

К ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МЕХАНИЧЕСКОМ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

С. И. Кривошеев, Ю. Э. Адамьян, С. Г. Магазинов, И. Б. Кузнецов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Импульсное воздействие механической и электрической природы на твердую изоляцию характеризуется повышением разрушающих нагрузок при уменьшении длительности импульса.

Для сопоставления параметров таких воздействий и оценки их совместного/комбинированного влияния на состояние системы использовано соотношение:

$$\frac{\max_{(x,y,z)} \int_0^t w_p(t,x,y,z)|_{PA} dt}{\tau_L|_{PA}} \leq w_{p0}|_{PA}, \quad (1)$$

где w_p – плотность потенциальной энергии, соответствующей разрушению при механическом воздействии ($PA \rightarrow fr$) или электрическому пробою ($PA \rightarrow el. br$). Параметр материала $\tau_L|_{PA}$ – время аккумуляции энергии определяется при известной истории нагружения и предельной плотности энергии $w_{p0}|_{PA}$ в статике. Нарушение условия (1) соответствует переходу в разрушенное состояние. При этом относительная мощность

$$\Lambda|_{PA} = (w_p/w_0)/(T_p/\tau_L)|_{PA},$$

реализуемая при разрушении, не зависит от типа энергетического воздействия

$$\Lambda|_{\forall} = \text{const} \left((T_p/\tau_L)|_{\forall} \right)^{-2},$$

T_p – характерное время порогового разрушающего воздействия. Учитывая аддитивный характер энергии, смена состояния системы при комбинированном воздействии определяется совокупным действием энергетических потоков в соответствующих точках пространства:

$$\Lambda|_{\Sigma} = \max_{(x,y,z)} \sum_{PA} (\Lambda|_{PA}).$$

Представленные на рис. 1 зависимости демонстрируют чувствительность электрической прочности к одномоментному механическому воздействию для разных параметров материала и режимов нагружения. Определение времен аккумуляции требует контроля за параметрами нагружения, что упрощается при использовании магнитно-импульсного способа формирования управляемых воздействий [1], и производится по методикам, описанным в [2, 3].

Работа поддержана ГК Росатом и Минобрнауки России в рамках Федерального проекта 3 (ФПЗ), проект № FSEG-2025-0005 «Разработка конструкторских и технологических решений по обеспечению механической прочности и охлаждению центрального соленоида токамака ТРТ».

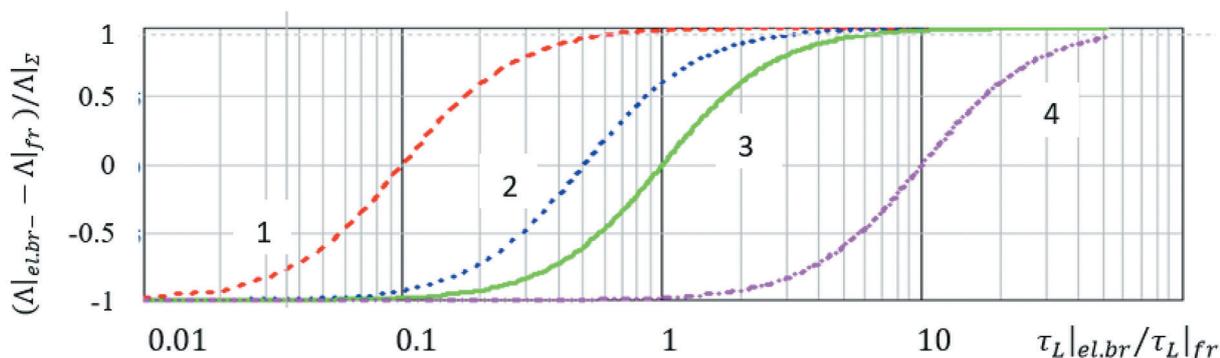


Рис. 1. Вклад электрической энергии в разрушение при комбинированном импульсном воздействии для различных длительностях нагружения $T_p|_{el.br}/T_p|_{fr}$:

1 – 0,1; 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 3

Литература

1. **Krivosheev, S. I.** Pulsed magnetic technique of material testing under impulsive loading [Text] // Tech. Phys. – 2005. – Vol. 50, No. 3. doi: 10.1134/1.1884733.
 2. **Krivosheev, S. I.** Destruction of brittle materials by microsecond pressure pulses at their formation by magnetic pulse method [Text] / S. I. Krivosheev, N. V. Korovkin, V. K. Slastenko, and S. G. Magazinov // Int. J. Mech. – 2015. – Vol. 9. – P. 293–299.
 3. **Adamian, Y. E.** Features in Describing the Impulse Insulation Strength of Polymer Dielectrics [Text] / Y. E. Adamian, S. I. Krivosheev, and S. G. Magazinov // Technical Physics Letter. – 2021. – Vol. 47, No. 3. – P. 211–213. doi: 10.1134/S1063785021030020.
-