

## **Методические указания к лабораторной работе № 6**

### **Определение электрической прочности воздуха и трансформаторного масла и знакомство с условиями возникновения частичных разрядов в твёрдом диэлектрике**

Цель работы. Провести опыты по определению пробивного напряжения трансформаторного масла и воздуха и рассчитать среднее его значение для этих материалов. Определить значение электрической прочности каждого для каждого диэлектрика и сравнить со справочными, объяснить возможные расхождения.

В опыте с двухслойным диэлектриком (стекло-воздух) изучить условия возникновения частичного разряда, оценить значение напряжения возникновения ЧР и, используя найденное значение электрической прочности воздуха, определить диэлектрическую проницаемость стекла.

#### Методы измерения

Электрическая прочность диэлектрика определяется, как правило, по пробивному напряжению и толщине пробиваемого диэлектрика. Принцип таких измерений, в общем случае, сводится к следующему: между двух электродов, изготовленных из электропроводящего материала, помещают испытуемый диэлектрик, пытаясь при этом добиться минимальных зазоров и неоднородностей в месте контакта электродов и диэлектрика. Далее к электродам подключается генератор напряжения, с помощью которого, напряжение на электродах постепенно увеличивают. Момент пробоя диэлектрика фиксируют по напряжению на электродах в момент резкого увеличения тока в цепи. При этом установка автоматически отключается, а вольтметр будет показывать напряжение пробоя.

В данной работе для опытов используется стандартная ячейка для определения пробивного напряжения жидких диэлектриков (Рис. 1). Ячейка

Целебровский Ю.В., Черненко Н.А. Электротехническое материаловедение. НГТУ, 2018  
 выполнена из материала максимально инертного по отношению к жидким  
 веществам. В качестве электродов используются две латунные полусферы.

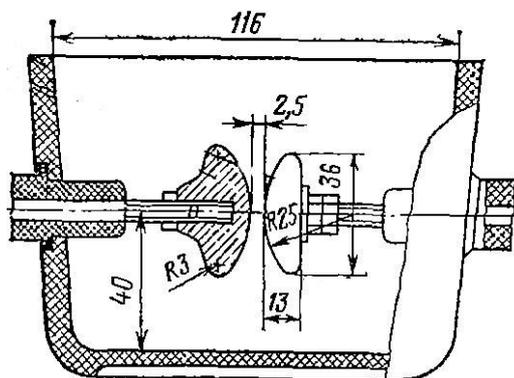


Рис. 1. Стандартная ячейка для определения пробивного напряжения жидких диэлектриков

Полусферическая форма электродов объясняется стремлением свести к минимуму искажения электрического поля в межэлектродном пространстве, и сделать поле максимально равномерным в области наименьшего расстояния между электродами. Основные размеры ячейки показаны на рис. 1.

Описание лабораторной установки.

В лабораторной работе используется аппарат типа АИМ-90, обеспечивающий подъем напряжения на электродах до 90 кВ. Данный аппарат применяется в промышленных условиях для определения диэлектрической прочности жидких диэлектриков. Внешний вид и описание органов управления аппарата показаны на рис. 2.

