

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Пробой твердых диэлектриков

Цель работы

Изучение стандартных методов определения электрической прочности твердых диэлектриков на переменном токе (частота 50 Гц). Измерение зависимости электрической прочности твердых диэлектриков от температуры. Измерение зависимости электрической прочности многослойных диэлектриков от толщины.

Домашнее задание

1. Физические основы и основные особенности электрического, электротеплового и электрохимического пробоев твердых диэлектриков.
2. Влияние условий окружающей среды на электрическую прочность твердых диэлектриков.
3. Стандартный метод определения электрической прочности твердых диэлектриков на переменном токе.
4. Порядок проведения работы и обработка результатов измерений. Оформление отчета по проделанной работе.

Общие положения

Электрическая изоляция предназначена для разделения частей электро- и радиооборудования, находящихся под разными потенциалами, поэтому одним из основных требований к электроизоляционным материалам является способность выдерживать приложенное напряжение. Известно, что при повышении напряжения до некоторого предельного значения происходит пробой диэлектрика, в результате чего он утрачивает свои электроизолирующие свойства (сопротивление изоляции весьма резко падает, и между электродами, отделяющихся диэлектриком, происходит короткое замыкание, сопровождающееся значительным возрастанием тока; напряжение на пробитом диэлектрике снижается практически до нуля).

Напряжение U_{np} , вызвавшее пробой изоляции оборудования или образца электроизоляционного материала, называется пробивным напряжением.

В качестве характеристики, оценивающей способность диэлектрика противостоять пробую, служит электрическая прочность (пробивная напряженность электрического поля) E_{np} , связанная с пробивным напряжением образца толщиной d следующим простым соотношением:

$$E_{np} = \frac{U_{np}}{d} \quad (1)$$

Ясно, что получить величину электрической прочности при помощи этой формулы можно только в том случае, если при определении пробивного напряжения в диэлектрике было создано однородное электрическое поле.

В случае неоднородного поля будет определено среднее значение электрической прочности. Величина E_{np} выражается обычно в кВ/мм или МВ/м.

В процессе эксплуатации изоляция различного оборудования может подвергаться действию постоянного напряжения, переменного напряжения низкой и высокой частоты, а также импульсного напряжения. Поэтому различают электрическую прочность на

постоянном, переменном напряжении низкой и высоких частот, а также импульсном напряжении.

Задачей настоящей работы является исследование электрической прочности твердых диэлектриков при промышленной частоте (50 Гц). Подобные испытания достаточно часто встречаются на практике.

Описание лабораторной установки

Установка для испытания на пробой напряжением промышленной частоты соответствует схеме, представленной на рис. 1. Основной частью установки является испытательный высоковольтный трансформатор Т, получающий питание от сети через регулировочный автотрансформатор АТ, который позволяет плавно поднимать от нуля напряжение на первичной обмотке трансформатора Т, а тем самым и напряжение на испытуемом образце 2.

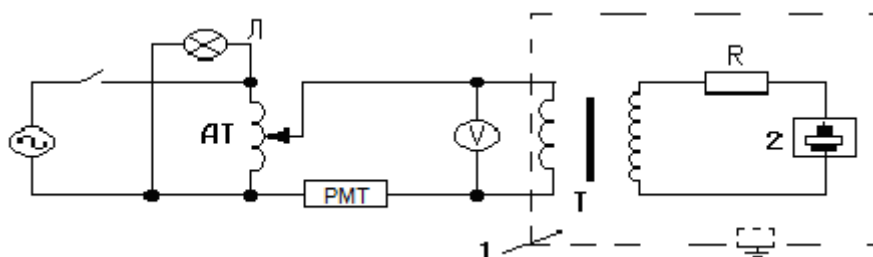


Рис. 1. Схема установки для испытания твердых диэлектриков на пробой

Образец подключается к вторичной обмотке высоковольтного трансформатора при помощи верхнего ВЭ и нижнего НЭ электродов через защитное водяное сопротивление R , служащее для ограничения тока при пробое образца.

