

ПОЛЕВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

В.В. Киселевич

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, Гомель, Беларусь;
valentinkis@list.ru

Цель работы: вывод уравнения зависимости электрической долговечности полимеров от величины напряжённости приложенного поля.

Теоретическая часть

Установление закономерностей влияния напряжённости E электрического поля на величину долговечности t_{br} полимеров является чрезвычайно важной задачей, решение которой позволит определить возможные пути повышения их электропрочностных свойств. В настоящей работе для получения уравнения зависимости $t_{br} = f(E)$ воспользуемся методами математической теории катастроф.

Описание физических систем в теории катастроф выполняют посредством потенциальных функций $\Phi(x; A_i)$, где x является переменной, характеризующей состояние системы, а A_i – i -м управляющим параметром, от которого зависит переменная x . Конкретный вид функции Φ определяется количеством параметров x и A_i , учитываемых при анализе физической системы.

При постоянной температуре долговечность t_{br} главным образом зависит от одного параметра – напряжённости E электрического поля, приложенного к полимеру. Поэтому при выводе уравнения электрической долговечности полимеров в первом приближении можно ограничиться рассмотрением однопараметрической функции катастрофы складки.

Уравнение функции Φ катастрофы складки, описывающее состояние полимерного диэлектрика в сильном электрическом поле имеет вид:

$$\Phi(F_E; v) = F_E^3/3 - a_t v F_E, \quad (1)$$

где F_E – безразмерная напряжённость электрического поля; v – безразмерная скорость накопления повреждений, приводящих к пробое диэлектрика; a_t – положительный масштабный множитель.

Подставляя нормировочные соотношения

$$F_E = E/E_D - 1; \quad v = t_D/t_{br} - 1 \quad (2)$$

в решение уравнения $\partial\Phi/\partial F_E = 0$, найдём искомое выражение для полевой зависимости электрической долговечности полимерного диэлектрика:

$$t_{br} = t_D / [1 + (E/E_D - 1)^2 / a_t], \quad (3)$$

где t_D – пороговое значение долговечности полимера, находящегося в электрическом поле напряжённостью $E = E_D$; E_D – величина допустимой рабочей напряжённости, соответствующей заданному ресурсу полимера.

Обсуждение результатов

Для проверки применимости выражения (3) нами выполнена обработка опытных данных [1] по изучению влияния напряжённости E на долговечность t_{br} кабельной изоляции из сшитого полиэтилена (СПЭ). В результате найдены значения следующих параметров: $a_t = 3,767 \cdot 10^{-3}$; $E_D = 9,82$ МВ/м; $t_D = 9,263 \cdot 10^8$ с $\approx 29,37$ лет. Полученная величина t_D согласуется со средним нормативным значением срока службы силовых СПЭ-кабелей, составляющим 30 лет. График функции $t_{br} = f(E)$, построенный для СПЭ-изоляции по формуле (3), изображён на рис. 1.

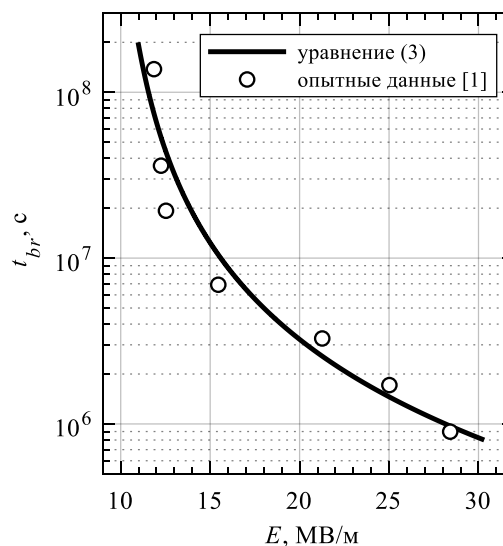


Рис. 1. Полевая зависимость электрической долговечности кабельной изоляции из сшитого полиэтилена

Из рис. 1 видно, что аппроксимирующая кривая (сплошная линия) хорошо коррелирует с опытными данными (символы). Это подтверждает возможность использования выражения (3) для описания экспериментальных полевых зависимостей $t_{br} = f(E)$ полимерных электроизоляционных материалов.

Заключение

В русле теории катастроф получено уравнение (3), моделирующее зависимость долговечности полимерных диэлектриков от напряжённости воздействующего на них электрического поля. Определены параметры этого уравнения для СПЭ-изоляции.

1. Simoni L. A general phenomenological life model for insulating materials under combined stresses // IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. — 1999 (6), no. 2, 250—258