

09

## **Экспериментальное исследование влияния внешнего шумоподобного сигнала на динамику виркатора с магнетронно-инжекторной пушкой**

© Ю.А. Калинин, А.В. Стародубов

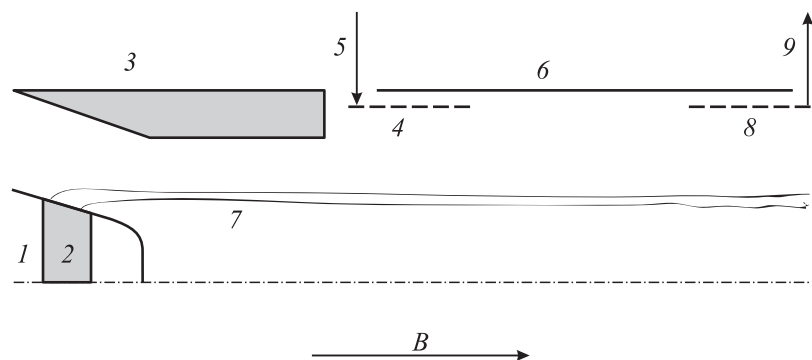
Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского  
E-mail: StarodubovAV@yandex.ru

Поступило в Редакцию 4 июля 2011 г.

Представлены результаты экспериментального исследования влияния шумоподобного сигнала на работу низковольтного виркатора с магнетронно-инжекторной пушкой. Показано, что входной шумоподобный сигнал является управляющим параметром, который позволяет изменять выходные характеристики низковольтного виркатора, настраивая его либо на максимальную мощность, либо на максимальную полосу генерации.

В последние годы большой интерес вызывает применение хаотических сигналов в системах передачи и обработки информации, в системах связи, радиолокации и др. [1–4]. К основным преимуществам хаотических сигналов относятся широкая полоса частот, обеспечивающая высокую помехоустойчивость по сравнению с узкополосными сигналами, высокую электромагнитную совместимость, быстро спадающую автокорреляционную функцию, что позволяет использовать их в системах многопользовательских коммуникаций, передавая в одном и том же частотном диапазоне несколько сообщений на основе кодового разделения каналов.

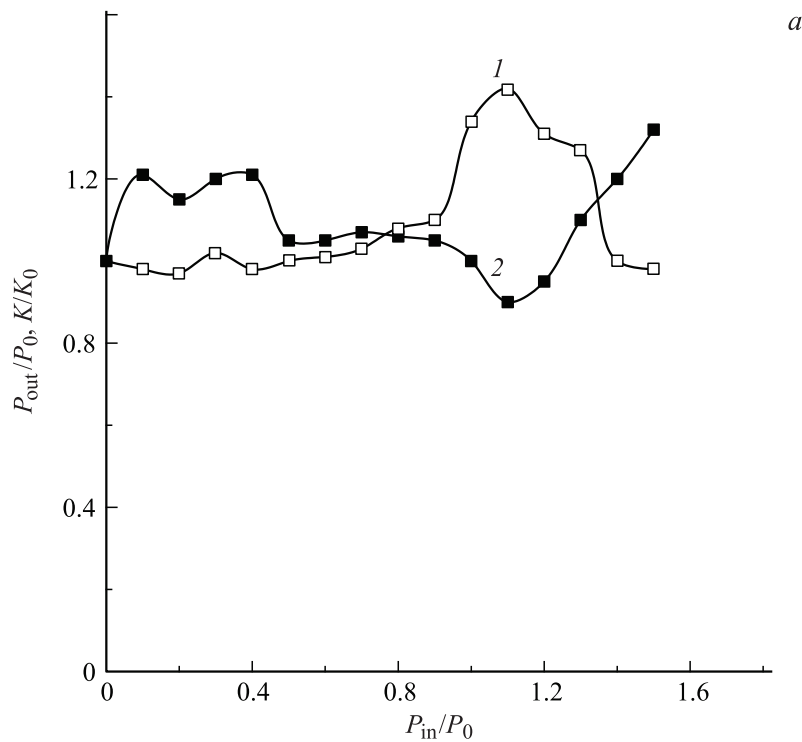
В настоящее время в качестве рабочих частот различных систем связи и телекоммуникаций широко используется сверхвысокочастотный (СВЧ) диапазон электромагнитных волн. Представляет интерес рассмотрение вакуумных источников СВЧ-излучения, которые являются основными элементами мощных систем радиолокации, связи и телекоммуникаций [3]. Такие вакуумные источники мощного СВЧ-излучения, как генераторы с внутренней электронной обратной связью или низковольтные виркатеры, привлекают большое внима-