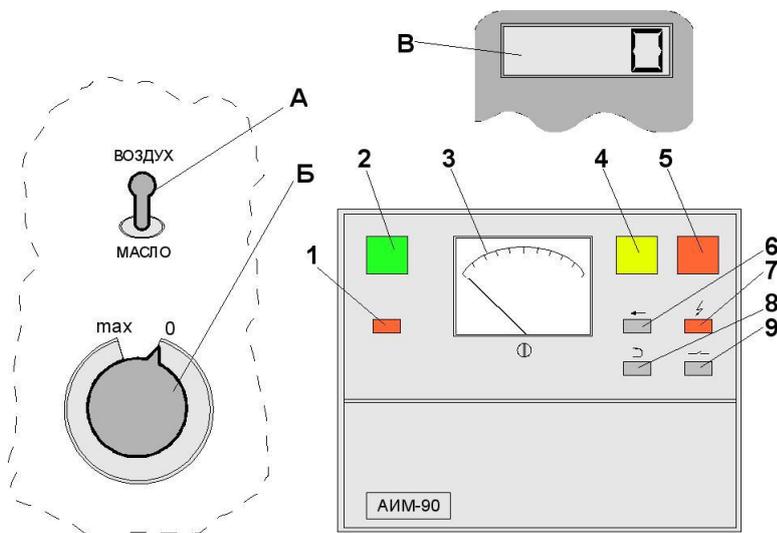


Рис. 2. Лабораторная установка по определению электрической прочности

Основные элементы установки: 1-кнопка включения сети; 2-индикатор включения сети (зеленый); 3-измерительный прибор; 4-индикатор готовности аппарата к включению высокого напряжения (желтый); 5-включено высокое напряжение (красный); 6,8,9 – в работе не используются; 7-кнопка включения высокого напряжения; А — переключатель уровня подъема напряжения (различного при испытаниях воздуха и трансформаторного масла); Б — регулятор напряжения; В — дополнительный цифровой прибор.

При испытаниях в промышленных условиях повышение напряжения происходит в аппарате автоматически с заданной скоростью. При выполнении лабораторной работы напряжение повышается вручную, при помощи регулятора напряжения Б, расположенного на лабораторном столе слева от аппарата АИМ-90. Здесь же расположен переключатель для выбора уровня подаваемого напряжения. В положении “воздух” напряжение подается медленнее, нежели в положении “масло”.

Пробой диэлектрика осуществляется в пространстве между двумя электродами, расположенными в съемной ячейке. Съемная ячейка стандартна и необходимые для расчетов характеристики приведены на рис. 1.

Напряжение, приложенное к электродам, определяется с помощью двух приборов - стрелочного (З, рис. 2) и выносного цифрового (В, рис. 2). Показание стрелочного прибора следует умножать на 10, чтобы получить напряжение в кВ (одно деление шкалы стрелочного прибора - 2 кВ, крайняя правая отметка «10» соответствует 100 кВ). Цифровой прибор показывает непосредственно прилагаемое напряжение. Следует отметить, что оба прибора показывают действующие значения переменного напряжения. Пробой промежутка происходит при амплитудном значении.

### Методические указания

**Внимание !** Подача высокого напряжения без установленной в аппарат ячейки строго запрещается во избежание пробоя изоляции аппарата.

На первых двух этапах работы проводится измерение электрической прочности промежутка, заполненного диэлектриком. В качестве диэлектрика используется:

- а) воздух;
- б) трансформаторное масло.

Для каждого из этих случаев имеются отдельные ячейки. Переливание масла из одной ячейки в другую не производить.

Перед началом экспериментальных опытов необходимо, путём расчетов, используя необходимые справочные данные, определить ожидаемое пробивное напряжение для воздуха и трансформаторного масла. После этого можно выполнить серию экспериментов по измерению пробивного напряжения сначала для воздуха, а затем для масла при этом переключатель А, рис. 2, должен находиться в положениях «воздух» и «масло», соответственно.

Измерение пробивного напряжения производится в следующем порядке:

а) открыть крышку и осторожно установить в аппарат необходимую ячейку. При этом: **смену ячеек в процессе работы производить только при отключенном питании аппарата - кнопка 1, рис. 2 отжата !**

б) Закрывать крышку (при неплотно закрытой крышке защита не позволит произвести подачу высокого напряжения).

в) Проверить нулевое положение регулятора напряжения и включить переключатель скорости подачи напряжения в соответствующее положение («воздух» или «масло»).

г) Включить кнопку питания аппарата (1, рис. 2), при этом должен загореться индикатор зеленого цвета (2, рис. 2). Если регулятор напряжения выведен на нуль и стрелка прибора стоит на нуле, должен гореть индикатор желтого цвета (4, рис. 2). Если индикатор желтого цвета не загорается, отключить аппарат и проверить нулевое положение регулятора напряжения. В процессе работы кнопка автовозврата стрелки (8, рис. 2) должна быть отжата.

