

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ НА ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОНИЗИРОВАННОГО ГЕНЕРАТОРА ММ ВОЛН

Веселов А. А., Одаренко Е. Н., Шматько А. А.

Харьковский национальный университет, пл. Свободы, 4, Харьков-61077, Украина
Тел.: (0572) 457133; e-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Аннотация – Построена теория возбуждения одночастотных и многочастотных вынужденных колебаний в неавтономной электронно-волновой системе с локальной магнитной неоднородностью. Рассчитаны резонансные характеристики установившихся колебаний. Установлены основные физические причины возбуждения синхронных и квазипериодических колебаний.

I. Введение

В нелинейных динамических системах с длительным электронно-волновым взаимодействием (орotron, ЛОВ и др.), находящихся под внешним воздействием монохроматических или полигармонических сигналов, наблюдаются такие физические явления как стабилизация и умножение частоты, усиление и преобразование колебаний.

Формирование локальной неоднородности фокусирующего магнитостатического поля в пространстве взаимодействия неавтономной колебательной системы приводит к образованию дополнительного канала управления характеристиками нелинейных процессов энергообмена.

В данной работе рассматривается резонансный электронный прибор с магнитостатической неоднородностью в режиме принудительной синхронизации внешним сигналом, который подается непосредственно в колебательную систему.

II. Основная часть

Математическая модель включает в себя самосогласованную многомерную в общем случае нестационарную систему интегро-дифференциальных уравнений, определяющую как макроскопические интегральные характеристики, так и микроскопические характеристики. Она состоит из трехмерного векторного уравнения движения заряженных частиц в высокочас-

тотных и статических полях и нестационарных уравнений возбуждения относительно амплитуды и фазы колебаний. Пространственное распределение индукции магнитного фокусирующего поля является произвольным.

Известно, что в автономной системе наличие локальной неоднородности фокусирующего поля приводит к изменению характеристик электронно-волнового взаимодействия (пускового тока, электронного КПД и др.) [1,2]. Применение внешнего силового монохроматического воздействия в нелинейной колебательной системе рассматриваемого класса обуславливает преобразование не только качественных показателей возбуждения синхронных и несинхронных колебаний, но и их количественных характеристик [3]. Использование в неавтономном приборе профилированного фокусирующего поля приводит не только к расширению функциональных возможностей системы, но и к улучшению эксплуатационных характеристик.

Самосогласованная система уравнений решалась численно для различных параметров задачи и режимов возбуждения колебаний.

В зависимости от величины магнитной неоднородности (параметр A_M) и продольной координаты местоположения ее центра в пространстве взаимодействия (параметр ξ_M) зона возбуждения синхронных колебаний по расстройке частот $\Delta\omega$ изменяется не только по ширине, но и смещается по частотному интервалу (рис. 1). Сплошные кривые соответствуют устойчивым, а штриховые – неустойчивым решениям стационарных уравнений возбуждения. Кроме того, наблюдается изменение мощности вынужденных колебаний. Значение $A_M = -0.2$ соответствует частич-