Включение установки осуществляется рубильником. При этом загорается лампочка – индикатор Л.

Первичная обмотка испытательного трансформатора подключается к автотрансформатору, обеспечивающего плавный подъем напряжения на вторичной обмотке (образце), через реле максимального тока РМТ, предназначенного для отключения высоковольтного трансформатора при пробое образца. Объектом испытания в настоящей работе являются пленочные материалы. Определению подлежат зависимости пробивного напряжения и электрической прочности от температуры, толщины образца, числа слоев многослойного образца. В лабораторной установке используются плоские электроды.

Напряжение пробоя фиксируется на первичной обмотке трансформатора. Напряжение пробоя на образце определяется как произведение напряжения на первичной на коэффициент трансформации.

Виртуальная лабораторная работа состоит из вкладки «Задание» (рис. 2), на которой размещается информация об образцах и условиях проведения эксперимента и вкладок виртуальных стендов с виртуальными приборами (рис. 3, 4).

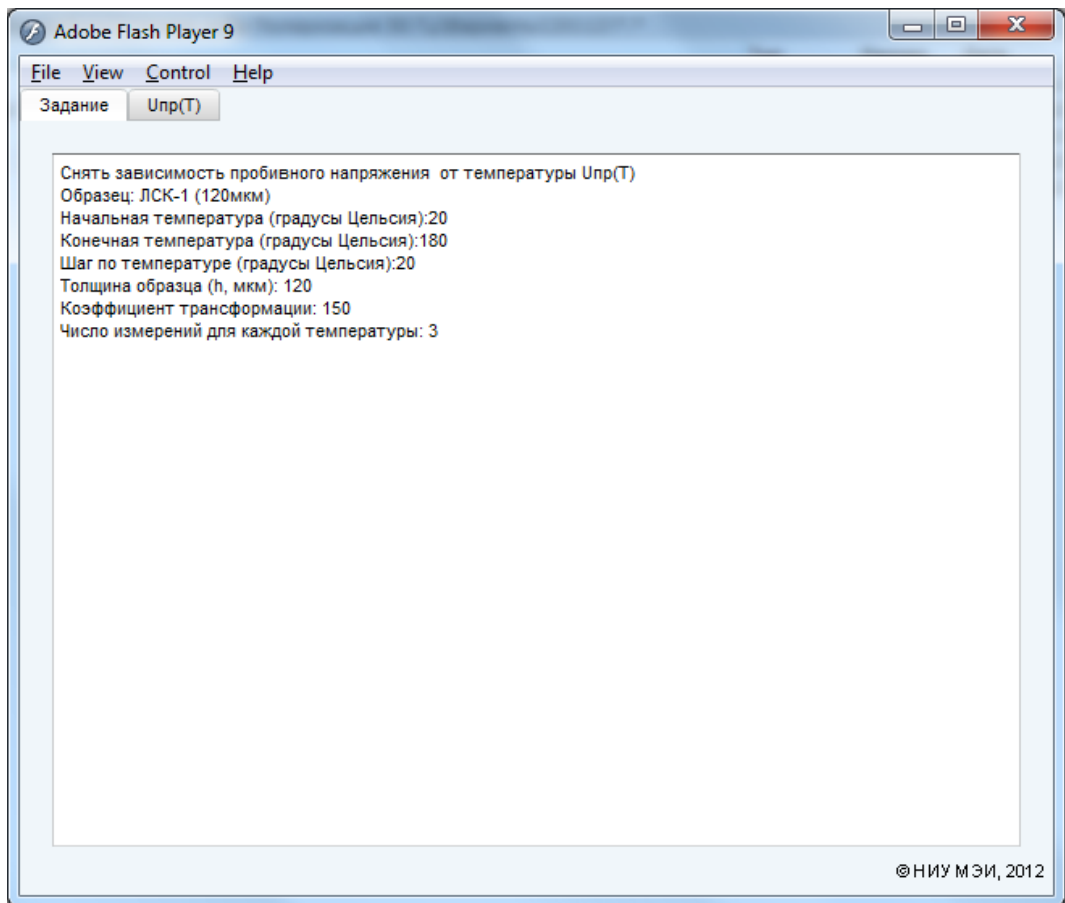


Рис. 2. Вкладка «Задание» виртуальной лабораторной работы (зависимость пробивного напряжения от температуры)

