

ДВУХДИАПАЗОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ОБЪЕМНЫХ ВОЛНАХ СУБТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

Одаренко Е. Н.¹, Шматько А. А.², Юдинцев П. В.²

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина
тел.: 057-7021057; e-mail: oen@kture.kharkov.ua

²Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина
пл. Свободы, 4, г. Харьков, 61077, Украина
тел.: 057-7075133; e-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Аннотация — Рассматривается усилитель субтерагерцового диапазона с двумя отдельными входными сигналами различных частот. Усиление осуществляется на поверхностных и объемных волнах двухрежимной электронно-волновой системы О-типа. Теоретический анализ проводится на основе нелинейной многомерной теории. Установлены условия реализации режима регенеративного усиления и синхронизации при усилении на первой и третьей гармонике частоты поверхностной волны.

I. Введение

Развитие элементной базы субтерагерцового и терагерцового диапазонов волн основывается в первую очередь на разработке эффективных источников излучения. Применение для этой цели приборов дифракционной электроники является перспективным направлением современной радиофизики и физической электроники. Особенность этих устройств состоит в реализации одного из двух режимов работы колебательной системы – на поверхностных волнах замедляющей системы и на объемных волнах дифракционного излучения (ДИ), энергия которых накапливается в резонаторе. Преимущество одновременного использования двух режимов связано с тем, что, с одной стороны, эти режимы развязаны между собой по выводу энергии: для поверхностных волн он осуществляется непосредственно из замедляющей системы, а для объемных волн — через отверстие связи в открытом резонаторе. С другой стороны, они взаимосвязаны за счет взаимодействия с электронным потоком, который является нелинейной системой. В связи с этим появляется возможность одновременного формирования выходных сигналов различных частот за счет возбуждения объемных волн на одной из высших гармоник частоты модуляции электронного потока поверхностной волной [1]. Такая двухрежимная двухчастотная электронно-волновая система может использоваться также для усиления нескольких сигналов, причем в данном случае не требуется формирование многокаскадной схемы и дополнительных устройств подавления модуляции электронного потока.

В данной работе рассматривается усилитель с двумя входными сигналами различных частот, которые поступают в пространство взаимодействия через отдельные устройства связи, обеспечивающие ввод энергии по полю поверхностной и по полю объемной волны независимо.

II. Основная часть

Схема двухдиапазонного усилителя представлена на рис. 1. Первый сигнал с частотой ω поступает в прибор вблизи коллекторного конца замедляющей системы. В этом случае осуществляется усиление на обратной поверхностной волне (режим ЛОВ) и вывод

энергии располагается вблизи электронной пушки. Предполагается, что в режиме объемных волн система возбуждается на n -й гармонике частоты модуляции электронного потока полем поверхностной волны, т. е. на частоте $n\omega$. Второй сигнал на этой частоте поступает в резонатор через отверстие связи. Развязка с выходным сигналом осуществляется через циркулятор.

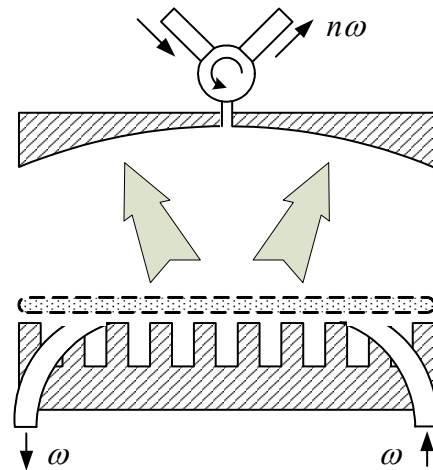


Рис. 1. Схема двухдиапазонного усилителя.

Fig. 1. The dual band amplifier diagram

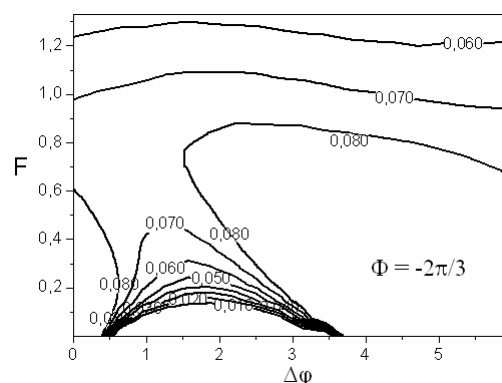


Рис. 2. Зависимости амплитуды колебаний от разности фаз при слабом входном сигнале.

Fig. 2. Oscillation amplitude vs. phase difference for a weak input signal

Если ток пучка в системе не превышает пускового значения для режима ЛОВ, то на поверхностной волне будет осуществляться регенеративное усиление безотносительно к уровню входного сигнала. Для второго, более высокочастотного сигнала, в режиме

ДИ реализуется усиление при синхронизации, поскольку параметрическая связь режимов поверхностных и объемных волн приводит к существенному снижению пускового тока. Если ток пучка превышает пусковое значение для режима ЛОВ, то усиление при синхронизации будет происходить одновременно для обоих режимов электронно-волновой системы. В этом случае важным аспектом исследования является анализ условий амплитудной и фазовой устойчивости колебаний в неавтономных системах.

