

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОКОВ УТЕЧКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ

С. В. Репич

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Д. И. Зализный

Электроизоляционные материалы не должны пропускать электрический ток под действием приложенного постоянного электрического напряжения, т. е. они должны быть непроводниками. Однако идеальных непроводников не существует.

Практически все применяемые диэлектрики при приложении постоянного напряжения обнаруживают свойство электропроводности.

Различают объемное сопротивление изоляции R_v , численно определяющее проводимость через толщину изоляции, и поверхностное сопротивление изоляции R_s , характеризующее наличие слоя повышенной электропроводности на поверхности раздела твердой изоляции с окружающей газообразной или жидкой средой, образующегося вследствие неизбежных загрязнений, увлажнения и т. п.

Соответственно вводятся понятия объемного тока утечки I_v и поверхностного тока утечки I_s . Объемный ток утечки I_v проходит между электродами через толщину диэлектрика, а поверхностный ток утечки I_s проходит по поверхности диэлектрика. Сумма этих токов определяет общий ток утечки I_{yt} .

Для определения удельных сопротивлений – объемного и поверхностного – необходимо разделить в образце объемный и поверхностный токи и измерить их в отдельности, после чего, подсчитав по напряжению и току соответствующие сопротивления, найти значения удельных сопротивлений [1].

Для отдельного измерения объемного и поверхностного токов был разработан лабораторный стенд, функциональная схема которого представлена на рис. 1.

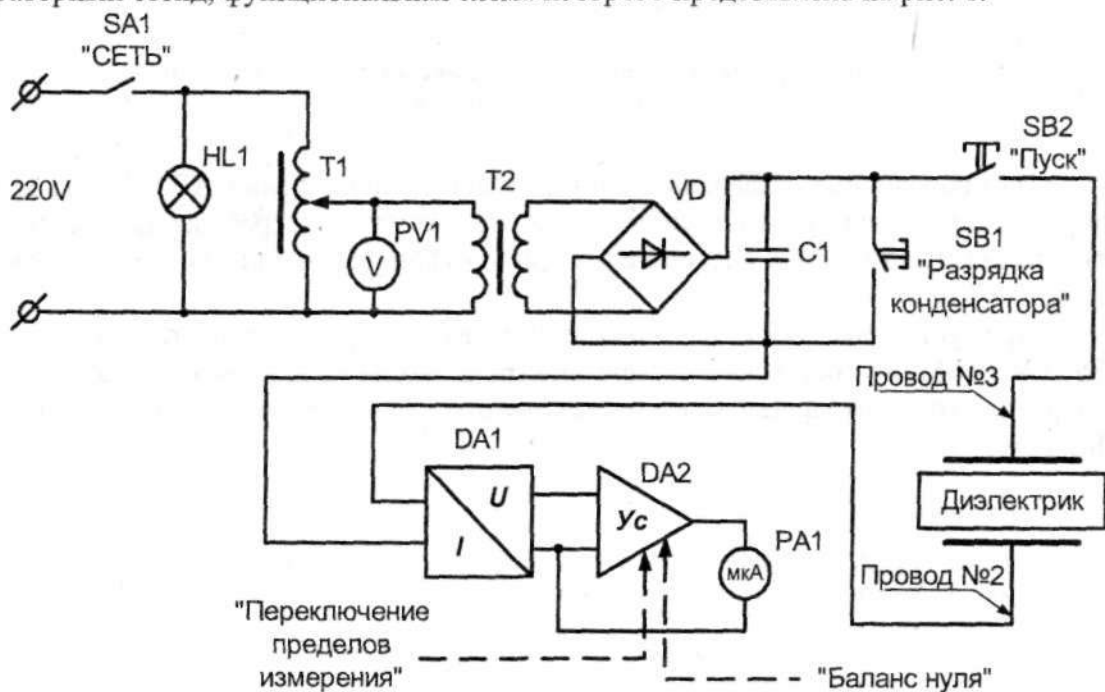


Рис. 1. Функциональная схема лабораторного стенда

Схема работает следующим образом. Сетевое напряжение 220 В через тумблер «Сеть» подается на регулировочный автотрансформатор (ЛАТР) Т1. При включении тумблера «Сеть» начинает светиться сигнальная лампа HL1. Напряжение, снимаемое с вторичной обмотки ЛАТРа, контролируется с помощью вольтметра PV1, выведенного на лицевую панель стенда. Это же напряжение подается на первичную обмотку повышающего трансформатора Т2.