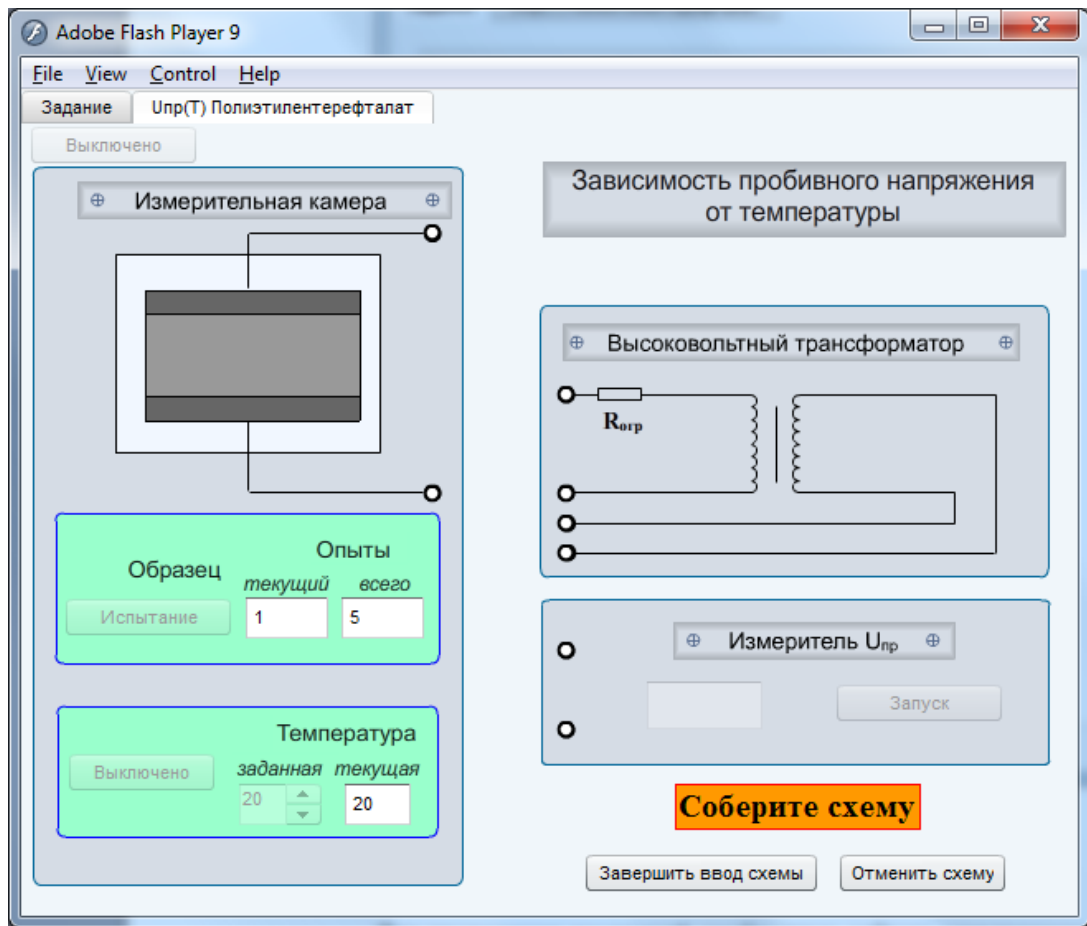


Рис. 3. Виртуальный лабораторный стенд для измерения зависимости пробивного напряжения от температуры

