

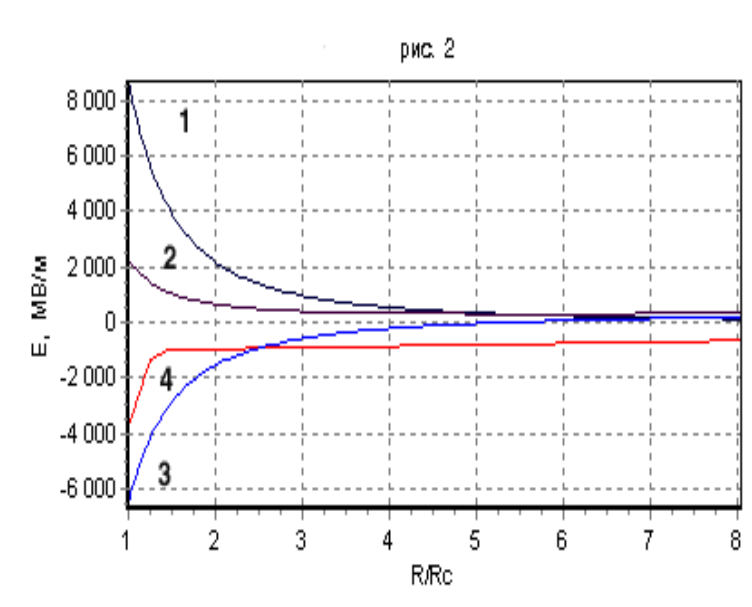
УДК 541.64:537.2

Е.А. Степанов (6 курс, каф. ПФОТТ), Н.Т. Сударь, к.ф.-м.н., доц.

ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ ЭЛЕКТРОНАГРУЖЕННЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

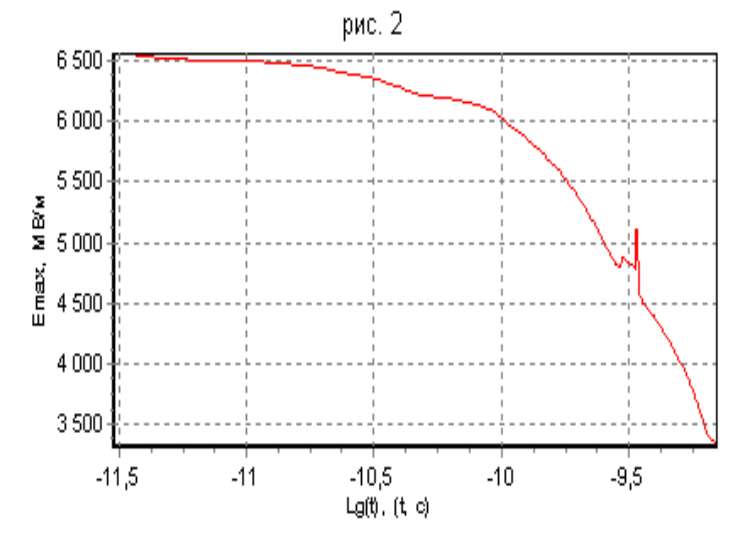
Экспериментально установлено, что электрическая долговечность полимерного изолятора при многократном включении и выключении воздействующего на него напряжения, заметно меньше, чем при непрерывно включенном напряжении той же величины [1]. Полагают, что это связано с возникновением значительных электрических перенапряжений в момент включения и выключения напряжения, которые вызваны накапливающимся в образце объемным зарядом. В данной работе оценены электрические перенапряжения, возникающие вблизи острия на катоде при коротком замыкании электродов. Острие моделировалось сферой малого радиуса (R_c) в сферическом concentрическом, заполненном изотропным диэлектриком, конденсаторе. Накопление объемного отрицательного заряда (ООЗ) происходило вследствие автоэлектронной эмиссии из острия в полимер и захвата электронов на ловушки. На первом этапе вычислений рассчитывалось стационарное распределение полей и зарядов, т.е. такое распределение, которое возникает вблизи микроострия на катоде после длительного воздействия электрического поля.

Результаты расчетов представлены на рис.1. Кривая 1 соответствует полю вблизи микроострия в момент включения напряжения, когда ООЗ еще нет, кривая 2 – стационарному распределению поля. Видно, что максимально достижимое поле в результате накопления ООЗ уменьшилось у катода почти в 4,1 раза. Расчет поля был проведен исходя из стационарного распределения ООЗ. На этом же рисунке (кривая 3) представлено распределение напряженности электрического поля $E(r)$, возникающее в момент выключения напряжения на образце, это обусловлено накоплением в образце ООЗ. Видно, что поле поменяло знак на противоположный, и на границе электрод-полимер оно достигает величины $-6,5$ ГВ/м.



Второй этап расчетов был связан с моделированием процесса “рассасывания” ООЗ. Был разработан численный алгоритм, учитывающий перемещение электронов под действием создаваемого ими же электрического поля, перезахват и освобождение электронов из ловушек и, наконец, нейтрализацию электронов, достигающих электрода малого радиуса, который теперь стал анодом. На рис.1 (кривая 4) представлено распределение поля вблизи микроострия через 1,6 нс после выключения напряжения.

Видно, что напряженность электрического поля у анода снизилось до $-3,7$ ГВ/м. Это связано как с уходом электронов в анод (электрод меньшего радиуса), так и перераспределением их в объеме.



Во всех случаях максимальная напряженность электрического поля (E_{max}) достигается на границе электрод-полимер. Можно полагать, что процессы электрического разрушения наиболее интенсивно будут проходить именно в этой области. Зная зависимость $E_{max}(t)$, и используя критерий Бейли, можно рассчитать долю использованного ресурса в процессе электрического старения полимера в виде

$$\int_0^t \frac{dt}{\tau[E(t)]} = \alpha, \quad (1)$$

где t - время воздействия напряжения, $\tau[E(t)]$ — функциональный вид зависимости долговечности от напряженности электрического поля, α — израсходованная доля ресурса (при $\alpha=1$ наступает разрушение образца). Проведенные нами оценки α по формуле (1) при рассчитанном $E(t)=E_{max}(t)$ (зависимость $E_{max}(t)$ представлена на рис. 2) показали, что при однократном выключении расходуется пренебрежимо малая доля ресурса изолятора ($\alpha \approx 10^{-18}$). Это позволяет сделать вывод о том, что перенапряжения, возникающие в полимерах при выключении напряжения, не могут быть причиной электрического пробоя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. IEEE Trans. Elect. Insult., v.E1-21, N6, 1986y., p. 873-879 T. Takada