

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИТИЕВОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИ- ЧЕСТВА

Х.Ф.Таммет

1. Введение. В настоящей статье рассматривается обычная модель нейтрализатора статического электричества, состоящая из двух проводящих плоскостей, одна из которых активирована тритием.

По существу эта модель - плоская ионизационная камера, в которой ионы возникают лишь вблизи одной стенки.

Эффективная толщина слоя возникновения ионов на поверхности активной пластины тритиевого нейтрализатора находится в пределах одного миллиметра, что можно по сравнению с обычно встречающимися расстояниями между активной пластиной и нейтрализуемой поверхностью считать малой толщиной. Это позволяет приложить к изучению описанной модели нейтрализатора статического электричества общий метод расчета вольтамперных характеристик идеальной униполярной квазикоронны, изложенный в статье [Таммет, 1969]. Дополнительные допущения будем вводить по ходу вычислений.

2. Метод расчета вольтамперной характеристики. Вольтамперная характеристика идеальной униполярной квазикоронны между плоскими электродами описывается уравнением.

$$j = Pl\left(\frac{U_e}{U}\right) \frac{9 \epsilon k U (U - U_e)}{8 h^3}, \quad (1)$$

где j - плотность тока, $Pl(U_e/U)$ - функция, определенная и табулированная в статье [Таммет, 1969], ϵ - абсолютная электрическая проницаемость среды ($\epsilon \approx 8,85$ пф/м),

k - подвижность ионов, h - расстояние между поверхностями пассивного электрода и условного эмиттера, U - напряжение между теми же поверхностями, $U_e = h E_e$ эмиссионное напряжение, E_e - эмиссионная напряженность (напряженность электрического поля на поверхности условного эмиттера). Поверхностью условного эмиттера будем считать воображаемую поверхность, ограничивающую зону эффективной ионизации над активной пластиной. Пусть она будет удалена от активной пластины на расстояние d . Тогда $h = l - d$, где l - расстояние между пластинами.

Напряжение U считаем равным напряжению между пластинами.

Чтобы решить уравнение (1), необходимо найти математическое выражение зависимости $U_e = U_e(j)$. Рассмотрим слой между активной пластиной и условной поверхностью эмиттера как плоскую ионизационную камеру с однородной биполярной объемной ионизацией. Принимаем экспоненциальную аппроксимацию вольтамперной характеристики ионизационной камеры

$$j = j_0 (1 - e^{-E/E_{cr}}), \quad (2)$$

где j_0 - плотность тока насыщения, E - напряженность электрического поля на обкладках и E_{cr} - пока неопределенная постоянная напряженность.

Дифференцированием формулы (2) по E легко показать, что $E_{cr} = j_0 / \lambda_0$ где λ_0 - предел проводимости при $E \rightarrow 0$. Так как λ определяется на поверхности обкладки, $\lambda_0 = e k n_0$ где e - элементарный заряд и n_0 - предельная концентрация ионов.

Концентрация n_0 вычисляется по уравнению рекомбинации $q = \alpha n_0^2$, где α - коэффициент рекомбинации ($\alpha \approx 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3 \text{ сек}^{-1}$) и q - интенсивность ионообразования. Интенсивность q связана с плотностью тока насыщения соотношением $j_0 = e q d$. Учитывая все сказанное, получаем

