

# ДЕЙСТВУЮЩАЯ ШИРИНА ИДЕАЛЬНОГО ПРОВОЛОЧНОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Х.Ф.Таммет

Назовем идеальным проволочным нейтрализатором длинную бесконечно-тонкую проволоку с нулевым начальным напряжением коронного разряда, натянутую параллельно эквипотенциальной плоскости, заряд которой подлежит нейтрализации. Интенсивность нейтрализатора будем характеризовать силой ионного тока с единицы длины проволоки  $J$ .

Сила тока с единицы длины плоского нейтрализатора равна произведению ширины ионизатора  $b$  и плотности тока в бесконечно-широком нейтрализаторе  $j_{pl}$  лишь при условии  $b \gg h$ , где  $h$  — расстояние между ионизатором и нейтрализуемой плоскостью. Определяем действующую ширину нейтрализатора статического электричества  $b_{eff}$  как величину, при которой формула

$$J = b_{eff} j_{pl} \quad (1)$$

действительна независимо от отношения  $b/h$ . Введение действующей ширины обеспечивает связь теорий разных нейтрализаторов с теорией плоского нейтрализатора.

В случае идеального проволочного нейтрализатора можно по соображениям размерности записать:

$$b_{eff} = \beta_0 h. \quad (2)$$

Значение постоянной  $\beta_0$  должно определяться методами теории коронного разряда. К сожалению, решение уравнений коронного разряда для промежутка провод-плоскость не известно. Поэтому прибегаем к косвенному способу оценки постоянной  $\beta_0$ .

Для униполярного коронного разряда в промежутке плоскость-плоскость и цилиндр-коаксиальный провод [Таммет, 1969] известны точные формулы:

$$j_{idpl} = \frac{9 \epsilon_0 k U^2}{8 h^3}, \quad (3)$$

$$J_{idcyl} = \frac{2\pi \epsilon_0 k U^2}{R^2}. \quad (4)$$

Здесь  $\epsilon_0$  - абсолютная диэлектрическая проницаемость воздуха ( $\epsilon_0 \approx 8,85$  пФ/м, все выражения написаны в системе СИ),  $k$  - подвижность ионов,  $U$  - напряжение между электродами,  $h$  - расстояние между плоскостями и  $R$  - радиус цилиндра. Начальное напряжение разряда и радиус провода приняты равными нулю. Из формулы (3,4) вытекает, что

$J_{idcyl}$  равно  $J_{idpl}$  при условиях  $R = h$  и  $v_{eff} = \frac{16\pi}{9} h$ . Если было бы известно отношение  $\gamma_{id} = J_{idlin}/J_{idcyl}$ , где  $J_{idlin}$  - сила тока с единицы длины идеального проводочного нейтрализатора при условии  $h = R$ , то легко вычислить и значение  $\beta_0 = \frac{16\pi}{9} \gamma_{id}$ .

Из теории Дейча [Капцов, 1947] вытекает, что  $\gamma_{id} = 0,39$ ; соответствующее значение  $\beta_0$  будет 2,2. Однако, метод Дейча в настоящем случае недостаточно обоснован. Поэтому полученная оценка значения  $\beta_0$  недостоверна.

Метод Попкова [Попков, 1949] почти точен в случае цилиндрической геометрии. Но при рассмотрении промежутка провод-плоскость неизбежны допущения, точность которых трудно оценить. В качестве окончательного результата Попков предложил полуэмпирические уравнения:

$$J_{ein} = \left. \begin{aligned} & \frac{2,57 \epsilon_0 k U_0 (U - U_0) g}{[\ln 2 - \ln(1 + \sqrt{1+g}) - 1 + \sqrt{1+g}] h^2 \ln \frac{2h}{r_0}} \\ & g = \frac{3,3 J_{ein}}{4\pi \epsilon_0 k} \left( \frac{h \ln \frac{2h}{r_0}}{U_0} \right) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

