

# ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР С МАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.

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

Харьковский государственный университет, радиофизический факультет,  
кафедра физики СВЧ, пл. Свободы, 4, Харьков - 310077, Украина  
тел. 0572 - 457133, e-mail: [Sergey.A.Pogarsky@univer.kharkov.ua](mailto:Sergey.A.Pogarsky@univer.kharkov.ua)

**Аннотация** — Разработана теория параметрического преобразователя низкочастотных колебаний в высокочастотных на основе резонансных генераторов О-типа и показана возможность управления формой высокочастотных сигналов с помощью периодического или импульсного изменения во времени магнитной неоднородности фокусирующего поля.

## I. Введение

Параметрическое управление высокочастотными колебаниями в электронно-волновых системах в СВЧ и миллиметровом диапазоне связано со значительными технологическими трудностями, обусловленными высокими ускоряющими напряжениями и малыми характерными размерами колебательных систем и их элементов. Как было показано в ряде работ [1-2] на основе современных источников СВЧ диапазона (резонансная ЛОВ, ГДИ-орotron, кластер и др.) можно обеспечить относительно простое в техническом исполнении управление энергетическими и частотными выходными характеристиками за счет введения в область взаимодействия пространственно-неоднородных статических магнитных полей.

Таким образом можно эффективно управлять формой выходного сигнала генератора, параметрически изменяя одну из величин магнитной неоднородности, например, ее амплитуду или местоположение. В данной работе как раз и рассматривается такой случай параметрического преобразователя-генератора.

## II. Теоретическая модель.

Математическая модель генератора-преобразователя включает в себя систему самосогласованных уравнений движения электронов (в общем случае трехмерных) и неоднородных уравнений Максвелла, записанных в форме уравнений возбуждения с учетом характерных для этого класса приборов О-типа приближений [1]. Индукция магнитостатического поля локальной неоднородности имеет вид:

$$B_y = A_M \exp\left[-\left(\frac{\xi - \xi_M}{W_M}\right)^2\right];$$
$$B_z = \frac{2A_M H}{W_M^2 L} (\xi - \xi_M)(z - z_M) \times$$
$$\times \exp\left[-\left(\frac{\xi - \xi_M}{W_M}\right)^2\right].$$

Обозначения соответствуют принятым в работе [3]. Амплитуда магнитной неоднородности  $A_M$  параметрически изменяется во времени по заданному закону ( $A_M = A_M(t)$ ). При численном решении самосогласованной системы уравнений учитываются такие явления как обгон электронов, трехмерное движение

электронов, возможное токооседание и выход из области взаимодействия и др. Фактически система уравнений пригодна для исследования параметрических преобразователей различного вида с произвольной фиксированной формой высокочастотного поля, произвольной формой локальной неоднородности, несколькими электронными пучками, находящимися одновременно в области взаимодействия и имеющими различные начальные скорости. В качестве примера рассмотрен генератор-преобразователь типа орotron-ГДИ с гауссовой пространственной структурой поля.

## III. Анализ результатов.

Численный алгоритм сводится к следующему. Первоначально при изменении амплитуды магнитной неоднородности во времени  $A_M(t)$  находилась ее величина и решалась нелинейная система уравнений электроники. Результатом решения являлась комплексная крутизна колебательной характеристики генератора  $S(F) = S_1(F) + iS_2(F)$ , зависящая параметрически от амплитуды  $A_M(t)$ .

Анализ зависимости  $S(F)$  показывает наличие двух их видов, характерных для мягкого и жесткого режимов возбуждения. Все эти зависимости рассчитывались для одного значения относительного рассинхронизма начальной скорости электронов и фазовой скорости волны. Оказывается, что при параметрическом изменении  $A_M(t)$  от времени форма импульса генерации может быть самая различная. Его вид определяется тем, куда попадает ступок электронов при движении в области взаимодействия. В качестве примера на рис.1. приведены результаты расчета амплитуды высокочастотных колебаний генератора дифракционного излучения (ГДИ) при пилообразном изменении амплитуды магнитной неоднородности  $A_M$  в пределах (-0,25; 0,25) т.е., когда есть или отсутствует токооседание. Сверху вниз представлены временные зависимости амплитуды магнитостатической неоднородности, амплитуды автоколебаний в мягком (второй -  $\xi_M = 0.8$ , третий -  $\xi_M = 0.5$  и четвертый -  $\xi_M = 0.25$  графиками) и жестком (пятый график -  $\xi_M = 0.8$ ) режиме возбуждения генератора.

Такое поведение высокочастотного сигнала связано с улучшением или ухудшением условий энергообмена между полем и электронным потоком. Раздвоение на периоде пилообразного изменения  $A_M(t)$  вызвано жестким характером зависимости  $S_1(F)$  от  $A_M(t)$ . Фактически происходит дробление сигнала на два.

# PARAMETRIC HIGH-FREQUENCY CONVERTER - OSCILLATOR WITH THE MAGNETIC CONTROL

Alekseev V.V., Odarenko E.N., Shmat'ko A.A.  
 Dept. of Radiophysics, Kharkov State University  
 Svobody Sq., 4, Kharkov - 310077, Ukraine  
 E-mail: Sergey. A.Pogarsky @univer.kharkov.ua

**Abstract** - The theory of parametric transformation of low-frequency signals in high-frequency is developed on the basis of O-type resonant generators with prolonged interaction. Controlled parameter is the amplitude of local nonuniformity of a focusing magnetic field.

