

ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Стругов В.В., Антипов С.А.

Научный руководитель: Лавринович В.А., к.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sv_altai@sibmail.com

Практически в любом высоковольтном оборудовании в рабочих режимах существуют частичные разряды, однако их разрушающая способность может быть различна. Наличие дефектов в изоляции на основе полимерных материалов может приводить к возникновению частичных разрядов. Существенными факторами, определяющими эрозию диэлектрика под действием частичных разрядов, являются бомбардировка их поверхности заряженными частицами из плазмы газового разряда, химическое взаимодействие с продуктами, образующимися в разряде, а также ультрафиолетовое облучение. Роль отдельных факторов действия разряда для разных полимеров может быть различной [1].

Частичные разряды в изоляции возникают в местах с пониженной электрической прочностью, в дальнейшем будет называться «включением» (например, в прослойках пропитывающей жидкости или в газовых включениях в толще диэлектрика).

При рассмотрении частичных разрядов эквивалентная схема диэлектрика емкостью C_x может быть представлена тремя емкостями на рисунке 1: C_B — емкостью элемента диэлектрика, участвующего в ч. р. (емкость включения); C_D — емкостью элемента диэлектрика, включенного последовательно с первым; C_A — емкостью остальной части диэлектрика, лишенной включений. При этом

$$C_x = C_a + \frac{C_B C_D}{C_B + C_D}.$$

Возникновение частичных разрядов происходит, когда напряжение на включении достигнет пробивного значения напряжения зажигания разряда во включении.

Соотношение между напряженностью во включении и средней напряженностью будет зависеть от соотношения между толщинами диэлектрика и включения. Если ввести обозначения: d_D — толщина диэлектрика, расположенного последовательно с включением; d_B — толщина включения; U — напряжение на электродах образца, то для эквивалентной схемы на рисунке 1 имеем

$$E_B = \frac{UC_D}{d_B(C_D + C_B)} = \frac{U\varepsilon_D / d_D}{d_B \left(\frac{\varepsilon_D}{d_D} + \frac{\varepsilon_B}{d_B} \right)} = \frac{U\varepsilon_D}{\varepsilon_B d_D + \varepsilon_D d_B}$$

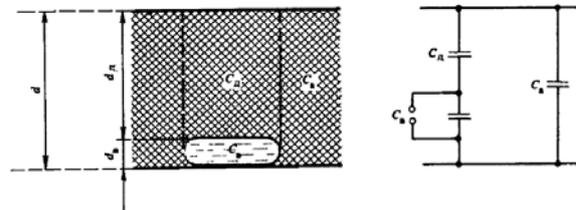


Рис. 1. Эквивалентная схема при рассмотрении частичных разрядов в диэлектрике и отношение E_B к средней напряженности E_{CP} равно:

$$\frac{E_B}{E_{CP}} = \frac{1 + d_B / d_D}{(\varepsilon_B / \varepsilon_D) + (d_B / d_D)} [2].$$

На рисунке 2 приведена блочная схема модели для обнаружения частичных разрядов, состоящая из: 1 высоковольтный источник постоянного тока, 2 высоковольтный конденсатор, 3 коммутационный ключ, 4 испытуемый объект, 5 датчик и 6 осциллограф. В качестве испытуемого объекта применялось орг стекло с искусственным дефектом. В качестве датчика использовано мало индуктивное сопротивление номиналом 1 Ом. Используется силовой конденсатор марки ИК100-01. Осциллограф Tektronix типа TDC-2012 с полосой 100МГц. Осциллограф подключается к датчику через высоковольтный кабель РК-50-9-11 и делитель напряжения: High Voltage Probes PPE6KV - 1000:1 400 MHz 5 MOhms/50 MOhms

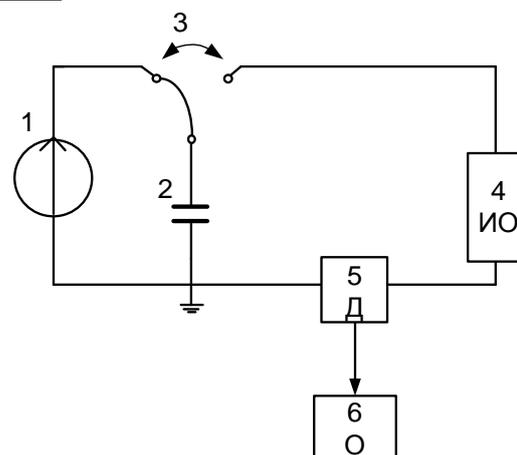


Рис.2. Блочная схема модели

Принцип работы модели: высоковольтным источником постоянного тока, через первое положение коммутационного ключа, заряжаем высоковольтный конденсатор. Далее переключаем коммутационный ключ во второе положение, тем самым подводя на испытуемый объект импульсное напряжение постоянного тока.