Теоретический анализ двухдиапазонного усилителя проводится на основе нелинейной многомерной теории двухрежимной двухчастотной электронно-волновой системы О-типа [2]. На рис. 2 представлены результаты решения стационарного уравнения возбуждения в режиме ДИ на третьей гармонике режима ЛОВ с учетом слабого внешнего воздействия на колебательную систему. $\Delta\varphi$ — разность фаз, F — амплитуда колебаний, Φ — параметр относительного рассинхронизма скорости электронов и фазовой скорости синхронной с пучком волны на частоте ω . Изолинии построены для различных значений нормированного тока пучка. Здесь преимущественно наблюдаются многозначные зависимости $F(\Delta\varphi)$, что свидетельствует об усилении амплитуды колебаний при синхронизации.

Увеличение амплитуды внешнего воздействия сопровождается переходом к однозначным зависимостям амплитуды колебаний от разности фаз (рис. 3), характерным для режима регенеративного усиления.

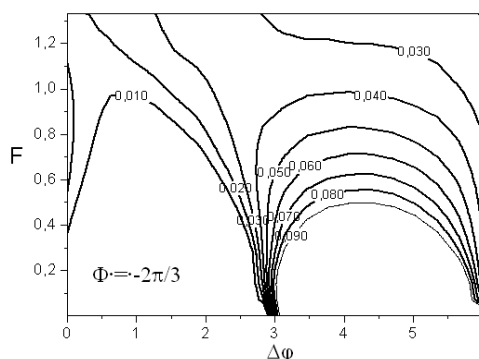


Рис. 3. Стационарные значения амплитуды и фазы выходного сигнала усилителя.

Fig. 3. Stationary amplitude and phase of the amplifier output signal

III. Заключение

Построена нелинейная многомерная теория двухдиапазонного усилителя в режиме поверхностных и объемных волн. Показано существование областей устойчивого возбуждения колебаний в режиме регенеративного усиления и усиления при синхронизации колебаний на основной и третьей гармониках ЛОВ-колебаний. Использование высших гармоник позволяет осуществлять усиление сигналов субтерагерцового диапазона.

IV. Список литературы

- [1] Одаренко Е. Н., Шматько А. А., Юдинцев П. В. Двухрежимный источник колебаний О-типа субтерагерцового диапазона // 19-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2009): материалы конф. (Севастополь, 14—18 сент. 2009 г.). Севастополь: Вебер, 2009. С. 169—170.

- [2] Одаренко Е. Н., Шматько А. А., Юдинцев П. В. Самосогласованная теория эффекта Смита-Парселла на гармониках частоты ЛОВ в двухрежимном генераторе параметрического типа // 20-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010): материалы конф. (Севастополь, 13—17 сент. 2010 г.). Севастополь: Вебер, 2010. С. 263—264.

DUAL BAND AMPLIFIER WITH SUBTERAHERTZ SURFACE AND BULK WAVES

Odarenko E. N.¹, Shmat'ko A. A.², Yudinsev P. V.²
¹Kharkov National University of Radioelectronics
 14, Lenin ave., Kharkov, 61166, Ukraine
 Ph.: 057-7021057, e-mail: oen@kture.kharkov.ua
²Kharkov National University
 4, Svobody Sq., Kharkov, 61077, Ukraine
 Ph.: 057-7075133,
 e-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Abstract — The subterahertz amplifier with two input signals is considered. Theoretical analysis is performed on the basis of nonlinear multidimensional theory of the beam-wave interaction. Conditions of the regenerative amplification and locking on the first and third harmonics of the surface wave frequency are obtained.

I. Introduction

Application of the diffraction radiation electron devices for development of the subterahertz and terahertz generators is the promising area of the modern radio-physics and physical electronics. There are two modes in these systems – with the slow-wave system surface waves and diffraction radiation bulk waves. Signals outputs are different for these modes. Energy of the surface waves outputted from slow-wave system. Bulk waves energy leaves the opened resonator through the coupling hole. Therefore this beam-wave system may be used for amplification of the two signals with different frequencies without forming the multistage scheme of the device.

In this report the dual band O-type amplifier with two input signals is considered. Energy input is realized by means of two different couplers.

II. Main Part

The dual band amplifier is shown on fig. 1. The first signal input (frequency is ω) is arranged near the slow-wave system collector edge. Amplification is carried out on the backward surface wave (BWO mode). The diffraction radiation mode is excited by one of high harmonics of the beam current (frequency is $n\omega$).

The second input signal comes in the resonator through the coupling hole with a circulator. In fact these two parametrically coupled oscillation systems are formed in the one-stage electron device.

Steady-state output amplitude and phase values are shown in fig. 2 for diffraction radiation mode and different values of the normalized beam current. It is clear that multifunctions $F(\Delta\varphi)$ are formed. Thus the amplification with locking is realized in this case. The input signal amplitude increase results in unique dependences $F(\Delta\varphi)$ (see fig. 3) which are characteristic for regenerative amplification mode.

III. Conclusion

The nonlinear multidimensional theory of the dual band amplifier in the surface and bulk waves modes is developed. Excitation of the oscillations for regenerative amplification and amplification with locking modes is shown for the first and the third harmonics of the BWO oscillations. The proposed electron device can be used in subterahertz and terahertz bands for amplification of the two signals with different frequencies.