

ВЛИЯНИЕ ИНДУКЦИИ ФОКУСИРУЮЩЕГО ПОЛЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛИНОТРОННОГО УСИЛИТЕЛЯ

Одаренко Е. Н., Свич В. А., Шматько А. А.

Харьковский национальный университет радиотехники, пр. Ленина, 14, Харьков, 61166, Украина
тел.: (057) 7021057; e-mail: oen@kture.kharkov.ua

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, 61077, Украина
тел.: (057) 7075133; e-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Аннотация – Теоретически исследуется нерезонансная усилительная система субтерагерцового диапазона с наклонным фокусирующим полем. В рамках нелинейной самосогласованной теории проведен анализ влияния величины индукции фокусирующего поля на характеристики усилителя для различных значений мощности входного сигнала и угла наклона магнитостатического поля.

I. Введение

Применение наклонных к поверхности замедляющей электродинамической системы (ЗС) ленточных электронных пучков является одним из методов улучшения эксплуатационных характеристик электровакуумных приборов СВЧ и субтерагерцового диапазона [1, 2]. В первую очередь это обусловлено возможностью применения более мощных электронных потоков за счет повышения эффективности электронно-волнового взаимодействия по толщине пучка. Дополнительным механизмом является фазовая сортировка заряженных частиц в процессе токооседания на поверхность ЗС [2].

В работе [3] установлено, что использование наклонного фокусирующего поля в нерезонансной усилительной системе позволяет повысить эффективность взаимодействия за счет изменения сопротивления связи. Важным фактором изменения условий энергообмена электронного потока с замедленной волной является величина индукции наклонного фокусирующего поля, которая определяет форму траекторий заряженных частиц в пространстве взаимодействия. В данной работе исследуются основные закономерности воздействия данного фактора на характеристики нерезонансного усилителя с длительным взаимодействием.

II. Основная часть

Анализ физических процессов в электронно-волновой системе с наклонным фокусирующим полем конечной интенсивности проводится на основе многомерной нелинейной теории самосогласованного взаимодействия потока заряженных частиц с электромагнитным полем ЗС [4]. Рассматривается планарная схема усилителя, в которой входной сигнал подается в пространство взаимодействия со стороны электронной пушки (схема на рис.1). Для учета изменения индукции магнитостатического поля используется значение циклотронной частоты, нормированной на частоту сигнала – параметр ω_c/ω . Важной особенностью используемой модели является возможность исследования закономерностей физических процессов в усилительной системе для различных значений мощности входного сигнала P_0 . Величина P_0 оказывает непосредственное воздействие на динамические поперечные смещения траекторий электронов и, следовательно, на пространственное распределение тока пучка.

На рис. 1 представлены распределения коэффициента усиления G вдоль пространства взаимодей-

ствия для различных значений нормированной циклотронной частоты. Здесь $\chi = -20^\circ$ – угол наклона силовых линий фокусирующего поля. Стрелкой обозначена продольная координата, соответствующая полному оседанию пучка на поверхность ЗС для $\omega_c/\omega = 0.4$. Графики на рис. 1 построены для случая, когда электронный поток на выходе из пушки расположен вплотную к поверхности ЗС, что соответствует нулевому прицельному расстоянию h , нормированному на толщину пучка. Уменьшение индукции фокусирующего поля сопровождается увеличением коэффициента усиления на всей длине пространства взаимодействия. Данный эффект обусловлен в основном уменьшением токооседания на ЗС в случае менее жесткой фокусировки, а также увеличением статических и динамических поперечных смещений траекторий электронов. Скачкообразный характер зависимостей для $\omega_c/\omega < 0.4$ является следствием дискретности представления электронного потока в используемой многомерной модели.

Расчеты показывают, что увеличение эффективности взаимодействия при уменьшении индукции фокусирующего поля реализуется также для ненулевых значений прицельного расстояния. Однако относительно изменение коэффициента усиления для данного значения мощности входного сигнала уменьшается.

