

О ПОТЕРЯХ ЭНЕРГИИ ПРИ МОДУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА ПО СКОРОСТИ

При анализе взаимодействия электронного пучка с высокочастотным полем с учетом изменения амплитуды этого поля за время пролета электронов через ВЧ-зазор в работах [1, 2] действующее напряжение между обкладками резонатора усредняется по времени пролета электронов

$$U_{\text{cp}} = \frac{2U_1}{\omega\tau} \sin\omega t \sin \frac{\omega t}{2} = MU_1 \sin\omega t, \quad (1)$$

где U_1 — амплитуда высокочастотного напряжения на зазоре резонатора; ω — круговая резонансная частота электромагнитных колебаний.

Следовательно, учет конечного угла пролета электронов сводится к уменьшению амплитуды модулирующего ВЧ-напряжения в M раз. Как показано в [3], за время полета электронов поле, действующее на электронный поток, изменяется и угол пролета уже нельзя считать невозмущенным ψ_0 , т.е. истинный пролетный угол ψ выражается в виде степенного ряда:

$$\psi = \psi_0 + \mu \frac{\partial \psi}{\partial \mu} + \frac{\mu^2}{2} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial \mu^2} + \dots, \quad (2)$$

где ψ — угол пролета электронов между сетками резонатора; μ — коэффициент использования постоянного ускоряющего напряжения.

При разложении же функции энергии влияние конечного угла пролета приводит как к снижению первого члена ряда, так и к возрастанию последующих членов.

С учетом этих замечаний нами получено выражение, учитывающее мощность, которая затрачивается на модуляцию электронного потока высокочастотным полем в следующем виде:

$$W = 4\mu I_0 V_0 \sin \psi_0 / 2f(2\mu \vartheta_0 \sin \psi_0 / 2) - \\ - 2 I_0 V_0 \mu^2 [2(1 - \cos \psi_0 \sin \psi_0) - 4\mu^2 I_0 V_0 \psi_0 (1 - \cos \psi_0)], \quad (3)$$

где V_0 — ускоряющее напряжение резонатора; I_0 — рабочий ток, т.е. возвращающийся ток в пространство взаимодействия со стороны отражателя; ϑ_0 — суммарный оптимальный угол пролета электронов в пространстве группировки.

Из выражения [3] видно, что при конечном угле пролета электронов через зазор резонатора колебательная мощность в ВЧ-генера-

горе снижается на удвоенное значение модуляционных потерь при прямом прохождении электронов и плюс некоторые дополнительные выражения, пропорциональные углу пролета.

Таким образом, при обратном пролете электронов через зазор резонатора потери на модуляцию в центре зон колебаний больше, чем при прямом. Анализируя соотношение [3] и сравнивая его с аналогичными выражениями для полной колебательной мощности [1, 2], где не учитываются члены разложения в ряд, вплоть до квадратных, мы видим, что выражение (3) становится эквивалентным для полной колебательной мощности нагруженного клистронного генератора с эквивалентной проводимостью

$$g_e = g_0 M^2 (\psi_0 + 1 - \psi_0 / 2 \operatorname{ctg} \psi_0 / 2). \quad (4)$$

В данном случае учет мощности, идущей на модуляцию электронного потока высокочастотным полем, приводит к значительному увеличению собственной активной проводимости резонатора. Даже в простейшем случае, например при ускоряющемся напряжении $V_0 = 200$ В, g_e может почти в 2 раза превышать внутреннюю проводимость $g_0 = I_0 / V_0$ и в рабочих условиях достиг значений 10^{-4} .

Так как в реальных клистронах 3-сантиметрового диапазона проводимость тепловых потерь обычно составляет $2-4 \cdot 10^{-5}$, а в клистронах 10-сантиметрового диапазона $5-8 \cdot 10^{-5}$, то очевидно, что электронная проводимость при учете модуляционных потерь может быть сравнима, а в некоторых случаях превосходить проводимости тепловых потерь и таким образом определять значение и ход кривых, характеризующих основные параметры клистронного генератора в зависимости от угла пролета в зазор резонатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевчик В.Н. Электронные приборы СВЧ. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1980. — 241 с. 2. Дж. Е. Роу. Теория нелинейных явлений в приборах СВЧ: Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1977. — 325 с. 3. Полщук А.А., Савельев В.Я. Новые разработки элементов и схем радиотехнических устройств. — Минск: Выш. шк., 1973, с. 43—52.

УДК 661.5:697.326:662.994.001.5

В.С.СЕВЕРЯНИН, канд.техн.наук,
М.Г.ГОРБАЧЕВА (БИСИ)

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСЛОВ АЗОТА В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ

В условиях повышенных требований к чистоте воздушного бассейна первостепенное значение имеют вопросы разработки надежных, быстродействующих и достаточно точных методов и прибо-