На вторичной обмотке трансформатора Т2 формируется высокое напряжение, которое может достигать 1 кВ. Это напряжение выпрямляется с помощью диодного моста VD и сглаживается высоковольтным конденсатором С1. После отключения питания конденсатор С1 продолжает хранить напряжение. Поэтому для его разрядки

предусмотрена кнопка SB1, которую можно нажимать только при отключенном питании.

Высоковольтное постоянное напряжение подается на исследуемый образец диэлектрика через кнопку SB2 «Пуск». В случае отпускания SB2 напряжение на диэлектрик не подается.

Исследуемый образец диэлектрика подключается последовательно с высоковольтным конденсатором и электронным преобразователем ток-напряжение DA1. На выходе DA1 формируется напряжение, пропорциональное току утечки диэлектрика. Далее это напряжение подается на вход электронного усилителя DA2. Коэффициент усиления данного усилителя можно изменять с помощью переключателя «Переключение пределов измерения», выведенного на лицевую панель стенда. К выходу усилителя подключен микроамперметр, показания которого пропорциональны току утечки диэлектрика. Статическую ошибку усилителя можно скомпенсировать с помощью регулятора «Баланс нуля», выведенного на лицевую панель стенда.

С помощью данного стенда были сняты зависимости объемного и поверхностного токов утечки от времени для образца из хлопчатобумажной пряжи (рис. 2).

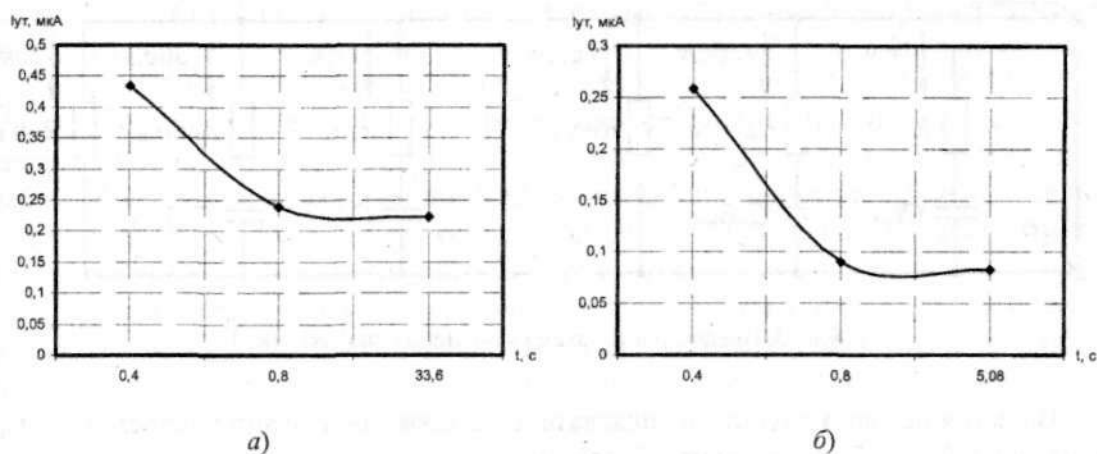


Рис. 2. Зависимость тока утечки от времени: а – объемный ток утечки; б – поверхностный ток утечки

При приложении выпрямленного напряжения к схеме замещения в первый момент времени проходит только ток I_T заряда геометрической емкости C_T , т. е. емкости, определяемой геометрическими размерами изоляции. Этот ток быстро прекращается, а положительные и отрицательные заряды, накопившиеся на границах изоляции, создают в ее толще электрическое поле, под действием которого после прекращения прохождения тока I_T возникает явление поляризации, характерное уже для реального изоляционного материала со сложной структурой. Это явление связано с прохождением тока абсорбции $I_{абс}$ в период времени после приложения напряжения, после заряда геометрической емкости.