## I. Introduction

The existing methods of parametrical control of output high-frequency signals are complex and labour-consuming. The rather simple method of parametrical transformation of oscillations is offered at the expense of change in time of the magnetic nonuniformity amplitude of a static field. The location of such nonuniformity in space of interaction is established by a theoretical way. The parametrical change of dc magnetic field displacement results in strong distortions of electrons trajectories and, as a consequence, to change the wave-electron interaction conditions.

## II. Theoretical model

The resonant oscillator with the sheet electron beam (orotron, diffraction radiation generator, ledatron, laddertron etc) is considered. The investigation of nonlinear process of oscillations transformation is based on the solution of many-dimensional self-consistent equations set of O-type electronic devices. Magnetic nonuniformity has a Gaussian distribution with amplitude, varied on the given temporary law.

In the theory the three-dimensional movement of electrons in a non-uniform high-frequency field and in two-dimensional local nonuniformity of a dc focusing magnetic field is taken into account. Furthermore the settling of electrons onto the slow-wave system (grating) happens in the general case of interaction between the electron beam and electromagnetic field in resonator.

## III. Discussion

In the present report the case of parametric change of magnetic nonuniformity amplitude under the sawtooth law is considered. A steepness of the oscillatory characteristic as function of oscillations amplitude and amplitude of magnetic nonuniformity is found numerically. On this basis the amplitude of high-frequency oscillations as function of time is calculated. The received dependences show effectiveness of the chosen method of oscillations control. The nonlinear transformation of low-frequency oscillations depends on a location of magnetic nonuniformity, kind of parametric change of the nonuniformity amplitude, regime of the oscillations excitation. Moreover the magnetic nonuniformity amplitude change results in the change of the oscillations excitation regime (soft and hysteresis).

In the soft excitation regime output signal may be varied by means of magnetic nonuniformity amplitude change and nonuniformity center moving. Local magnetic nonuniformity may be arranged near electron gun, in the center of the interaction space or near collector. In this case the nonuniformity moving is the additional method of the oscillations control.

The carried out researches have shown perspective of the chosen method of output signal parametric control.

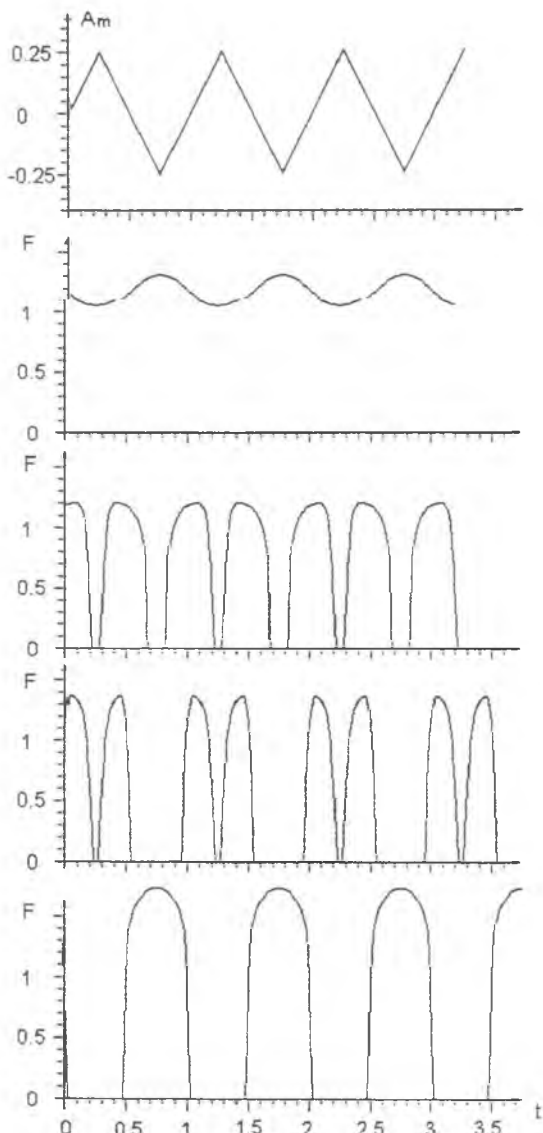


Рис. 1. Зависимости амплитуды колебаний генератора от времени

## IV. Список литературы

- [1] Е.Н. Одаренко, А.А. Шматько «Нелинейная теория СВЧ генераторов о-типа с неоднородным магнитостатическим полем (двумерная модель)» Радиотехника и электроника, 39, №4, с. 653-661, 1994.
- [2] V.S. Chursin, E.N. Odarenko, A. A. Shmatko «Theory of Resonant Relativistic Oscillator with Nonuniform Focusing Field» Int. J. Of Infrared and Millimeter Waves, 17, №7 1996.
- [3] В.В. Алексеев, Е.Н. Одаренко, А.А. Шматько «Теория резонансного генератора О-типа с внешним силовым высокочастотным и параметрическим низкочастотным воздействием» Вестник Харьковского университета «Радиофизика и электроника», №405, с. 118-123, 1998.