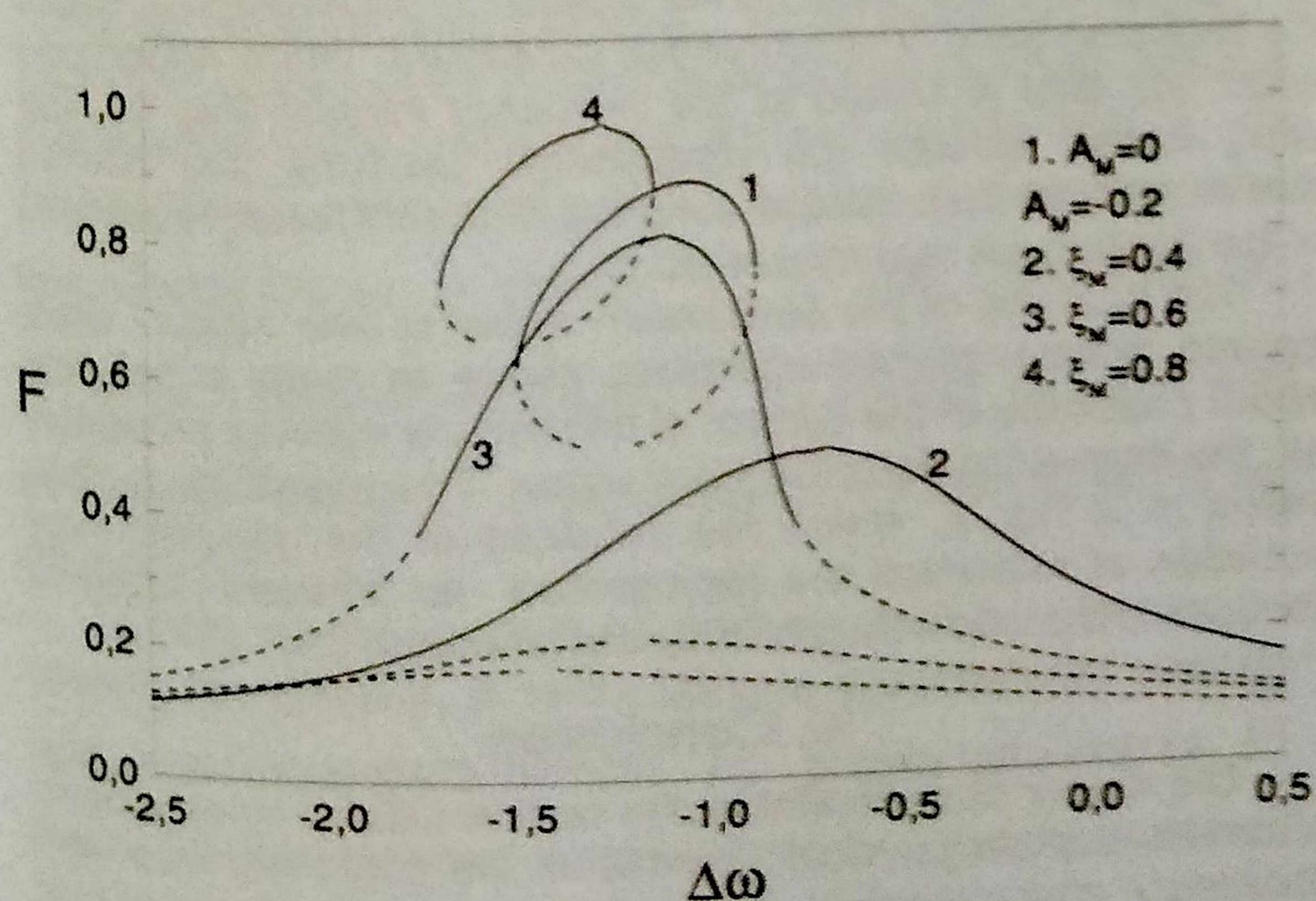


Рис.1 Резонансные характеристики для различных значений параметров локальной магнитной неоднородности

Fig.1. Amplitude response for several values of magnetic nonuniformity parameters