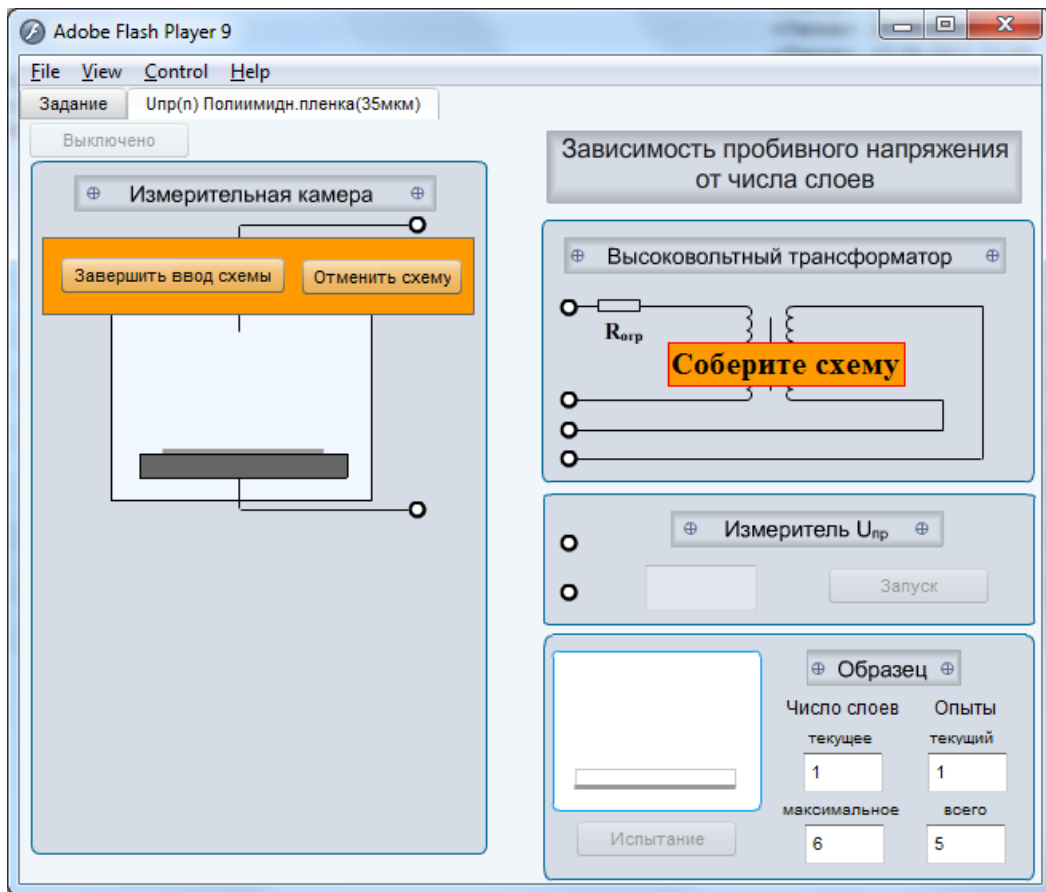


Рис. 4. Виртуальный лабораторный стенд для измерения зависимости пробивного напряжения от толщины образца

Виртуальные лабораторные стенды включают в себя унифицированные элементы: измерительную камеру с испытуемым образцом, высоковольтный трансформатор, источник регулируемого напряжения, измеритель напряжения на первичной обмотке. На стенде исследования температурной зависимости измерительная камера включает в себя термостат. Для повышения достоверности результатов для каждого значения изменяемого параметра (температуры, толщины образца) проводятся испытания (опыты) для нескольких образцов. Для удобства проведения экспериментов в состав стенда включена виртуальная панель «Образец». Для стенда измерения температурной зависимости пробивного напряжения здесь отображается номер текущего опыта и число опытов. Для стенда измерения зависимости пробивного напряжения от толщины слоев отображается текущее и максимальное число слоев образца, здесь же с помощью пиктограммы отображаются текущая толщина образца – закрашенный прямоугольник и максимальная толщина – обводка прямоугольного контура.

