

## К РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВВОДА С ГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Бржезицкий В.А., д.т.н., проф., Маслюченко И.Н., Троценко Е.А.  
 Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"  
 Кафедра техники и электрофизики высоких напряжений  
 Украина, 03056, Киев-56, проспект Победы, 37, ФЭА НТУУ "КПИ",  
 тел. (044) 241-76-35

*Виконано коректування формул для визначення максимальної напруженості електричного поля на струмоведучому стержні високовольтного вводу з газовою ізоляцією.*

*Выполнена корректировка формул для определения максимальной напряженности электрического поля на токоведущем стержне высоковольтного ввода с газовой изоляцией.*

Вопрос расчета электрических полей высоковольтных вводов с газовой изоляцией рассмотрен в [1]. Вместе с тем, некоторые положения [1] в настоящее время могут иметь дополнение.

В качестве типовых в [1] рассмотрены две конструкции, представленные на рис. 1. На рис. 1, а показана конструкция ввода, состоящего из токоведущего стержня, находящегося под потенциалом, и заземленного фланца в виде тороида. На рис. 1, б показана конструкция ввода с "бесконечно" протяженным фланцем. Рассмотрен случай, когда толщина фланца вдвое больше его радиуса скругления.

Для обеспечения возможности сравнения результатов расчетов будем использовать систему относительных единиц, принятую в [1].

За единицу длины примем радиус отверстия в заземленном фланце  $R_0$  (рис. 1), за единицу потенциала – потенциал на токоведущем стержне  $U$ , за единицу напряженности электрического поля – величину  $E_0 = U/R_0$ .

В дальнейшем изложении все величины, отнесенные к базовым величинам, примут вид, соответственно  $E^* = E \cdot R_0 / U$ ,  $R_\phi^* = R_\phi / R_0$ ,  $R_T^* = R_T / R_0$ .

В качестве одного из результатов [1] показано, что зависимости напряженности электрического поля  $E_A^*(R_T^*, R_\phi^*)$  в точке А (рис. 1), при различных значениях семейств кривых  $R_\phi^* = const$ ,  $R_T^* = var$  имеют характерную V-образную форму с минимумом при  $R_T^* = 1/e = 0,368$ . Само по себе это утверждение сомнительно, поскольку относится к коаксиальным цилиндрам. Проведенные нами расчеты показывают, что зависимости  $E_A^*(R_T^*, R_\phi^*)$  при  $R_\phi^* = const$ ,  $R_T^* = var$  имеют минимум при различных значениях  $R_T^*$ , отличающихся от значения  $1/e$ .

Проведенные расчеты были выполнены с помощью усовершенствованного метода интегральных уравнений [2] с повышенной точностью.

Для соответствия с [1], в расчетах длина токоведущего стержня также принята равной  $30R_0$ .

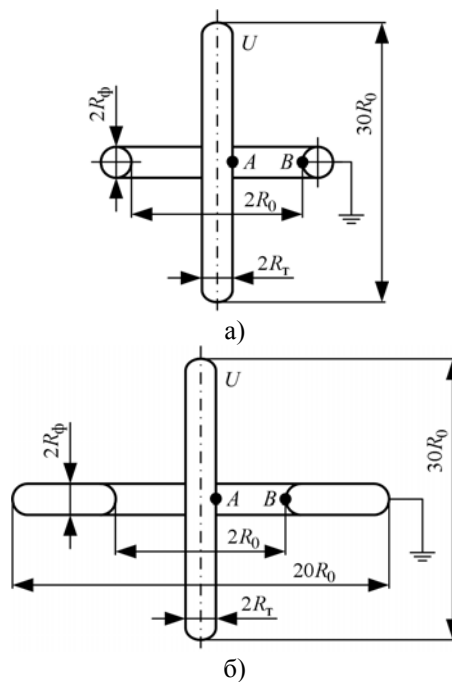


Рис. 1. Высоковольтные вводы с газовой изоляцией:  
 а – промежуток токоведущий стержень-тороидальный фланец; б – промежуток токоведущий стержень-протяженный фланец

К сожалению в [1] не указано каким был при расчете внешний радиус заземленного фланца для конструкции, изображенной на рис. 1, б. Дополнительные расчеты показали, что он должен составлять не менее  $10R_0$ , чтобы полученные результаты практически не зависели от его величины.