**Рис. 1.** Эскиз виркатора с магнетронно-инжекторной пушкой: 1 — катод, 2 — эмитирующий пояс, 3 — анод, 4 — отрезок спирали для подачи внешнего шумоподобного сигнала, 5 — широкополосный ввод энергии, 6 — труба дрейфа, 7 — электронный пучок, 8 — отрезок спирали для съема СВЧ-энергии, 9 — широкополосный вывод энергии.

ние исследователей, поскольку они обладают рядом существенных достоинств. Прежде всего, такие источники характеризуются простой конструкцией, легкостью перестройки режимов генерации, а также в ряде случаев высоким уровнем мощности СВЧ-излучения. Принцип работы подобных устройств основан на формировании в интенсивном электронном потоке структур типа „виртуальный катод“ за счет наличия в пространстве дрейфа тормозящего электрического поля и, в ряде случаев, неоднородного магнитного поля. Одним из малоизученных режимов работы подобных систем является режим неавтономной динамики. В работе [5] представлены результаты экспериментального исследования динамики низковольтного виркатора с тормозящим электрическим полем при наличии внешнего гармонического сигнала. Показана возможность управления характеристиками выходного излучения низковольтного виркатора. Было установлено также, что при определенных условиях, а именно при приближении частоты внешнего гармонического сигнала к основной частоте генерации низковольтного виркатора, наступает усиление мощности генерируемых частот.

Представляет интерес рассмотрение влияния узкополосного и широкополосного внешнего СВЧ-сигнала на параметры низковольтного вир-



**Рис. 2.** Зависимость выходной интегральной мощности (1) и полосы генерации (2) виркатора от величины входной мощности узкополосного (а) шумоподобного сигнала (полоса частот шумоподобного входного сигнала  $\Delta f/f = 0.08$ ) и широкополосного (b) шумоподобного сигнала (полоса частот  $\Delta f/f = 1.0$ ).

катора. В данной работе в качестве объекта исследований выбран лабораторных макет низковольтного виркатора с магнетронно-инжекторной пушкой (МИП).

На рис. 1 представлена схема низковольтного виркатора с МИП. Трубочатый электронный пучок формируется в области МИП и затем модулируется входным шумоподобным сигналом. Экспериментальные исследования проводились в импульсном режиме при длительности импульса  $50 \mu\text{s}$ , ускоряющем напряжении  $U_0 = 1500 \text{ V}$  и токе пучка  $I_0 = 150 \text{ mA}$ .