Для проведения измерений необходимо собрать электрическую схему виртуальной лабораторной установки. Это осуществляется перетаскиванием электрических клемм. По завершению сборки следует нажать кнопку «Завершить ввод схемы». В случае неудачной сборки появится сообщение «Схема собрана неправильно». Необходимо нажать кнопку «Отменить схему». И повторить ввод схемы вновь. После удачной сборки следует включить приборы виртуального стенда..

Рассмотрим порядок работы с виртуальным стендом «Температурная зависимость пробивного напряжения» (рис. 5).

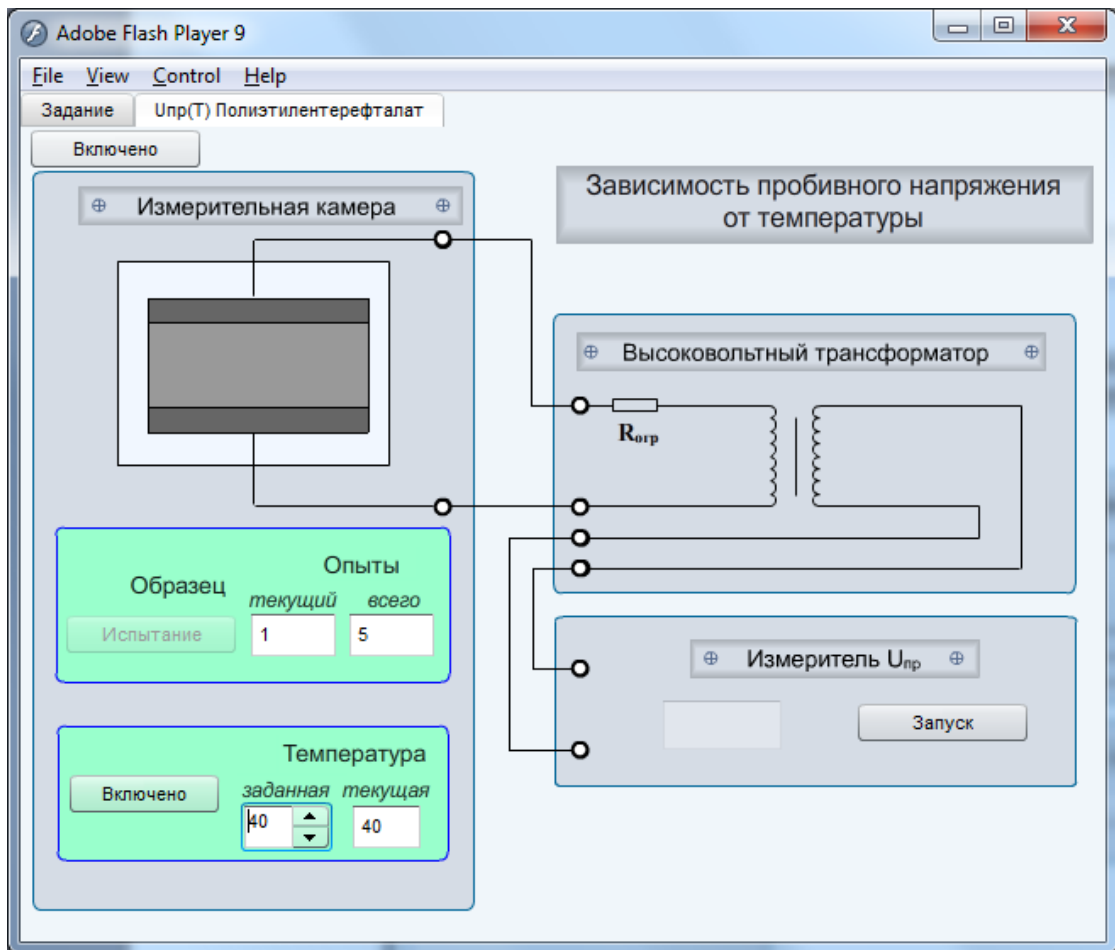


Рис. 5. Виртуальный лабораторный стенд для измерения зависимости пробивного напряжения от температуры подготовлен для измерений

