

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРОВ С ОТРАЖАТЕЛЬНЫМИ ПОЛЯМИ

We show, that the more volume charge influence on distribution of potential in sphere of reflector, the more do not correspond to optimum time of grouping electrons flux to time of flying electrons, and that essential tell on the output values of generator.

Проведем исследование высокоперевансного СВЧ генератора с отражательным полем на предельных режимах при условии возникновения колебаний с СВЧ амплитудой, превышающей постоянные напряжения резонатора.

Для удобства анализа нулевой зоны колебаний введем эффективный коэффициент модуляции $y = M \cdot \xi$ в выражения для электронного КПД η_e в работе [1], тогда получим следующее соотношение:

$$\eta_e = y \zeta_1 \left(\frac{y}{2} \cdot \theta_e \right) - \frac{y^2}{2} \left(1 - \frac{\Psi_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Psi_0}{2} \right), \quad (1)$$

где ξ – коэффициент использования постоянного ускоряющего напряжения;

θ_e – эффективный оптимальный угол пролета электронов в пространстве группировки;

Ψ_0 – угол пролета электронов между сетками резонатора (рад.);

$\zeta_1(x)$ – бесселева функция первого порядка;

M – коэффициент взаимодействия ВЧ-поля зазора резонатора с электронным потоком.

Предельные значения $\xi_{\text{пр}}$ определяются формулами [2]:

$$\xi_{\text{пр}} = \frac{4}{5} \Psi_0 \quad \text{при } \Psi_0 > \frac{\pi}{4}, \quad (2)$$

$$\xi_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4}{3} \Psi_0^2 \right) \quad \text{при } \Psi_0 < \frac{\pi}{4}. \quad (3)$$

Таким образом, в реальных электронных СВЧ-генераторах малой мощности эффективный коэффициент модуляции может изменяться в пределах

$$0 < y < 16 \sin \frac{\Psi_0}{2}. \quad (4)$$

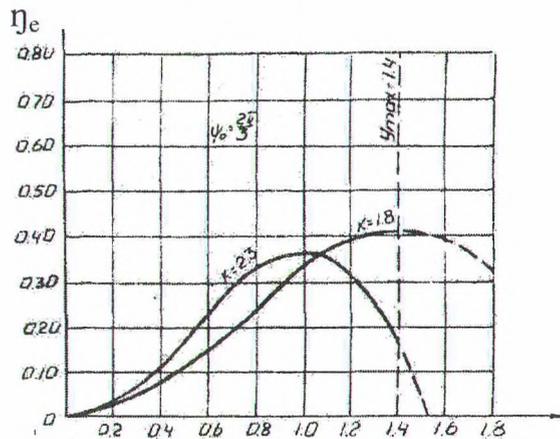


Рис. 1

На рис. 1 представлены зависимости электронного КПД от эффективного коэффициента модуляции для различных значений коэффициента эффективности группировки элект-

тронного потока в нелинейном поле отражателя К и $\Psi_0 = \frac{2}{3}\pi$. Как видно из рис. 1, при ма-
 лых К и Ψ_0 наибольшее значение η_e имеет место при $y = y_{пр}$.

При увеличении К η_e имеет максимум в точке

$$y_{\max} = \frac{0,58}{1 - \frac{\Psi_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Psi_0}{2}} < 1,6 \sin \frac{\Psi_0}{2}. \quad (5)$$

Максимальное значение КПД в этих точках определяется формулой

$$\eta_e = \frac{0,169}{1 - \frac{\Psi_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Psi_0}{2}}. \quad (6)$$

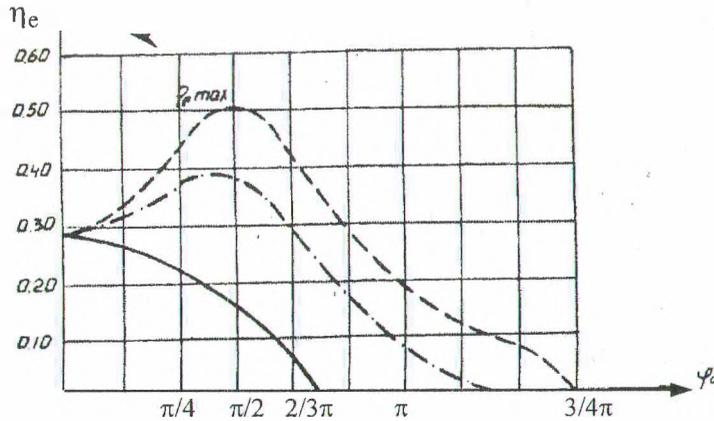


Рис. 2

На рис. 2 пунктирной линией представлена зависимость максимального КПД от угла
 пролета в соответствии с (4) и (6) при условии оптимального подбора К.

Сплошной линией показана та же зависимость при условии

$$0 < \xi < \frac{1}{2} \text{ или } 0 < y < \frac{1}{\Psi_0} \sin \frac{\Psi_0}{2}. \quad (7)$$

Как видно из рис. 2, наличие объемного заряда повышает максимальные значение
 электронного КПД. Штрихпунктирная линия показывает значение электронного КПД при
 наличии потерь электронного тока на сетках.

КПД нагруженного одноконтурного СВЧ-генератора в нулевой зоне определяется
 формулой [3]:

$$\eta_n = y \zeta_1 \left(\frac{y}{2} \cdot \theta_e \right) - \frac{y^2}{2} \left(1 + \frac{q_r}{q_0 \cdot M^2} - \frac{\Psi_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Psi_0}{2} \right), \quad (8)$$

где q_r – проводимость эквивалентная активным потерям резонатора;

q_0 – проводимость постоянного электронного тока.

Если Ψ_0 и q_r достаточно велики, оптимальное значение КПД нагруженного однокон-
 турного генератора можно определить формулой

$$\eta_n = \frac{0,169}{1 - \frac{\Psi_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Psi_0}{2} + \frac{q_r}{g_0 \cdot M^2}}. \quad (9)$$

Следует отметить, что формула (9) совершенно не связана с условием $q_n = q_r$. Наобо-

рот, максимальное значение КПД нагруженного генератора имеет место при $q_r \rightarrow 0$, т. е. минимальных потерях в резонаторе, и только при больших q_r , удовлетворяющих условию

$$q_r \gg M^2 g_0 \left(1 - \frac{\Psi_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Psi_0}{2}\right), \quad (10)$$

формула (9) переходит в известную формулу [3]:

$$\eta_{\text{н опт}} = 0,169 \frac{M^2 \cdot g_0}{g_r}. \quad (11)$$

Как показывают вышеприведенные соотношения, для низких зон колебаний и особенно для нулевой зоны при больших углах пролета значительные плотности объемного заряда приводят к увеличению электронного КПД генератора с тормозящим полем. В то же время увеличение амплитуды СВЧ-напряжения, т. е. коэффициента ξ , для одной и той же плотности объемного заряда приводит к более эффективной группировке электронов и, следовательно, к увеличению электронного КПД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кураев А.А. Математическое моделирование СВЧ-приборов. Минск: Наука и техника, 1990.
2. Мороз В.К., Полищук А.А. К вопросу о влиянии объемного заряда на группировку электронов в маломощном генераторе СВЧ // Труды БГТУ. Выпуск XI. Физ.-мат. науки и информ. Минск, 2003.
3. Полищук А.А. Об оптимизации преобразования энергии постоянного тока в энергию электромагнитных колебаний. Научные и прикладные проблемы энергетики. Минск: Наука и техника, 1984.