На рис. 2 представлены зависимости текущего коэффициента усиления от продольной безразмерной координаты для $P_0 = -20$ дБ, а также для различных значений угла наклона χ и нормированной циклотронной частоты ω_c/ω . В этом случае изменение

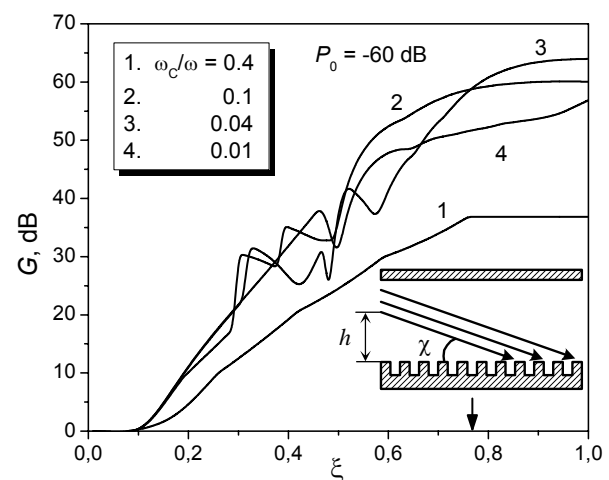


Рис. 1. Коэффициент усиления для различных значений нормированной циклотронной частоты.

Fig. 1. Gain for different values of the normalized cyclotron frequency

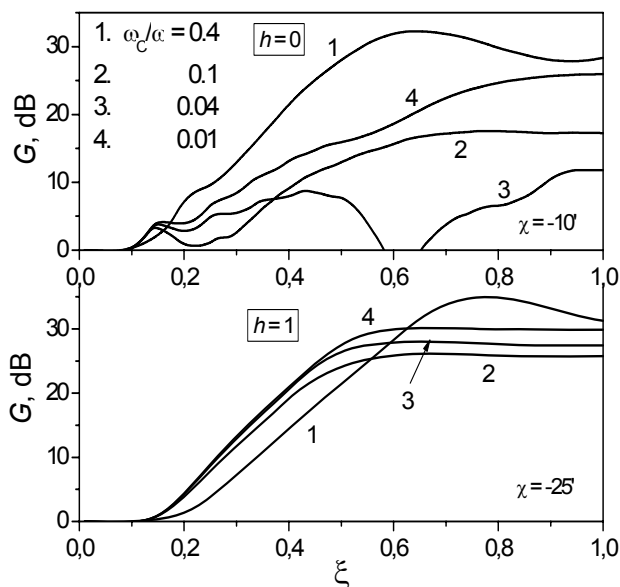


Рис. 2. Зависимости коэффициента усиления от продольной координаты.

Fig. 2. Gain vs longitudinal coordinate

величины прицельного расстояния оказывает существенное воздействие на закономерности электроно-волнового взаимодействия при уменьшении индукции магнитостатического поля. Увеличение текущего коэффициента усиления реализуется только для приподнятого над поверхностью ЗС пучка, причем максимальный по продольной координате коэффициент усиления G_{max} снижается. Следовательно, увеличение динамических поперечных смещений траекторий электронов приводит к повышению эффективности взаимодействия в случае отсутствия токооседания на ЗС. Кроме того, результаты расчетов, приведенные на рис. 2, свидетельствуют о формировании минимального значения параметра G_{max} в процессе уменьшения жесткости фокусировки пучка наклонным магнитостатическим полем.

III. Заключение

Установлены основные закономерности влияния индукции наклонного магнитостатического поля на эффективность энергообмена в нерезонансном усилителе О-типа с длительным взаимодействием. Показана возможность повышения коэффициента усиления в случае снижения индукции фокусирующего поля для различных значений параметров системы: прицельного расстояния, мощности входного сигнала и угла наклона силовых линий магнитного поля.