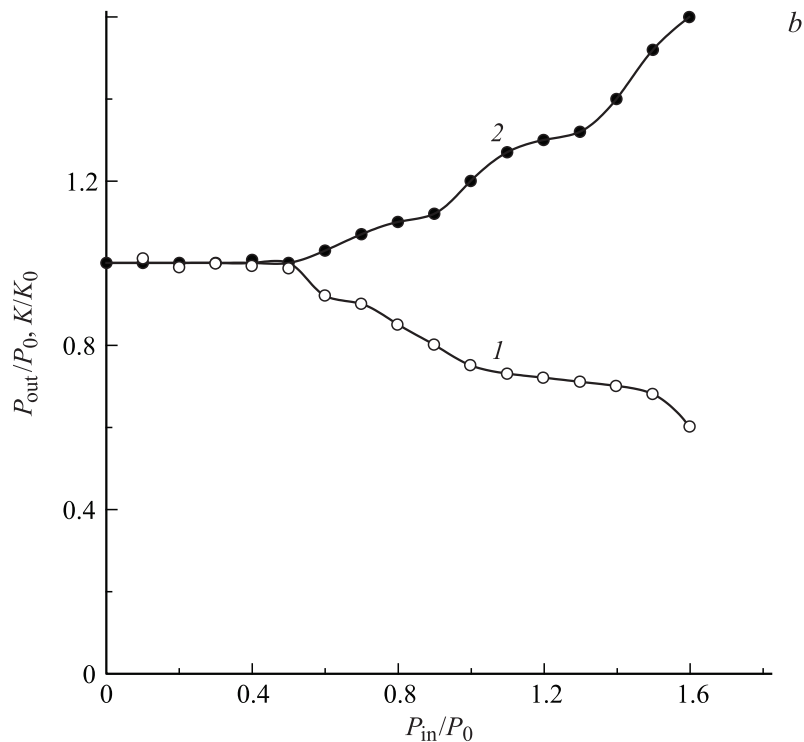


Рис. 2 (продолжение).

Рассмотрим результаты экспериментальных исследований влияния внешних узкополосных и широкополосных шумоподобных сигналов на динамику виркатора с МИП, приведенные на рис. 2. На рисунке введены следующие обозначения:  $K = \Delta f / f$  — полоса генерации виркатора при наличии входного шумоподобного сигнала  $P_{in} \neq 0$ ,  $K_0 = \Delta f_0 / f_0$  — полоса генерации виркатора при нулевой мощности шумоподобного сигнала  $P_{in} = 0$ ,  $P_0$  — интегральная выходная мощность генерации виркатора при отсутствии входного сигнала ( $P_{in} = 0$ ).

Из рис. 2, *a* видно, что входные сигналы малой амплитуды практически не влияют на выходные характеристики низковольтного виркатора. Однако при увеличении амплитуды входного сигнала наблюдается

увеличение выходной мощности и полосы генерируемых частот. Обнаруженный эффект связан с влиянием внешнего сигнала на явления, происходящие в сильно неламинарных электронных пучках [6,7], при этом происходит образование более плотных электронных сгустков.

В случае широкополосного внешнего сигнала (рис. 2, *b*) картина резко изменяется при  $P_{out}/P_0$ , приближающемся к 1. Выходная мощность при этом уменьшается, а полоса генерации увеличивается, что связано с резким изменением структуры полого электронного пучка и образованием ряда менее плотных электронных пучков.

Таким образом, входной шумоподобный сигнал является управляющим параметром, который позволяет изменять выходные характеристики низковольтного виркатора, настраивая его либо на максимальную мощность, либо на максимальную полосу генерации.

Исследования, проведенные в работе [5] и в данной работе, позволяют сделать вывод о том, что на структуру пучка в большей мере оказывает влияние плотность мощности, чем сама величина амплитуды входного сигнала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-02-00256-а, президентской программы поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-3407.2010.2) и аналитической ведомственной целевой программы „Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2011 годы)“ (РНП 2.1.1./235).

## Список литературы

- [1] *Залогин Н.Н., Кислов В.В.* Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах. М.: Радиотехника, 2006.
- [2] *Дмитриев А.С., Панас А.И.* Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. М.: Физматлит, 2002.
- [3] *Трубецков Д.И., Храмов А.Е.* Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. Т. 1, 2. М.: Физматлит, 2003, 2004.
- [4] *Калинин Ю.А., Стародубов А.В., Березин С.В.* // Наука и технологии в промышленности. 2009. № 3. С. 45–48.
- [5] *Калинин Ю.А., Ремпен И.С., Храмов А.Е.* // Изв. РАН. Сер. Физ. 2005. Т. 69. № 12. С. 1736–1740.
- [6] *Калинин Ю.А., Стародубов А.В.* // ЖТФ. 2010. Т. 80. В. 12. С. 80–85.
- [7] *Kalinin Ju.A., Starodubov A.V.* // Physics of wave phenomena. 2011. V. 19. N 1. P. 18–23.