

## МАГНЕТРОННАЯ ПУШКА С ВЫСОКИМ ПЕРВЕАНСОМ

*В. А. Говорунов*

Харьков

Требования, предъявляемые к мощным приборам СВЧ коротковолнового диапазона, ставят известные трудности перед конструкторами. Трудности заключаются в получении высокопервеансных хорошо очерченных электронных пучков.

В ряде работ [1, 2, 3] за последнее время появились сообщения о применении в приборах ЛБВ, ЛОВ О-типа магнетронных пушек. По результатам этих работ очевидна перспективность их применения.

В настоящей работе приводится конструкция и экспериментальное исследование характеристик пушки магнетронного типа с расчетным первеансом  $P = 20 \cdot 10^{-6} \text{ а/в}^{\frac{3}{2}}$ .

Расчет пушки велся по методике, достаточно подробно изложенной в работе [1]. Однако по этой методике разработчику предлагается, кроме всех традиционных исходных данных, задаваться величиной магнитного поля  $B$  и плотностью тока на катоде  $j_0$ . Известно, что в настоящее время нет метода расчета рабочего магнитного поля. Поэтому обычно проводят несколько этапов расчета для различных значений величины магнитного поля и в конечном итоге выбирают то из них, при котором траектории крайних электронов не пересекают анод. Примерно так же обстоит дело с выбором плотности тока на катоде. Сложная связь между магнитным полем, плотностью тока катода, потенциалом анода и координатами не позволяет быстро и правильно подобрать эти величины.

Особенно увеличивается объем работы при расчете пушек, предназначенных для приборов с малыми диаметрами пролетного канала. Для формирования магнетронной пушки трубчатого пучка малого диаметра необходимо также иметь катод малого диаметра. Это значит, что условия ее работы будут значительно отличаться от условий работы плоской пушки. При этом резко увеличивается смещение каждой точки траектории электронов, что ведет к уменьшению длины анода, следовательно, приходится укорачивать катод. При этом уменьшается площадь эмитирующей поверхности, а следовательно, и величина тока пучка, поскольку плотность тока с катода остается прежней.

В данной работе предлагается следующая методика расчета. Анализируя приведенные ниже выражения [1]

$$z = \frac{\eta j_0}{\varepsilon_0 \omega^2} Z; \quad (1)$$

$$U = \frac{\eta j_0^2}{\varepsilon_0 \omega^4} \Phi; \quad (2)$$

$$\mu = \pm \left[ \frac{-\cos 2\alpha \pm [\cos^2 2\alpha + 2\Phi \sin \theta \sin(\theta + 4\alpha)]^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2} \sin \theta \sin(\theta + 4\alpha)} \right]^{\frac{1}{2}}; \quad (3)$$

$$Z - Z_0 = \mu^2 \frac{\sin \theta}{\sigma} \cos(\theta + 3\alpha) - \mu \sin \alpha, \quad (4)$$

можно сделать вывод, что при неизменном напряжении на аноде  $U_a$  с увеличением магнитного поля координата  $z$ , определяющая длину системы, уменьшается согласно (1); нормированный потенциал, характеризующий расстояние между анодом и катодом, увеличивается согласно (2). Увеличиваются также значения  $\mu$  (3) и нормализованная координата  $Z$  (4), а значит, и координаты  $z$  (1). Аналогичное явление, только в обратном порядке, наблюдается и при увеличении плотности тока  $j_0$ . Следовательно, должно быть оптимальное положение, когда относительное изменение координаты  $z$  будет наименьшим. Определить это положение можно, решая совместно уравнения (1) и (2). После несложных преобразований получим

$$\frac{z}{Z} = \sqrt{\frac{U}{\eta \Phi \omega^2}} = \frac{j_0}{\epsilon_0 \omega^2}.$$

В этом выражении три неизвестных. Нормированный потенциал  $\Phi$  легко определяется по графикам работы [1], исходя из заданного первеанса. Величиной индукции магнитного поля обычно задаются. Задав длину катода, можно ориентировочно определить плотность катода  $j_0$ .