Образец размещен в камере. Термостат имеет два дисплея, в одном отображается температура испытания, задаваемая пользователем, в другом – текущая температура в измерительной камере с образцом. Температура задается с помощью клика мышью на элементах управления, отображаемых в виде треугольников. При однократном нажатии на верхний треугольник заданная температура возрастает на один градус, при нажатии на нижний треугольник – соответственно температура уменьшается на один градус. Температуру можно задавать также и с клавиатуры, предварительно кликнув на окне «Заданная температура». При этом после завершения ввода следует нажать клавишу «Enter».

Задаем необходимую температуру в термостате. Термостат обладает определенной тепловой инерцией. Дожидаемся, пока температура в термостате не станет равной заданной. Подаем высокое напряжение на образец, нажав кнопку «Запуск». На дисплее «Измерителя $U_{пр}$ » отображается плавно поднимаемое напряжение на первичной обмотке. При достижении пробивного напряжения образец пробивается (рис. 6). На дисплее отображается напряжение первичной обмотки, соответствующее пробое.

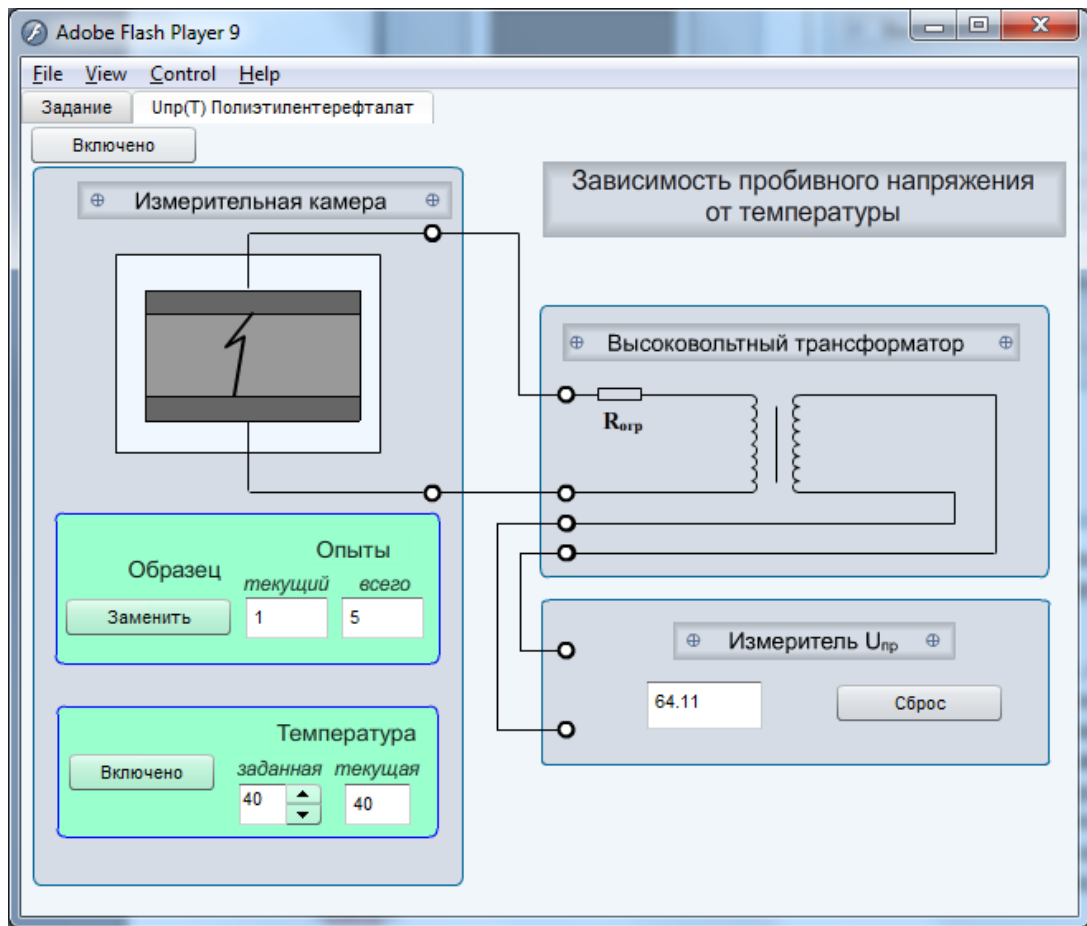


Рис. 6. Измерение температурной зависимости пробивного напряжения образца

Черный канал на виртуальном образце указывает, что образец пробит. Для проведения следующего испытания необходимо: заменить образец, нажав кнопку «Заменить» панели «Образец», сбросить напряжение на источнике напряжения, нажав кнопку «Сброс» измерителя $U_{пр}$. После этого провести измерение, нажав кнопку «Запуск» измерителя $U_{пр}$.

Рассмотрим порядок работы с виртуальным стендом «Зависимость пробивного напряжения от числа слоев (толщины) образца» (рис. 7).

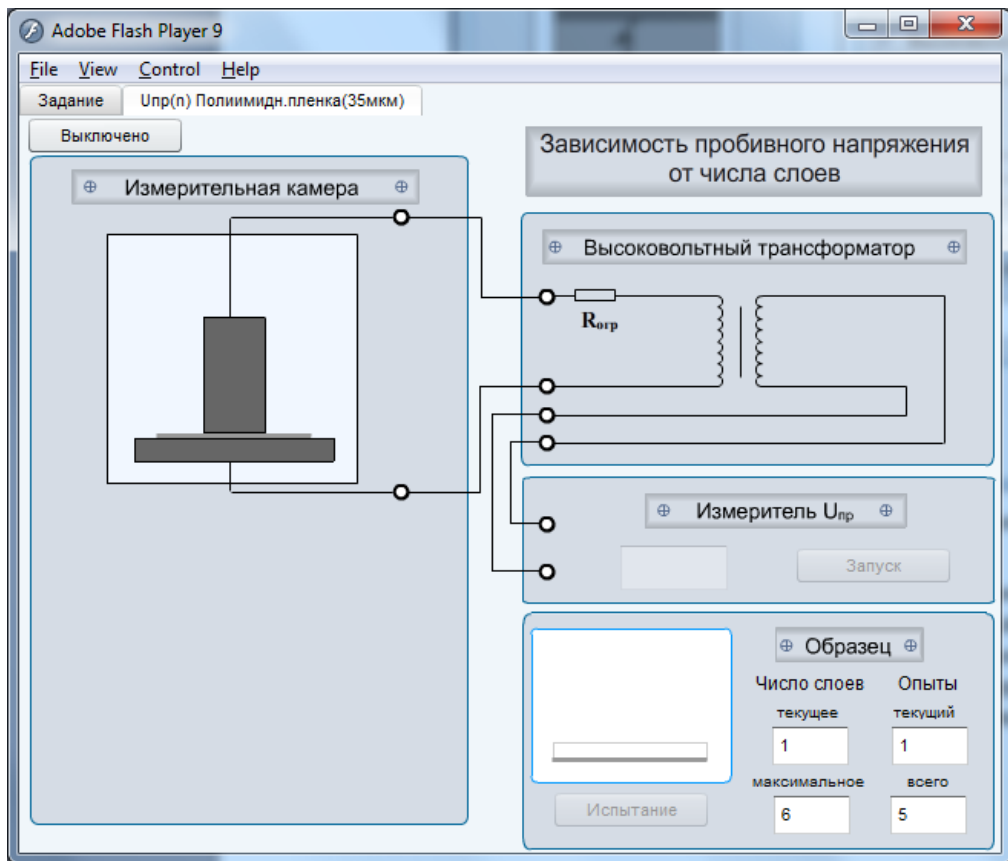


Рис. 7. Измерение зависимости пробивного напряжения от толщины образца

Измерение проводится аналогично предыдущему рассмотренному опыту. Дополнительно на панели «Образец» указывается число слоев образца и пиктограмма текущей и максимальной толщины образца.