Ток поляризации определяется медленным поворотом под влиянием электрического поля диполей, характерных для изоляции, а также зарядом отдельных емкостей $C_{абс}$, образующихся между слоями. Значение его зависит от дефектов и неоднородности изоляции и сопротивления $R_{абс}$ смежных участков, представляющих собой чисто активное сопротивление.

После прекращения процесса поляризации, т. е. заряда абсорбционной емкости, ток $I_{\text{абс}}$ становится равным нулю, но через изоляцию продолжает протекать ток сквозной проводимости, определяемый общим сопротивлением постоянному току изоляции, условно изображенным в виде сопротивления $R_{\text{из}}$ [2].

Как видно из рис. 2, составляющие геометрического тока, а также составляющие тока абсорбции для объемного и поверхностного токов утечки примерно равны по значению. На основании этого можно сделать вывод о том, что целесообразно ввести понятия: объемный и поверхностный геометрические токи, а также объемный и поверхностный токи абсорбции. Тогда можно записать следующие выражения:

$$\begin{aligned} I_{\text{ут.v}} &= I_{\text{г.v}} + I_{\text{абс.v}} + I_{\text{ск.v}}, \\ I_{\text{ут.s}} &= I_{\text{г.s}} + I_{\text{абс.s}} + I_{\text{ск.s}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Соответственно схема замещения диэлектриков примет следующий вид (рис. 3).

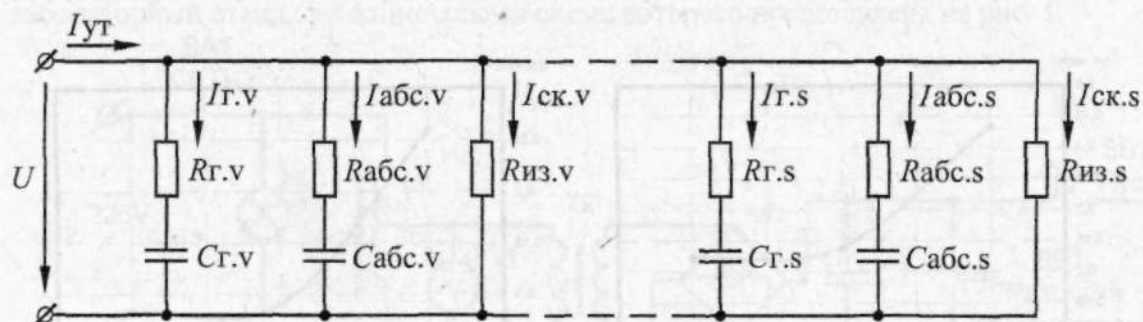


Рис. 3. Предложенная схема замещения диэлектрика

В настоящее время одним из показателей состояния изоляции является коэффициент абсорбции. Коэффициент абсорбции – отношение сопротивления изоляции $R_{\text{из}}$, измеренного через 60 секунд с момента приложения напряжения к изоляции, к $R_{\text{из}}$, измеренному через 15 секунд. Определение $R_{\text{из}}$ производится измерением тока утечки $I_{\text{ут}}$, проходящего через изоляцию, при приложении к ней напряжения [2].

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о разделении коэффициента абсорбции на объемный и поверхностный, что предполагает более точное определение состояния изоляции.

Литература

1. Электротехнические материалы : практ. пособие к лаб. работам по одноим. курсу для студентов специальности 1-42 01 03 / авт.-сост. М. В. Столбов, Н. В. Токочакова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2004. – 46 с.
2. Мусаэля, Э. С. Наладка и испытание электрооборудования электростанций и подстанций : учеб. для учащихся энергет. и энергостр. техникумов / Э. С. Мусаэлян. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1979. – 464 с. : ил.