На основании изложенной выше методики была рассчитана и экспериментально исследована магнетронная пушка со следующими параметрами:

$$\text{первеанс пушки } P = 20 \cdot 10^{-6} \frac{a}{b^{3/2}};$$

$$\text{анодное напряжение } U_a = 5000 \text{ в};$$

$$\text{магнитная индукция } B = 1500 \text{ гс};$$

$$\text{большой диаметр катода } D = 0,9 \text{ см};$$

$$\text{угол конусности } \theta = 4^\circ;$$

$$\text{диаметр пролетного канала } d = 1,2 \text{ см};$$

$$\text{длина катода } l = 2,0 \text{ см};$$

$$\text{плотность тока катода } j_0 = 1,46 \text{ а/см}^2;$$

$$\text{коэффициент } \frac{\eta j_0}{\epsilon_0 \omega^2} = 1,57 \cdot 10;$$

$$\text{нормированный потенциал } \Phi = 5 \cdot 10^3.$$

Как видно из приведенных выше параметров, исследуемая пушка отличается при сравнительно малом диаметре электронного пучка высоким значением первеанса.

Эксперимент проводился как в импульсном, так и в непрерывном режимах. Частота следования импульсов  $f = 1,2 \text{ кГц}$ , длительность импульса  $\tau = 1 \text{ мксек}$ . Эскиз электродов пушки приведен на рис. 2. Зависимость тока коллектора от напряжения на аноде  $U_a$  пушки в непрерывном и импульсном режимах представлены на рис. 3, а, б соответственно. Зависимость тока коллектора  $J_k$  от величины индукции магнитного поля приведена на рис. 5, в.

Из графиков рис. 3 видно, что при расчетах значения тока пучка, анодного напряжения и индукции магнитного поля величина первеанса  $P = 20 \cdot 10^{-6} \frac{a}{b^{3/2}}$  совпадает с хорошей степенью точности с расчетными данными.

В непрерывном режиме величина тока электронного пучка ограничивалась допустимой мощностью рассеивания коллектора из конструктивных соображений.

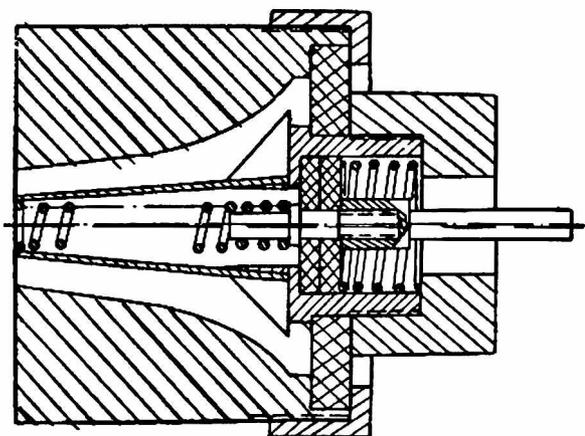


Рис. 1

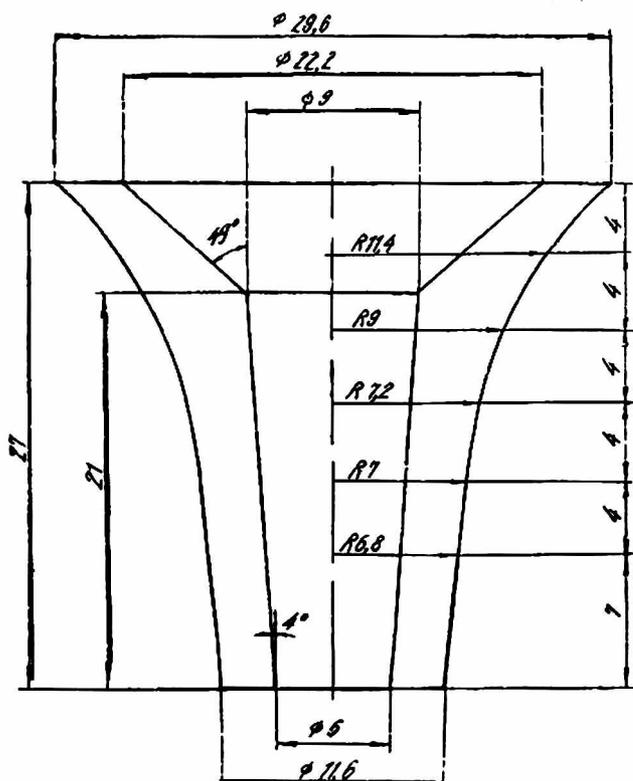


Рис. 2.

