

параметры электронного пучка, поступающего в резонатор гиротрона СПбПУ с рабочей частотой 74.2 ГГц и выходной мощностью 100 кВт. Траекторный анализ был выполнен для двух типов МИП – со стандартной геометрией и со специальным управляющим электродом [2]. Новые расчетные данные о влиянии эмиссионных неоднородностей на скоростной разброс электронов удовлетворительно согласуются с результатами выполненных ранее экспериментов. Показано, что для катодов с одинаковым интегральным коэффициентом эмиссионной неоднородности, но различным видом распределения плотности тока по эмитирующей поверхности, могут заметно различаться значения энергетического разброса электронов, толщины стенки пучка и коэффициента отражения от магнитной пробки. Обсуждается предельный уровень эмиссионных неоднородностей, допустимый для эффективной работы гиротронов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №16-12-10010). Часть результатов была получена с использованием вычислительных ресурсов суперкомпьютерного центра Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (<http://www.scc.spbstu.ru>).

1. Лукша О.И., Пиосчик Б., Соминский Г.Г., Тумм М., Самсонов Д.Б. *Известия РАН. Энергетика* вып. 5 (2006) 131.
2. Лукша О.И., Самсонов Д.Б., Соминский Г.Г., Цапов А.А. *ЖТФ* 82 вып. 6 (2012) 101.

## Динамика распределенной модели гироклистрона с запаздывающей обратной связью

Исаева О.Б.<sup>1,2</sup>, Розенталь Р.М.<sup>3</sup>, Гинзбург Н.С.<sup>3</sup>, Зотова И.В.<sup>3</sup>, Сергеев А.С.<sup>3</sup>, Рожнев А.Г.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>СФирЭ им. В.А. Котельникова РАН, Саратов

<sup>2</sup>СарГУ, Саратов

<sup>3</sup>ИПФ РАН, Н. Новгород

Динамика гироклистронов с запаздывающей обратной связью ранее рассматривалась только в рамках приближения фиксированной структуры поля [1,2], применимой лишь в случае относительно высоких добротностей входного и выходного резонатора. Вместе с тем, для расширения полосы хаотической генерации целесообразно использование низкодобротных резонаторов и, соответственно, применение пространственно-временного подхода.

В работе исследованы хаотические режимы генерации в нестационарной распределенной модели гироклистрона 3 мм диапазона с запаздывающей обратной связью. Для выяснения динамических свойств системы выполнен анализ временных реализаций для амплитуды огибающей излучения на выходе усилителя. На его основе сделаны выводы о существовании как хаотических (обоснованных ранее известными моделями), так и гиперхаотических режимов генерации. Корреляционная размерность отвечающих этим режимам аттракторов превышает, соответственно, значения 2 и 3. В качестве главного критерия неустойчивости в проделанном анализе рассматривалась сигнатура спектра показателей Ляпунова. Найденные хаос и гиперхаос характеризуются положительными значениями, соответственно, одного и двух старших показателей.

Несмотря на возможность применения во многих случаях для поиска ляпуновских показателей в распределенных системах, классического алгоритма Бенеттина [3,4], вычисление показателей по временным рядам оказалось наиболее доступным подходом для рассматриваемой задачи. Используемый для этого метод ковариационных матриц [5] имеет высокую точность и показывает достоверные результаты даже для относительно коротких временных рядов. Обладая большей статистической значимостью уже для локальных оценок показателей, он более эффективен по сравнению с адаптированным для временных рядов алгоритмом Бенеттина [6].

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-02-00745.*

1. Ергаков В.С., Моисеев М.А. *Радиотехника и электроника* **31**, вып. 5 (1986) 962.
2. Афанасьева В.В., Лазерсон А.Г. *Изв. вузов. ПНД* **3**, № 5 (1995) 88.
3. Blokhina E.V., Kuznetsov S.P., Rozhnev A.G. *IEEE Trans. Electron. Dev.* **54**, No.2 (2007) 188.
4. Кузнецов С.П., Трубецков Д.И. *Изв. вузов. Радиофизика* **47**, №5 (2004) 1.
5. Sano M., Sawada Y. *Phys.Rev.Lett.* **55** (1985) 1082.
6. Wolf A., Swift J.B., Swinney H.L., Vastano J.A. *Physica* **D16** (1985) 285.

## Хаотическая генерация со “сплошным” спектром на основе двух связанных винтовых giro-ЛБВ

Розенталь Р.М., Гинзбург Н.С., Зотова И.В., Сергеев А.С.

*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород*

Исследованный в работах [1,2] генератор хаотического излучения миллиметрового диапазона на основе широкополосной винтовой giro-ЛБВ с запаздывающей обратной связью обладает существенным недостатком, связанным с сильной изрезанностью спектра. Фактически, спектр излучения в такой системе представляет собой набор линий, близких к собственным частотам кольцевого резонатора, с относительно низким шумовым пьедесталом. Очевидно, это в значительной степени ограничивает возможности применения подобных шумовых источников.

В данной работе для повышения равномерности спектра в указанной системе предлагается использовать схему аналогичную так называемым “шумотронам” [3], исследованным ранее в сантиметровом диапазоне применительно к приборам черенковского типа. В такой схеме в цепь обратной связи шумового генератора наряду с усилителем включается нелинейный элемент с участком сильной фазо-амплитудной зависимости. При переходе в миллиметровый диапазон как усилительный, так и нелинейный элемент могут быть реализованы на основе винтовых giro-ЛБВ. При этом требуемые характеристики обеспечиваются за счет подбора значений отстройки от режима точного циклотронного резонанса.

На основе численного моделирования в рамках нестационарной самосогласованной модели показана возможность генерации в системе из двух связанных винтовых giro-ЛБВ (усилителя и нелинейного элемента) хаотического излучения 8-ми миллиметрового диапазона со средней мощностью 80-90 кВт и практически сплошным спектром шириной около 3 ГГц (на уровне -10 дБ).

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-02-00745.*