IV. Список литературы

- [1] Клино́трон / Г. Я. Левин, А. И. Боро́дкин, А. Я. Кири́ченко и др. Под ред. А. Я. Усикова – К.: Наук. думка, 1992. – 200 с.
- [2] Одаренко Е. Н., Шматько А. А. Нелинейная теория резонансных генераторов с наклонным магнитостатическим полем. Радиотехника и электроника, 1993, **38**, №9, с. 1690-1695.
- [3] Одаренко Е. Н., Шматько А. А. Нерезонансный усилитель О-типа с наклонным фокусирующим полем. – В кн.: 17-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2007). Материалы конф. [Севастополь, 10-14 сент. 2007 г.]. – Севастополь: Вебер, 2007, стр. 167-168.

- [4] Одаренко Е. Н., Шматько А. А. Планарный усилитель бегущей волны миллиметрового диапазона О-типа с разноразностными электронными потоками. – В кн.: 9-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Материалы конф. [Севастополь, 1999 г.]. – Севастополь: Вебер, 1999, стр. 123-124.

EFFECT OF THE FOCUSING FIELD INDUCTION ON THE KLINOTRON AMPLIFIER CHARACTERISTICS

Odarenko E. N., Svich V. A., Smat'ko A. A.
 Kharkov National University of Radioelectronics,
 14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
 Ph.: (057) 7021057, e-mail: oen@kture.kharkov.ua
 Kharkov National University,
 4, Svobody Sq., Kharkov, 61077, Ukraine
 Ph.: (057) 7075133,
 e-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Abstract – The subterahertz nonresonant amplification system with inclined focusing field is investigated. Within the framework of the nonlinear self-consistent theory the analysis of the focusing field induction effect on the amplifier characteristics for different values of input power and focusing field tilt angle is carried out.

I. Introduction

The application of sheet electron beams oblique to the slow-wave system surface is one of the methods of microwave and subterahertz electrovacuum devices performance properties improvement. Most of all it is stipulated by application possibility of more powerful electron beams owing to beam-wave interaction efficiency enhancement on the full beam width.

The important factor of change of the beam-wave interaction conditions is the inclined focusing field induction value, which determines the form of the charged particles trajectories in the interaction space. In this report the main regularities of the given factor effect on the characteristics of the nonresonant amplifier with prolonged interaction are researched.

II. Main Part

The physical processes analysis in the beam-wave system with finite intensity inclined focusing field is carried out on the basis of the multidimensional nonlinear theory of self-consistent interaction of electron beam with slow-wave system electromagnetic field [4]. The important feature of the used computational model is the possibility of the physical processes investigation for different values of the input signal power.

In Fig. 1 the dependences of the gain G vs normalized on the interaction space length longitudinal coordinate ξ for different normalized cyclotron frequency values are shown. Here $\chi = -20^\circ$ is the focusing field induction vector tilting angle. The decrease of the focusing field induction results in the increase of the gain on full interaction space length. The given effect is stipulated by decrease of the electrons settling on the slow-wave system surface and also by increase of static and dynamic transverse displacements of the electrons trajectories.

In Fig. 2 the dependences $G(\xi)$ are shown for $P_0 = -20$ dB and different values of the tilt angle and normalized cyclotron frequency. In this case space between slow-wave system and electron beam (h value) essentially effects on the regularities of beam-wave interaction at the magnetostatic field induction decrease. The gain increase is realized only for uplifted beam above a slow-wave system surface but maximum gain value G_{max} is reduced. Therefore, the increase of dynamic transverse displacements of electrons trajectories results in the efficiency enhancement in case of the beam settling missing.

III. Conclusion

The regularities of inclined magnetostatic field induction influence on the O-type nonresonance amplifier efficiency have been determined. The gain enhancement possibility is shown in case of the focusing field induction decrease for different values of the input signal power and magnetic field vector tilt angle.