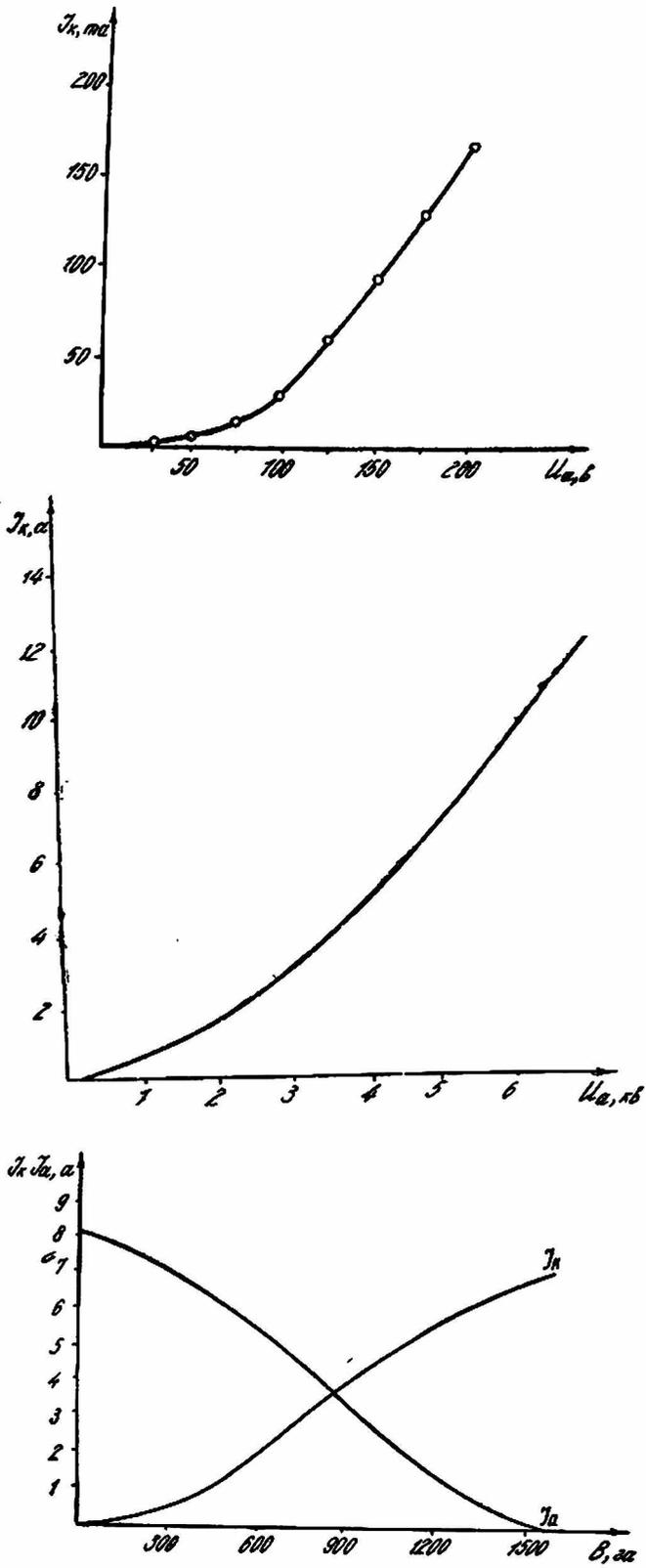


Рис. 3.

Из приведенных рабочих характеристик магнетронной пушки можно сделать следующие выводы:

1) теоретические и экспериментальные значения первеанса хорошо совпадают;

2) в расчетных точках  $U_a = 5000$  в,  $J_k = 7a$  (токооседание на анод составляет менее 1%).

3) границы электронного пучка резко очертаны.

Конструкция пушки (рис. 1) проста в изготовлении. Катод оксидный. Все допуски выполнены по 3 классу точности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Алямовский. Электронные пучки и электронные пушки. Изд-во «Советское радио», 1966.

2. В. Arfin. Расчет и некоторые применения магнетронных пушек с высоким первеансом. *Microwaves*, 595—598.

3. E. K. Demmel. Some studies on a high - perveance hollow - beam klystron. *IEEE Trans.* 1964, ED-11, N 2.