В процессе выполнения работы можно перемещаться между вкладками стенда. Например, в процессе измерения обратиться на вкладку «Задание», далее вернуться к виртуальному стенду и продолжить измерения.

Рабочее задание и порядок проведения работы

Лабораторная работа проводится по следующей схеме:

5. Авторизоваться на учебно-методическом комплексе «Виртуальные лабораторные работы по курсу ЭТМ» (<http://etm.mpei.ru>). Загрузить виртуальную лабораторную работу «Пробой твердых диэлектриков». Перейти к вкладке «Задание» на виртуальном лабораторном стенде и ознакомиться с выданным для выполнения заданием.
6. Перейти на вкладку $U_{пр}(n)$, собрать схему. Снять зависимость пробивного напряжения от числа слоев (толщина) образца. Занести в таблицу толщины образцов, измеренные значения напряжения на первичной обмотке. Рассчитать средние значения пробивного напряжения и электрической прочности. Построить графики зависимости среднего пробивного напряжения и средней электрической прочности.
7. Перейти на вкладку $U_{пр}(T)$, собрать схему. Снять зависимость пробивного напряжения от температуры в заданном диапазоне. Занести в таблицу значения температур, измеренные значения напряжения на первичной обмотке. Рассчитать средние значения пробивного напряжения и средние значения электрической прочности.

8. Сделать письменные выводы по проделанной работе, объяснив полученные в работе зависимости. Подготовить отчет в формате текстового процессора Microsoft Word по проделанной работе в соответствии с установленными требованиями. Отчет должен включать в себя:
- титульный лист с наименованием лабораторной работы, названием кафедры, Ф.И.О. студента и преподавателя;
 - конкретное задание, номер варианта;
 - основные формулы и соотношения, по которым проводился расчет;
 - таблицы (протоколы) с результатами экспериментов и рассчитанными значениями среднего пробивного и средней электрической прочности;
 - графики, полученных зависимостей;
 - краткие письменные выводы, объясняющие соответствие (или несоответствие) полученных зависимостей теоретическим.

Графические зависимости оформляются с помощью средств построения графиков Excel, либо с помощью любых программ построения графиков.

Контрольные вопросы

1. Что такое электрическая прочность диэлектриков?
2. Каковы причины пробоя диэлектриков?
3. Характерные черты электрического и теплового пробоев.
4. Методика измерения пробивного напряжения.
5. Причины “старения” диэлектрика в электрическом поле.
6. Свойства конденсаторных бумаг и лакотканей.

Литература

1. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы. Изд-во: Маршрут, 2005, 356 с.
2. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. Учебник. Лань. 2001, 185 с.
3. Конструкционные и электротехнические материалы / под ред. В.А.Филикова. М.:Высшая школа, 1990, 294 с.
4. Электронные учебники по курсу «Электротехническое материаловедение». НИУ МЭИ, <http://ftemk.mpei.ac.ru/ctlw/LocalContent.aspx?id=etmTut>
5. Бородулин В.Н., К.В.Елизаров К.В., Сутченков А.А., Тихонов А.И. Методические указания по курсу Электротехническое материаловедение. Под ред А.И. Тихонова; М.: Изд-во МЭИ, 1997. 32с. Электронное учебное пособие.
6. Бородулин В.Н., К.В.Елизаров К.В., Сутченков А.А., Тихонов А.И. Задачи компьютерного учебно-контролирующего комплекса. Учебное пособие по курсу Электротехническое Материаловедение. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 42с. Электронное учебное пособие.