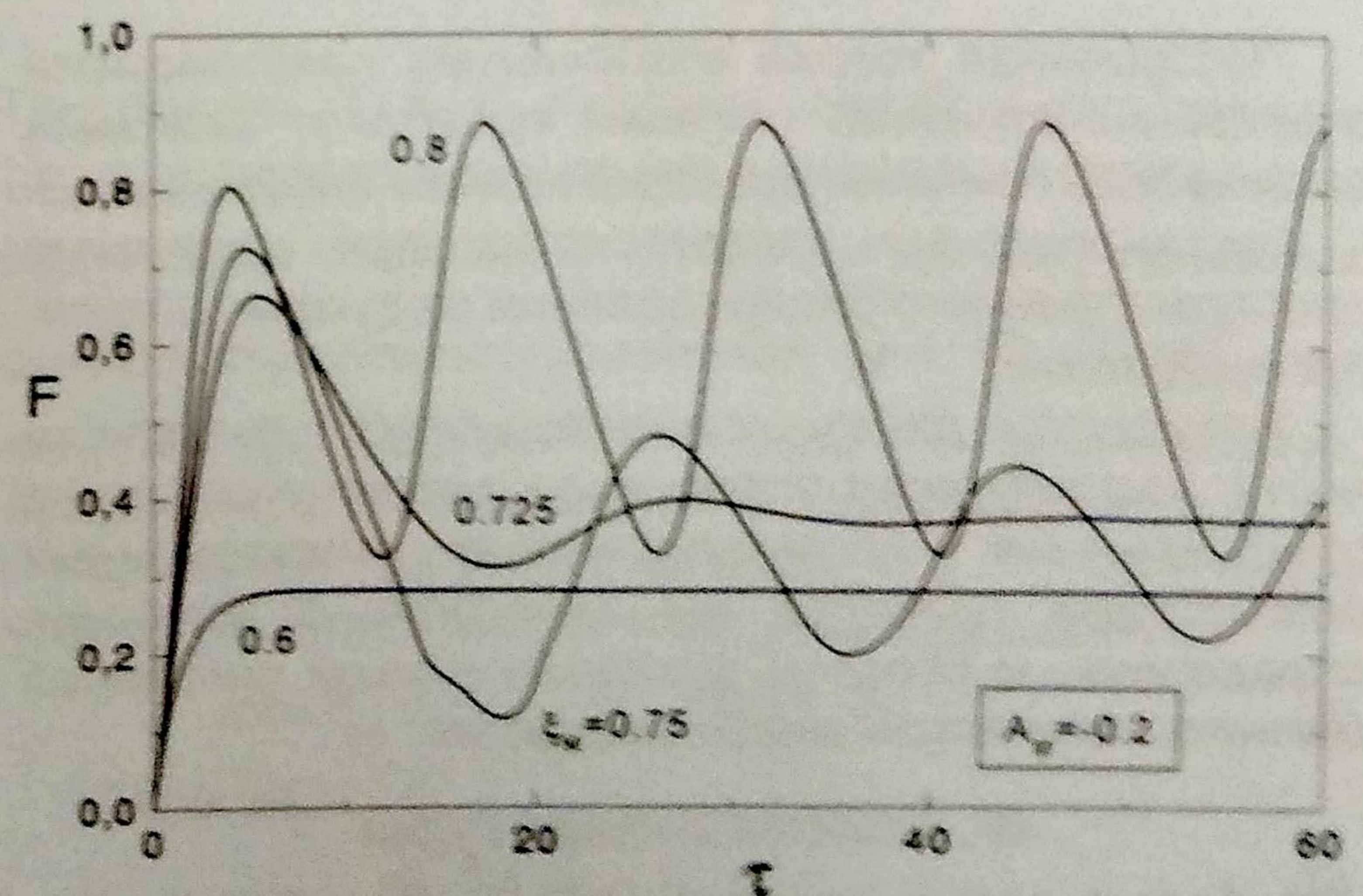


Рис.2 Влияние перемещения магнитной неоднородности на нестационарные амплитудные характеристики

Fig.2. Amplitude vs time for several values of the magnetic nonuniformity center position

ному токооседанию пучка на поверхность замедляющей системы. Следовательно, отмеченные эффекты обусловлены в первую очередь изменением токораспределения в пространстве взаимодействия и фазовой сортировкой заряженных частиц.

Следует отметить, что изменение параметров локальной магнитной неоднородности в электронно-волновой системе с внешним силовым воздействием приводит к взаимосвязанному изменению мощности вынужденных колебаний и ширины области синхронизации. Максимальной мощности соответствует минимальная ширина области частотных расстройек $\Delta\omega$, где реализуются устойчивые значения стационарной амплитуды колебаний, и наоборот – снижение мощности сопровождается ухудшением избирательности резонансной системы (рис. 1).

Кроме того, перемещение центра магнитной неоднородности вдоль пространства взаимодействия приводит к изменению области амплитудной устойчивости колебаний.

Анализ закономерностей преобразования резонансных характеристик неавтономной электронно-волновой системы позволяет сделать вывод о возможности управления спектральными свойствами колебаний при фиксированном значении частотной расстройки $\Delta\omega$. Эта возможность иллюстрируется на рис.2, где представлены решения нестационарного уравнения возбуждения для различных значений координаты центра локальной магнитной неоднородности. Изменение ξ_M сопровождается последовательной сменой не только синхронного и несинхронного режима, но и переходом от синхронных к квазипериодическим колебаниям – уменьшением частоты биений или скачкообразным гашением амплитуды вынужденных колебаний.