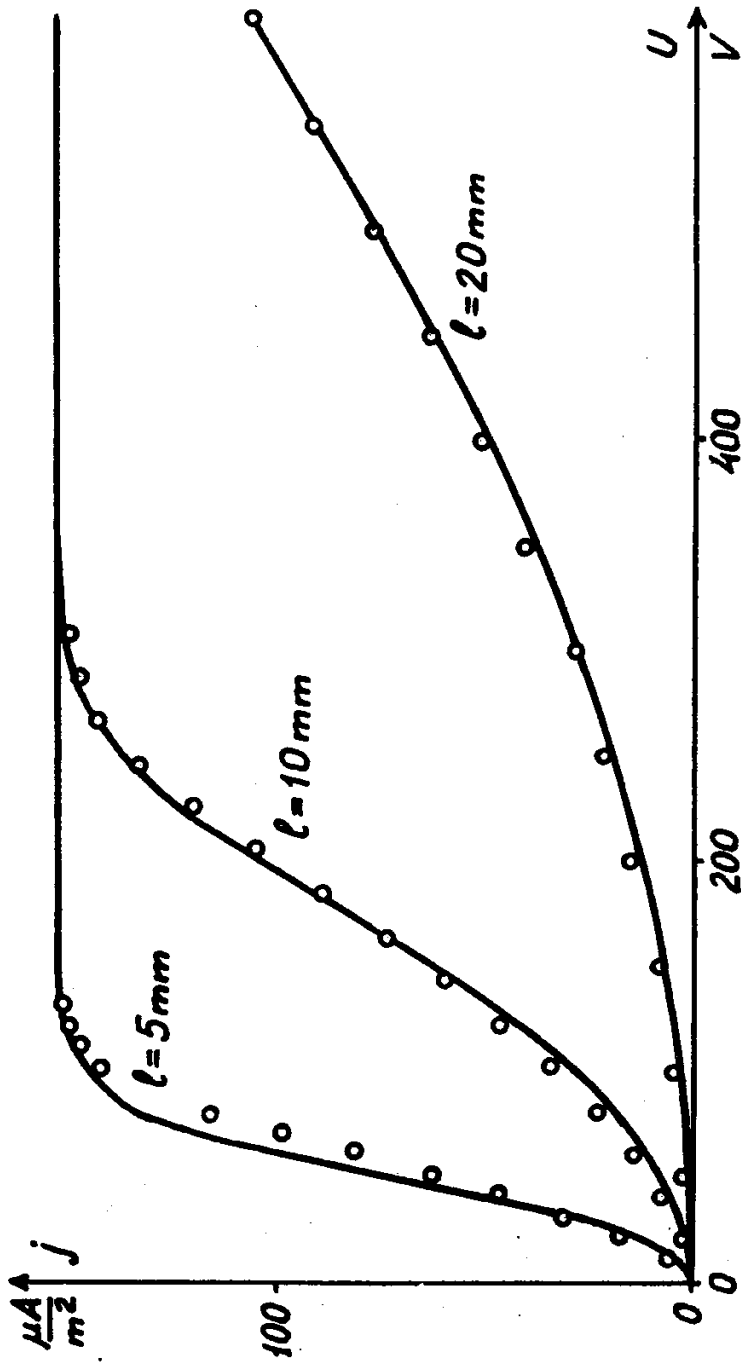


Рис. 1. Вольтамперные характеристики. Экспериментальные точки изображены кружками. Кривые построены по теоретическому расчету в предположении $\alpha = 0,9$ мм, $k = 2,15 \text{ см}^2 \text{ в}^{-1} \text{ сек}^{-1}$. Постоянная гальванометра определена грубо, поэтому достоверны лишь относительные значения плотности тока, а указанное значение подвижности - условное.

$$E_{cr} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{\alpha}{e}} j_0 d \quad . \quad (3)$$

Поскольку E_e в формуле (1) и E в формуле (2) — одна и та же физическая величина, то формулы (2) и (3) позволяют выразить $U_e = h E_e$ через плотность тока

$$U_e = \frac{h}{k} \sqrt{\frac{\alpha}{e}} j_0 d \ln \frac{j_0}{j_0 - j} \quad . \quad (4)$$

Подставляя найденное выражение в формулу (1), получаем для вольтамперной характеристики трансцендентное уравнение с одной неизвестной. Во избежание необходимости изучения условий сходимости, можно это уравнение решать простейшим методом деления промежутка пополам. При небольшой вычислительной задаче упрощение алгоритма окупает несущественное увеличение и так небольшого времени счета.

3. Экспериментальная проверка. Использовалась модель плоского нейтрализатора, в котором активная пластина 40 x 50 мм включена к гальванометру и для предотвращения краевого эффекта обрамлена заземленными пластинами, также активизированными тритием. Другая клемма гальванометра заземлена, а пассивный электрод подключен к источнику регулируемого напряжения. В остальном экспериментальная установка не отличается от описанной в статье [Гросс, Петров, Фадеева, Суценцова 1967] .

Результаты опыта вместе с теоретическими кривыми представлены на рисунке.

Автор выражает благодарность Л.Г.Гроссу за предложенные проблемы, предоставление аппаратуры и помощь при постановке опыта.

Л и т е р а т у р а

Гросс Л.Г., Петров Ю.А., Фадеева Г.А., Сущенко Р.А. -
1967 - Нейтрализация зарядов статического электричества
при производстве киноплёнки, Техника кино и
телевидения № 5, с. 30-38.

Таммет Х.Ф. - 1969 - Вольтамперные характеристики
идеальной униполярной квазикорона, Уч. зап.
Тартуского гос. ун-та, 239, с. 3-40.

STAATILISTE LAENGUTE TRIITIUMNEUTRALISAATORI VOLTAMPER- KARAKTERISTIKUD

H. Tammet

Resüme

Staatiliste laengute triitiumneutralisaatori volt-
amperkarakteristikute ligikaudseks arvutamiseks võib ka-
sutada ideaalse unipolaarse kvaasikoroona teooriat. Emissio-
onpinge ja voolutiheduse vahelise sõltuvuse võib mõ-
ningate lihtsustavate eelduste korral avaldada valemiga
(4). Teoreetiliste arvutuste järgi koostatud graafikud
koos katseandmetega on esitatud joonisel.

VOIT-AMPERE CHARACTERISTICS OF A TRITIUM NEUTRALIZER OF STATIC CHARGES

H. Tammet

Summary

The theory of an ideal unipolar quasicorona can be used to perform an approximate calculation of the volt-ampere characteristics of a tritium neutralizer of static charges. The interdependence of the emission voltage and the current density can, in case of a few simplifying assumptions, be expressed by formula (4). The diagrams drawn in accordance with theoretical calculations and experimental data are presented in the figure.