

# ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДЕНДРИТОВ В ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Киселевич В. В.<sup>1</sup>

1) Гомель, Белоруссия, Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого, e-mail: valentinkis@list.ru

Длительная эксплуатация полимерной изоляции вызывает образование в её объёме электрических дендритов, дальнейшее развитие которых сопровождается частичными разрядами и, в конечном счёте, приводит к пробое изоляции. Пробой электрической изоляции высоковольтных установок, подвергаемых значительным кратковременным перенапряжениям, нередко происходит уже на стадии зарождения дендритов. По этой причине для надёжного прогнозирования срока службы таких установок важно знать зависимость времени образования дендритов от величины напряжённости электрического поля, приложенного к изоляции. Целью настоящей работы является получение указанной зависимости при помощи математической теории катастроф.

Описание физических систем в теории катастроф выполняют с помощью потенциальных функций  $\Phi(x; A)$ , определяемых заданным набором переменных состояния  $x$  и параметров управления  $A$ . Переменные  $x$ , характеризующие состояние системы, зависят от подлежащих варьированию управляющих параметров  $A$ . Число параметров  $x$ ,  $A$  и, следовательно, вид функции  $\Phi$ , определяются сложностью рассматриваемой системы.

Время  $t_{tr}$  зарождения дендритов главным образом зависит от одного существенного параметра – максимальной локальной напряжённости  $E_m$  электрического поля. Поэтому для установления аналитической взаимосвязи между  $t_{tr}$  и  $E_m$  в первом приближении ограничимся рассмотрением уравнения функции однопараметрической катастрофы складки:

$$\Phi(E_m; \mathcal{V}_{tr}) = E_m^3/3 - a_t \mathcal{V}_{tr} E_m, \quad (1)$$

где  $E_m$  – безразмерная напряжённость;  $a_t$  – положительный масштабный множитель;  $\mathcal{V}_{tr}$  – безразмерная величина, обратная времени  $t_{tr}$  зарождения дендритов.

Решая уравнение  $\partial\Phi/\partial E_m = 0$  и выражая безразмерные математические параметры  $E_m$  и  $\mathcal{V}_{tr}$  через размерные физические величины  $E_m$  и  $t_{tr}$  при помощи соотношений

$$E_m = E_m/E_{th} - 1; \quad \mathcal{V}_{tr} = t_{th}/t_{tr} - 1, \quad (2)$$

получим выражение для оценки времени образования дендритов в полимерной изоляции:

$$t_{tr} = t_{th} / [1 + a_t^{-1} (E_m/E_{th} - 1)^2]. \quad (3)$$

Здесь  $t_{th}$  – пороговое время образования дендритов;  $E_{th}$  – пороговая напряжённость, по достижении которой в изоляции запускается механизм образования дендритов.

Обработка экспериментальных данных [1] позволила выполнить оценку параметров уравнения (3) для образцов полиэтилена:  $a_t = 1,289 \cdot 10^{-4}$ ;  $t_{th} = 5,904 \cdot 10^5$  с;  $E_{th} = 400,7$  МВ/м. Определённая нами величина пороговой напряжённости хорошо согласуется с указанным в работе [1] значением  $E_{th}$ , равным 400 МВ/м, что подтверждает возможность применения выражения (3) для описания полевой зависимости  $t_{tr} = f(E_m)$ . Представление уравнения (3) в виде временной зависимости  $E_m = f(t_{tr})$  даёт возможность решить довольно часто встречаемую на практике обратную задачу – определить уровень напряжённости электрического поля, исключаяющий появление дендритов в полимерной изоляции на протяжении заданного времени её эксплуатации.

## Литература

1. Dissado L.A., Hill R.M. The statistics of electrical tree inception // IEEE Trans. Electr. Insul. (1990) **25**, no. 4, p. 660–666.