Детальное исследование синхронных и квазипериодических колебаний позволяет выделить пять характерных режимов: два вида синхронных колебаний и три вида квазипериодических колебаний, один из которых имеет импульсный характер с размахом амплитуды от нуля до некоторого максимального значения (режим прерывистой генерации). Характерно, что реализация этих режимов наблюдается при незначительном изменении параметров локальной магнитной неоднородности.

III. Заключение

Построенная теория возбуждения неавтономной электронно-волновой системы позволяет выяснить физические причины преобразования стационарных и нестационарных характеристик при изменении пространственного распределения индукции фокусирующего поля.

Результаты работы свидетельствуют о возможности эффективного управления энергетическими и спектральными характеристиками неавтономных резонансных приборов мм диапазона с помощью определенным образом сформированной локальной магнитостатической неоднородности.

IV. Список литературы

- [1] Балаклицкий И. М., Воробьев Г. С., Цвык А. И. Изв. вузов. Радиозлектроника, т.20, №10, с. 93 (1977).
- [2] Одаренко Е. Н., Шматько А. А. Радиотехника и электроника (Москва), т. 39, № 4, с. 653 (1994).
- [3] Шматько А. А. Радиотехника и электроника (Москва), т. 30, № 4, с. 761 (1985).

INFLUENCE OF LOCAL MAGNETIC IRREGULARITY ON OUTPUT PROPERTIES OF SYNCHRONIZED MM-WAVE GENERATOR

Veselov A. A., Odarenko E. N., Shmat'ko A. A.
 Kharkov National University,
 Svobody Sq.4, Kharkov - 61077, UKRAINE
 phone: (0572) 457133
 e-mail: alexandr.a.shmatko@univer.kharkov.ua

Abstract - The theory of the single-frequency and multifrequency forced oscillations excitation in the on-line beam - wave system with local magnetic nonuniformity (LMN) is developed. The resonance characteristics of the steady-state oscillations are calculated. The main physical reasons of the synchronous and quasiperiodic oscillations excitation have been considered.

I. Introduction

The stabilization and frequency multiplication, amplification and conversion of oscillations occur in nonlinear dynamic systems with prolonged beam - wave interaction (orotron, BWO etc.) under external effect of the monochromatic or polyharmonic signals.

The creation of focusing magnetostatic field local nonuniformity in the on-line oscillatory system interaction space results in formation of the additional channel of the nonlinear processes characteristics control.

In this report the resonance electron device with magnetostatic nonuniformity in the mode of forced synchronization by an external signal is considered.

II. Main part

The mathematical model includes self-consistent multidimensional generally non-stationary set of the integro-differential equations defining as the macroscopic integral characteristics, and microscopic characteristics. Equations set consists of a three-dimensional vector equation of the charged particles motion in high-frequency and static fields and non-stationary equations of excitation concerning amplitude and phase of oscillations. The spatial distribution of the magnetic focusing field induction is arbitrary.

It is known, that in the off-line system the presence of the focusing field local nonuniformity results in the change of the beam - wave interaction characteristics [1]. The application of external power monochromatic effect in a nonlinear oscillatory system of the considered class stipulates conversion of the qualitative characteristics of the synchronous and out-of-phase oscillations excitation, and their quantitative characteristics [2].

Depending on the value of magnetic nonuniformity and longitudinal coordinate of LMN center location in the interaction space the excitation band of synchronous oscillations varies not only on width, but also is shifted at the frequency interval (Fig. 1). The solid curves indicate the steady-state solutions and dashed curves indicate the unstable solutions of the stationary equations of the beam-wave system excitation.

The analysis of the conversion of the on-line beam - wave system resonance characteristics allows to make conclusion about possibility of the control of oscillations spectral properties at the frequency detuning fixed value. This possibility is illustrated in a Fig. 2, where the solutions of the non-stationary equation of excitation are represented for different values of the local magnetic nonuniformity center coordinate.

III. Conclusion

The theory of excitation of the on-line beam - wave system allows to explain physical reasons of the stationary and non-stationary characteristics conversion at change of the spatial distribution of the focusing field induction.

The obtained results indicate the possibility of the effective control of the power and spectral characteristics of non-autonomous resonance devices by means of local magnetostatic nonuniformity usage.