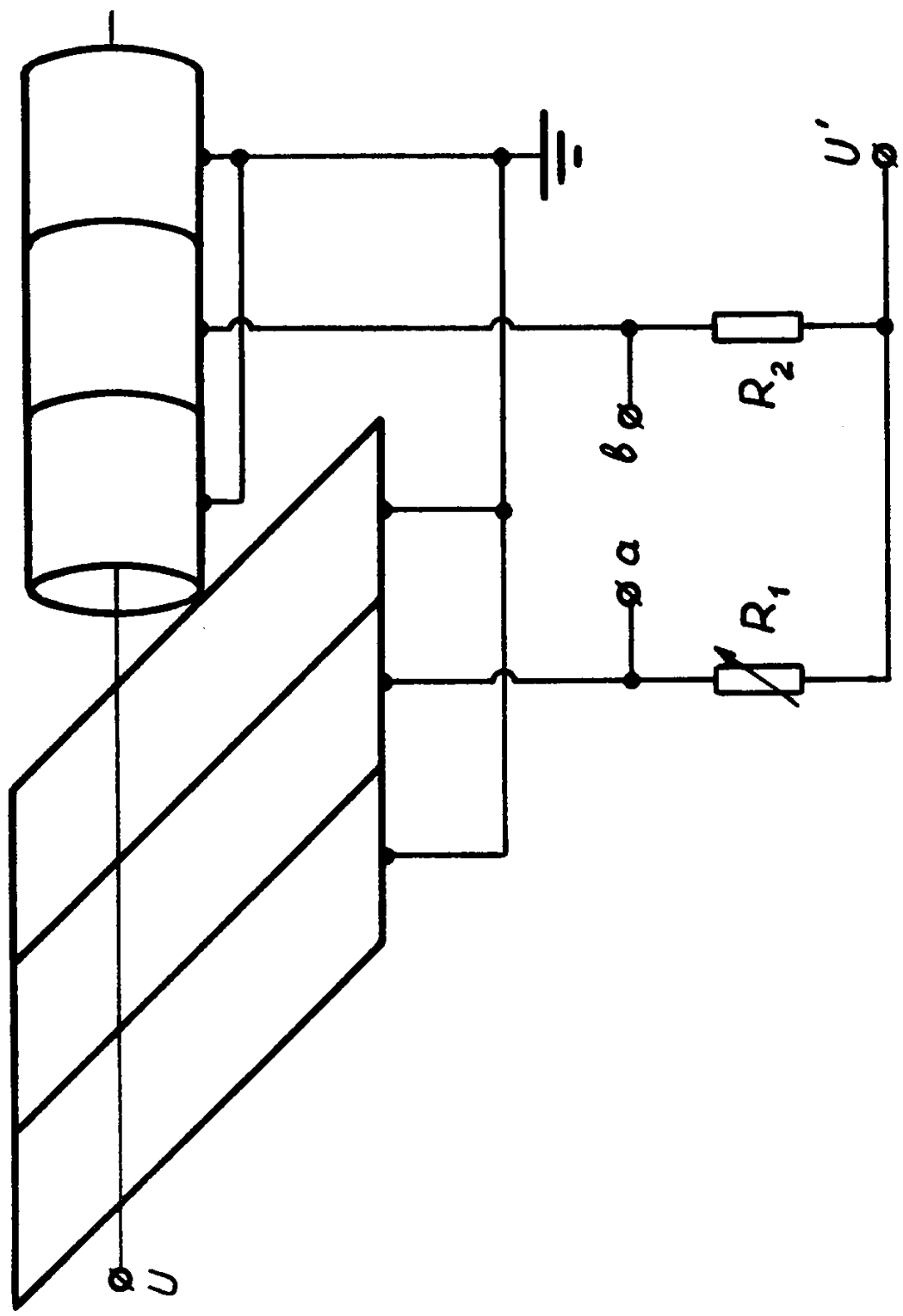


Рис. 1. Установка для определения значения  
величины  $\mu$

Здесь  $r_0$  - радиус провода и  $U_0$  - начальное напряжение разряда. В пределе  $r_0 \rightarrow 0$ ,  $U_0 \rightarrow 0$  система (6) разрешима и приводит к следующей формуле:

$$J_{id \text{ min}} = \frac{13,9 \varepsilon \cdot k U^2}{\beta h^2} \quad (7)$$

Сравнение формулы (7) с формулами (1,2,3) дает значение  $\beta_c = 1,55$ .

Теория коронного разряда в промежутке провод-плоскость наиболее строго развита в работе [Цырлин, 1956]. Однако ряды, использованные в упомянутой работе, в пределе  $r_0 \rightarrow 0$  не сходятся и поэтому в нашем случае не удается непосредственно применить результаты Цырлина.

Автор использовал для определения значений  $\gamma$  установку, схема которой представлена на рис. 1. При помощи регулируемого компенсационного напряжения  $U'$  и магазина сопротивления  $R_1$  потенциалы точек  $a$  и  $b$  поддерживались равными нулю (грубо) и равными друг другу (точно). Отношение сил токов определялось по значениям  $R_2$  и  $R_1$ .