д) Нажать кнопку подачи высокого напряжения (7, рис. 2), должен загореться индикатор красного цвета (5, рис. 2) и погаснуть индикатор желтого цвета.

е) Следя за показаниями прибора, медленно увеличивать напряжение с помощью регулятора напряжения до пробоя диэлектрика, сопровождающегося характерным треском и выключением индикатора красного цвета. Зафиксировать значение подводимого высокого напряжения в момент пробоя диэлектрика, после чего регулятор напряжения установить в нулевое положение.

ж) После пробоя диэлектрика (особенно масла) выждать не менее 3 мин.

з) Для каждого вида диэлектрика провести не менее 6 измерений пробивного напряжения (см. п. «г» и далее). Если для диэлектрика проведено 6 измерений, следует выключить питание аппарата и сменить ячейку (см. п. «а» и далее).

На третьем этапе работы изучается явление частичных разрядов (ЧР). Для этого используется двухслойный диэлектрик - в отдельную ячейку между электродами помещена стеклянная пластина, касающаяся только одного из электродов (толщина пластины - 1,3 мм). В опыте определяется напряжение появления частичных разрядов. В этом случае напряжение повышается до появления частичных разрядов (ЧР) в воздушном промежутке. При появлении ЧР аппарат АИМ не отключается. Наличие частичных разрядов определяется по характерному треску. После появления характерного треска напряжение медленно уменьшается. При исчезновении характерного треска фиксируется напряжение, которое и принимается за оценку напряжения возникновения частичных разрядов.

На основе этого определения можно оценить значение диэлектрической проницаемости стекла. Диэлектрическая проницаемость определяется решением системы двух уравнений. При этом предполагается, что при напряжении, приложенном к двухслойному диэлектрику, равному напряжению возникновения частичных разрядов, напряжённость электрического поля в воздушном слое равна электрической прочности воздуха, определённой в первом опыте.

В отчете должны быть представлены все экспериментальные данные в порядке их получения. Данные рекомендуется занести в таблицу. На основании полученного среднего пробивного напряжения диэлектриков рассчитывается их электрическую прочность. Приводятся справочные данные электрической прочности диэлектриков и сравниваются с экспериментальными. Имеющиеся расхождения следует объяснить. При сравнении электрической прочности воздуха со справочными данными следует учитывать:

- зависимость электрической прочности от расстояния между электродами;
- тот факт, что пробой проходит на амплитуде переменного напряжения, а прибор показывает его действующее значение.

Привести расчет и полученное значение диэлектрической проницаемости стекла сравнить со справочным.

Контрольные вопросы:

1. Что такое «электрический пробой»?
2. Что такое «электрическая прочность»?
3. Каково значение электрической прочности у воздуха (при нормальных условиях, в промежутке 10 мм)
4. Каково значение пробивного напряжения качественного трансформаторного масла в стандартной ячейке?
5. Каково значение электрической прочности качественного трансформаторного масла?
6. Как распределяются напряженности поля в двухслойном диэлектрике?
7. Если в твердом диэлектрике имеется воздушное включение, как отличается напряженность поля в этом включении от напряженности поля в твердом диэлектрике?
8. Каково расстояние между полусферическими электродами в стандартной ячейке для испытания жидких диэлектриков?
9. От чего может понижаться электрическая прочность трансформаторного масла?
10. Что такое «частичный разряд»?
11. При каких условиях возникают частичные разряды в твердом диэлектрике?
12. Каково значение электрической прочности электротехнического стекла?
13. Как развивается пробой в газе?
14. Как развивается пробой в жидкости? Роль пузырьков.
15. Что такое «тепловой пробой»?
16. Как зависит электрическая прочность материалов от длительности приложения напряжения?
17. Какое напряжение в Вашем опыте было приложено к стеклу при наличии частичных разрядов в промежутке «электрод-стекло»?