 | 21 | 24 | 73.7 |
| 4 | 6,1 | 16 | 18 | 21 | 73.7 |
| 5 | 6,1 | 17 | 20 | 23 | 73.7 |
| 6 | 6,1 | 16 | 18 | 22 | 73.7 |
| 1 | 8,9 | 0,3 | 20 | 22 | 26 | 156.9 |  |
| 2 | 8,9 | 19 | 22 | 26 | 156.9 |
| 3 | 8,9 | 17 | 19 | 24 | 156.9 |
| 4 | 8,9 | 19 | 20 | 24 | 156.9 |
| 5 | 8,9 | 20 | 21 | 27 | 156.9 |
| 6 | 8,9 | 20 | 22 | 27 | 156.9 |

$U\_{перекр. расч. }=k· \left(\frac{d}{ɛɛ\_{0}}\right)^{0,45}·l^{0,2}=0.81· \left(\frac{0.3}{6·8.85·10^{-12}}\right)^{0,45}·3,1^{0,2}= 19.04$

Зависимости *U*короны= *f*(*l*), *U*ск.р= *f*(*l*), *U*перекр.=*f*(*l*).

*а)*

б)

Рис. 2. Зависимости: а) *U*короны= *f*(*l*), *U*ск.р= *f*(*l*),
б) *U*перекр.=*f*(*l*) при толщине *d*1, *d*2 для различных электродных систем

2. Объяснить полученные результаты.

1. В каких полях существует скользящая форма разряда и почему?

В неоднородных, т.к. При относительно низких напряжениях на электродах возникает коронный разряд в виде полоски ровного неяркого свечения. Увеличение напряжения приводит к расширению области коронирования и образованию на твердом диэлектрике многочисленных слабо светящихся каналов (стримеров), направленных к противоположному электроду. При дальнейшем увеличении напряжения ток возрастает настолько, что становится возможной термическая ионизация в стримерных каналах. Эта форма стримерного разряда, называемая скользящим разрядом, характеризуется интенсивным свечением канала, резким уменьшением сопротивления канала и, следовательно, выносом потенциала в глубь промежутка

1. Как изменяется разрядное напряжение от толщины диэлектрика и почему?

Величина тока в любом разрядном канале в основном определяется емкостью канала по отношению к противоположному электроду. В качестве величины, характеризующей емкость канала, принимается удельная поверхностная емкость, т.е. емкость единицы поверхности, по которой развивается разряд, по отношению к противоположному электроду.Очевидно, что чем выше удельная поверхностная емкость С, тем больше ток, протекающий по каналу на зарядку этой емкости, поэтому выше проводимость стримерного канала и потенциал на его конце, тем быстрее растет длина скользящего разряда и ниже напряжение разряда по поверхности

**Контрольные вопросы**

1. С чем связано искажение электрического поля при помещении диэлектрика в равномерное поле?
2. Какое влияние оказывает неплотное прилегание электродов на разрядное напряжение вдоль поверхности диэлектриков?
3. Для каких изоляционных конструкций характерно электрическое поле с преобладающей тангенциальной составляющей, для каких конструкций с нормальной?
4. Что делается в реальных условиях работы электроэнергетических систем для увеличения разрядных напряжений по поверхности изоляторов?

**Ответы на вопросы**

1. Диэлектрик, помещенный в равномерное поле, нарушает его однородность. Значительную роль в снижении разрядных напряжений играет адсорбция диэлектриком влаги. Материалы, обладающие большой поверхностной гигроскопичностью (стекло, эбонит, оргстекло, бакелизированная бумага), дают большее снижение разрядных напряжений, чем малогигроскопичные материалы (парафин, винипласт). Под действием приложенного к электродам напряжения диссоциированные ионы, содержащиеся в адсорбированной диэлектриком влаге, перераспределяются по поверхности диэлектрика, искажая градиент потенциала вдоль его поверхности.
2. На величину разрядного напряжения существенное влияние оказывают воздушные прослойки между диэлектриком и электродами. В этих прослойках из-за отличия диэлектрических проницаемостей воздуха и твердого диэлектрика создается локальное увеличение напряженности поля и, возможно, возникновение ионизационных процессов.
3. Неоднородное поле с преобладанием тангенциальной составляющей характерно для опорных изоляторов.

Конфигурация электрического поля с преобладанием нормальной составляющей напряженности характерна для конструкции проходного изолятора

1. Для увеличения длины пути утечки тока по поверхности твердого диэлектрика и увеличения разрядного напряжения применяют ребристую поверхность, а также своевременную чистку поверхности изолятор аот загрязнений.

**Выводы:** В ходе выполнения лабораторной работы были изучены основные понятияя и теоретические сведения об электрических разрядах по поверхности твердого диэлектрика, получены экспериментальные данные разряда по поверхности твердого диэлектрика в зависимости от конфигурации электрического поля, расстояния между электродами и толщины диэлектрика, а также построены графики.