Потенциал  $U$  положительный ( $k \approx 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ в}^{-1} \text{ сек}^{-1}$ ); основные размеры следующие:  $R = h = 72,5 \text{ мм}$ ,  $r_0 = 51 \text{ мкм}$ . Так как начальные напряжения разряда

$U_{0 \text{ вл}} \neq U_{0 \text{ сцл}}$ , то расчет значений  $\gamma$  проводился по формуле

$$\gamma = \frac{J_{\text{вл}}}{J_{\text{сцл}}} \frac{(U - U_{0 \text{ сцл}}) C_y(R/r_0, U_{0 \text{ сцл}}/U)}{(U - U_{0 \text{ вл}}) C_y(2h/r_0, U_{0 \text{ вл}}/U)} \quad (8)$$

используя таблицу функции  $C_y(x, \mu)$  [Таммет, 1969]. Результаты опыта представлены на рис. 2. Так как  $R \gg r_0$ , то  $\gamma_{id} \approx \lim_{\mu \rightarrow 0} \gamma \approx 0,29$ . Отсюда  $\beta_c = 1,6$ .

В дополнение отметим, что вольтамперная характеристика коронного разряда в промежутке провод-плоскость может быть записана в виде:

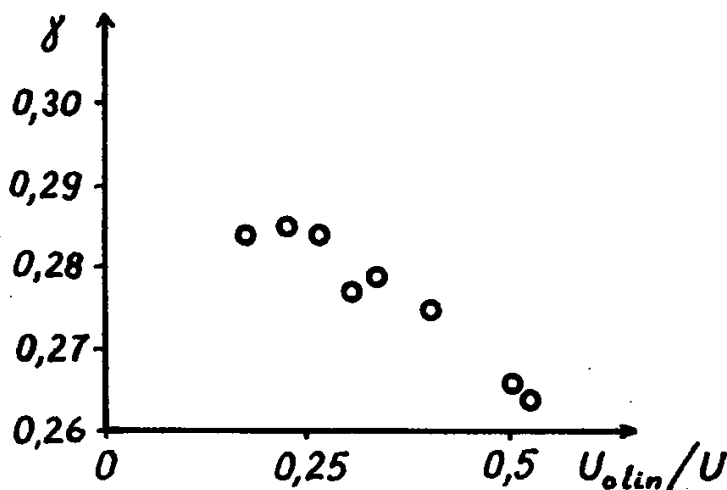


Рис. 2. - Результаты экспериментального определения значений величины  $\gamma$ .

$$J_{lin} = \gamma \left( \frac{2h}{r_0}, \frac{U_0}{U} \right) C_y \left( \frac{2h}{r_0}, \frac{U_0}{U} \right) \frac{2\pi \epsilon_0 k U(U-U_0)}{h^2} \quad (9)$$

О функции  $\gamma$  известно лишь то, что в довольно широкой области значений аргументов она почти постоянна и близка к значению 0,29. Поэтому выражение (9) имеет практическое значение лишь в качестве приближенной формулы.

#### Л и т е р а т у р а

- Капцов Н.А. - 1947 - Коронный разряд, Гостехиздат, М.-Л.  
 Попков В.И. - 1949 - К теории униполярной короны постоянного тока, Электричество (№ I), с. 33-48.  
 Таммет Х.Ф. - 1969 - Вольтамперные характеристики идеальной униполярной квазикороны, Уч. зап. Тартуского гос. ун-та 239, с. 3-40.  
 Цырлин Л.Э. - 1956 - Некоторые вопросы математической теории коронного разряда при постоянном напряжении. ЖТФ 26 (№ II), с. 2524-2538.

# IDEAALSE STAATILISTE LAENGUTE TRAAATNEUTRALISAATORI TEGEVLAIUS

H. Tammet

Resüme

Staatiliste laengute neutralisaatori tegevlaiuseks nimetatakse vaadeldava neutralisaatoriga võrdintensiivse tasaneutralisaatori tinglikku laiust. Koroonalahenduse teooria valemite ja katsetulemuste analüüs näitab, et ideaalse traatneutralisaatori tegevlaiuse ning traadi ja taandi vahelise kauguse suhe on ligikaudu 1,6.

## EFFECTIVE WIDTH OF AN IDEAL WIRE NEUTRALIZER OF STATIC CHARGES

H. Tammet

Summary

By the effective width of a neutralizer of static charges is meant the conventional width of a plane neutralizer having an intensity which is equal to that of the neutralizer under consideration. A study of the formulas of the corona discharge theory and the experimental results showed that the ratio of the effective width of an ideal plane neutralizer to the distance between the wire and the plane is approximately the 1.6.