На рисунках 3 и 4 приведены осциллограммы при различном импульсном напряжении. Как

видно из осциллограмм при увеличении уровня напряжения при заряде конденсатора, пропадают пиковые всплески и величина максимального напряжения уменьшается с десятков вольт до единиц. Это связано с тем, что частичный разряд расходует часть энергии, и тем самым поглощая всплески.

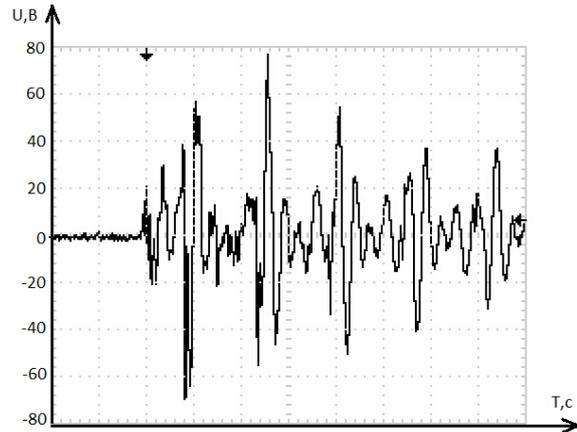


Рис.3. Переходная характеристика при 6 кВ

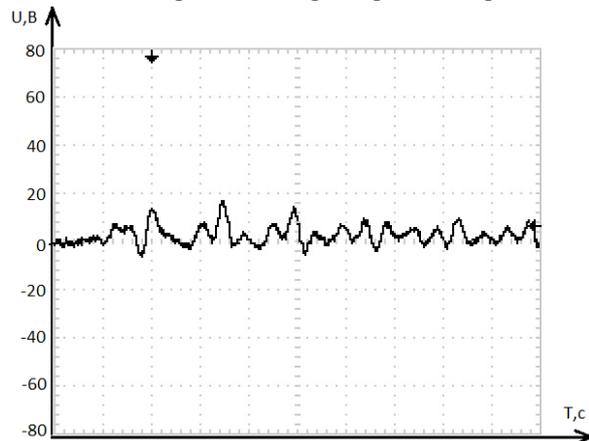


Рис.4. Переходная характеристика при 9 кВ

После ряда повторений эксперимента на напряжении в 9 кВ и дальнейшем увеличении напряжения характеристика, снимаемая с осциллографа, вида изменилась, приняла вид рисунок 5. В дальнейшем при проведении эксперимента на напряжении 9 кВ характеристика не повторялась как на рисунке 4. Это связано с тем, что после появления частичных разрядов в искусственном дефекте появилось науглероживание на поверхности дефекта. Условно дефект представляется емкостью, после науглероживание является шунтом. При сравнении характеристик на рисунках с 3 по 5 можно сделать вывод, что после появления частичных разрядов появилось науглероживание, которое частично зашунтировало дефект, и поэтому на рисунке 5 колебание немного больше чем на рисунке 4.

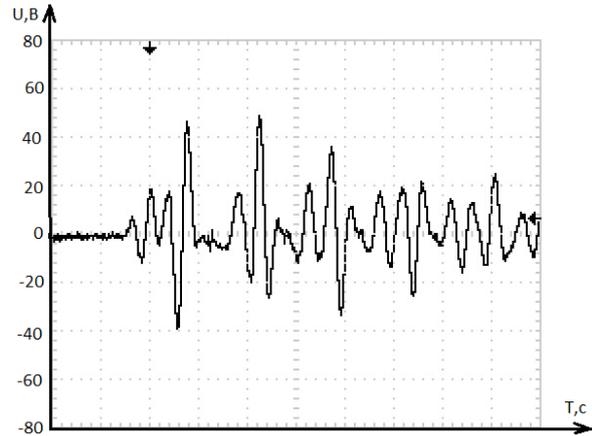


Рис.5. Переходная характеристика при 11 кВ

На рисунка 6 и 7 приведены фотографии дефектов до и после экспериментов соответственно. До экспериментов наглядно видно, что дефект прозрачный, а после эксперимента появилось науглероживание, и дефект помутнел.



Рис.6. Искусственный дефект до эксперимента



Рис.7. Искусственный дефект после Эксперимента

Список литературы

1. Галичин Н. А.Борисова М. Э. Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Физика. -2009. -№79
2. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях.—Л.: Энергия. Ленингр.отд-ние, 1979.—224с., ил.