

## О ДИНАМИКЕ ЛЕНТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ПЛОСКО-СИММЕТРИЧНОМ РЕВЕРСЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В.Л. Саввин<sup>1</sup>, А.В. Коннов<sup>2</sup>, Д.А. Михеев<sup>1</sup>, Г.М. Казарян<sup>1</sup><sup>1</sup>Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова,

физический факультет

<sup>2</sup>ФГУП «НПП ТОРИЙ»

vl.savvin@physics.msu.ru

Возможность применения ленточных электронных пучков привлекает внимание специалистов в области вакуумной микроволновой электроники в последние годы. Ленточные электронные пучки с успехом применяются во входных усилителях циклотронных волн (ЭСУ) и защитных устройствах (ЦЗУ), что дает возможность заметно расширить их рабочую полосу частот [1, 2]. Использование ленточных пучков может быть перспективно и для увеличения мощности микроволновых усилителей и преобразователей микроволн в постоянный ток.

Принцип действия циклотронного преобразователя основан на использовании осесимметричного реверсивного магнитного поля и электронного пучка круглого сечения. Экспериментальные образцы устройства продемонстрировали КПД преобразования до 70% на уровне входной мощности до 10 кВт [3]. Однако дальнейшее увеличение мощности преобразователя требовало увеличения радиуса электронного пучка и приводило к снижению КПД из-за роста неоднородности радиальной составляющей реверсивного магнитного поля по сечению электронного потока. Использование ленточного пучка и плоско-симметричного реверсивного магнитного поля даст возможность избежать этих ограничений.

Целью данной работы является изучение динамики заряженной частицы, входящей в модель ленточного пучка, в плоско-симметричном реверсивном магнитном поле  $B(x, z)$ :

$$B_z = B_0 \cdot 0,5[1 + C_0 + (1 - C_0) \cdot \text{Cos}(\pi z / N_c)], \quad (1)$$

$$B_x = B_0 \cdot 0,25(\pi x / Z_0) \cdot (1 - C_0) \cdot \text{Sin}(\pi z / N_c), \quad (2)$$

где  $B_0$ - индукция магнитного поля в начале области реверса,  $C_0$  - параметр изменения магнитного поля,  $x, z$ - нормированные координаты,  $N_c$ - нормированная длина реверсивной области ( $N_c = Z_0 \cdot f / v_{z0}$ ).

Динамика частицы изучалась в зависимости от параметров  $N_c$ ,  $C_0$  и  $W$ , характеризующего отношение энергии начального циклотронного вращения частицы к энергии ее продольного движения ( $W \geq 2$ ). Результаты численного моделирования для значений  $N_c = 5$ ,  $W = 2$  и параметра  $C_0$ , изменявшегося от -0,2 до 0,2, приведены на рис. 1.

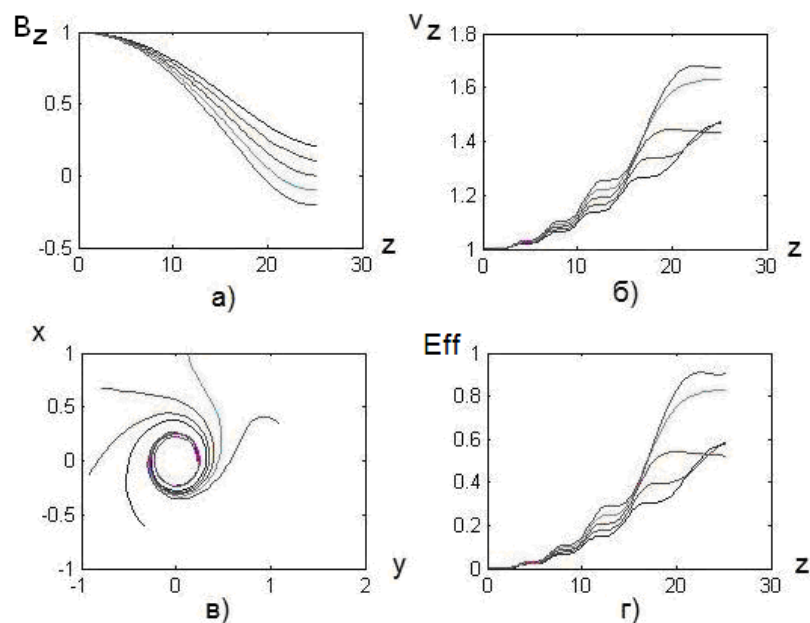


Рис.1 Профиль плоско-симметричного реверсивного поля вдоль нормированной длины области для различных значений параметра  $C_0$  – а), изменение продольной скорости частицы – б), траектории частицы в поперечной плоскости  $x$ у – в), КПД преобразования в области реверса – г)

Рост продольной скорости частицы имеет ступенчатый характер в отличие от осесимметричного реверса. К концу реверса поперечное сечение потока увеличивается в два-три раза, а КПД преобразования в области реверса может достигать 80%.

Проведенный анализ показал возможность создания высокоэффективных преобразователей микроволн с мощностью до 100 кВт и выходным напряжением до 30-35 кВ в диапазонах частот 915 МГц и 2,45 ГГц. Использование ленточного электронного пучка и плоско-симметричного реверса магнитного поля даст возможность значительно (в 5-10 раз) увеличить ток в нагрузке преобразователя по сравнению с осесимметричным вариантом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калина В.Г., Будзинский Ю.А., Быковский С.В. // Электронная техника, серия 1. 2010. № 4(507). С. 3
2. Голеницкий И. И., Духина Н. Г., Будзинский Ю. А. и др.// СВЧ-техника и телеком. технологии. Севастополь. 2001. С. 216
3. Vanke V.A., Savvin V.L. Cyclotron Wave Converter for SPS Transmission System. // Proc. of Sec. Intern. Symp. Power from Space, Paris, 1991, P. 515