Согласно [1], семейство кривых  $E_A^*(R_T^*, R_\phi^*)$  в диапазоне  $0,2 \leq R_T^* \leq 0,6$  и  $0,05 \leq R_\phi^* \leq 0,4$  для конструкций, изображенных на рис. 1, а и рис. 1, б описывается с погрешностью не более 5%, соответственно, эмпирическими формулами (1) и (2):

$$E_A^*(R_T^*, R_\phi^*) = \frac{1 - 0,36 \exp(-3,78 R_\phi^*)}{R_T^* \cdot \ln\left(\frac{1}{R_T^*}\right)}. \quad (1)$$

$$E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*) = \frac{1 - 0,23 \exp(-1,85R_\Phi^*)}{R_T^* \cdot \ln\left(\frac{1}{R_T^*}\right)}. \quad (2)$$

Как уже было отмечено выше, такая аппроксимация не является адекватной реальной картине электрического поля в рассматриваемых промежутках (в некоторых случаях ее погрешность превышает 5%) и поэтому формулы (1), (2) требуют введения корректировки.

Для конструкции, изображенной на рис. 1, а откорректированная формула (1) принимает вид:

$$E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*) = \frac{1 - 0,36 \exp(-3,78R_\Phi^*)}{(R_T^* + k_1) \cdot \ln\left(\frac{1}{R_T^* + k_1}\right)}, \quad (3)$$

где  $k_1 = 0,023207 - 0,00151/R_\Phi^*$ , поправочный коэффициент, определенный на основании проведенных нами расчетов поля и методики [3].

Аналогичным образом для конструкции, изображенной на рис. 1, б откорректированная формула (2) примет вид:

$$E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*) = \frac{1 - 0,23 \exp(-1,85R_\Phi^*)}{(R_T^* + k_2) \cdot \ln\left(\frac{1}{R_T^* + k_2}\right)}, \quad (4)$$

где поправочный коэффициент

$$k_2 = 0,020106 - 0,001591/R_\Phi^*.$$

Формулы (3), (4) корректируют выражения для семейства кривых  $E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*)$  в диапазоне  $0,2 \leq R_T^* \leq 0,6$  и  $0,1 \leq R_\Phi^* \leq 0,4$  для конструкций, изображенных на рис. 1. Графики семейства кривых, соответствующих формулам (3) и (4), представлены на рис. 2 и рис. 3.

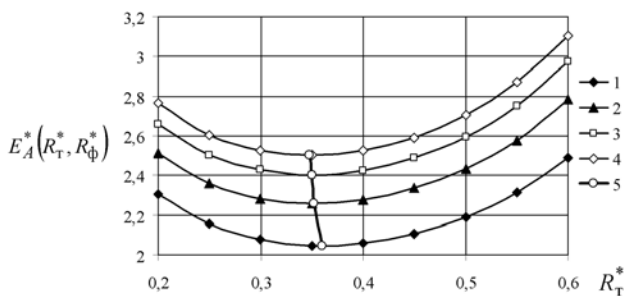


Рис. 2. Максимальная напряженность на токоведущем стержне для ввода с тороидальным фланцем:

1 —  $R_\Phi^* = 0,1$ ; 2 —  $R_\Phi^* = 0,2$ ; 3 —  $R_\Phi^* = 0,3$ ; 4 —  $R_\Phi^* = 0,4$ ; 5 — минимумы  $E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*)$

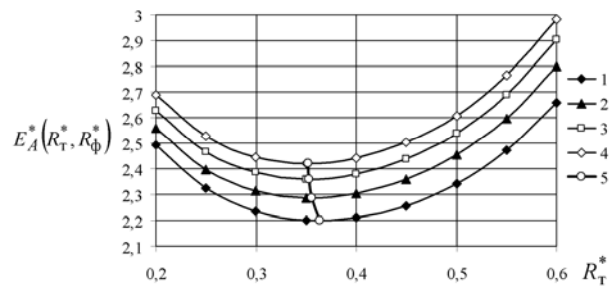


Рис. 3. Максимальная напряженность на токоведущем стержне для ввода с протяженным фланцем:

1 —  $R_\Phi^* = 0,1$ ; 2 —  $R_\Phi^* = 0,2$ ; 3 —  $R_\Phi^* = 0,3$ ; 4 —  $R_\Phi^* = 0,4$ ; 5 — минимумы  $E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*)$

Как следует из графиков на рис. 2 и рис. 3 каждой кривой семейства кривых  $E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*)$  соответствует свой минимум при различных значениях  $R_T^*$ , отличающихся от значения  $1/e = 0,368$ . При этом отклонение минимумов кривых  $E_A^*(R_T^*, R_\Phi^*)$  от значения  $1/e$  растет с увеличением  $R_\Phi^*$ .

Откорректированные формулы для определения максимальной напряженности электрического поля на токоведущих стержнях высоковольтных вводов с газовой изоляцией позволяют более адекватно определять искомые значения максимальной напряженности электрического поля.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Колечицкий Е. С. Расчет электрических полей устройств высокого напряжения. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 168 с.
- [2] Бржезицкий В. А. Определение диагональных коэффициентов при расчетах электрических полей методом интегральных уравнений I рода. // Техническая электродинамика. — 1992. — №2. — С. 32-39.
- [3] Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1988. — 239 с.

Поступила 20.10.2006