

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики открытых систем

**Исследование механизма формирования виртуального катода в системе
с предварительной модуляцией эмиссии**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 431 группы
Направления Радиоп физика 03.03.03

Факультета нелинейных процессов Саратовского государственного университета

Зайцева Павла Владимировича

Научный руководитель
доцент КФОС, к. ф. - м. н.

С.А. Куркин

Заведующий кафедрой
Профессор, д. ф.- м. н.

А.А. Короновский

Саратов 2016 год

Введение. СВЧ-генераторы с виртуальным катодом, либо виркаторы – широко применяются и являются перспективными приборами, а также образуют один из основных классов генераторов в СВЧ-электронике. Они используются с целью генерации импульсов СВЧ-излучения благодаря тому, что обладают высокой выходной мощностью, простой конструкцией (в частности, виркаторы могут работать без внешнего фокусирующего магнитного поля), возможностью простой настройки частоты, а также возможностью переключения режимов (т.н. перестройки частоты) [1]. В настоящее время, повышение производительности, мощности и частоты генерации виркатора, а также разработка методов управления характеристиками генерации является актуальной проблемой в современном научном мире и, в частности, в СВЧ-электронике [2]. Подобные проблемы тесно связаны с возможностью различного применения виркаторов (проблема электромагнитной совместимости, технологических процессов, радиолокационных импульсов). Принцип работы виркаторов основан на формировании виртуального катода в электронном пучке со сверхкритическим током [3]. Проведенные ранее исследования виркаторов с внешними резонансными системами выявили, что одним из результативных подходов возможно применение в генераторах на виртуальном катоде предварительной модуляции электронного пучка как по скорости, так и по плотности [4-6]. В последнем случае рационально прибегнуть к источнику электронов с модуляцией эмиссии, что позволяет реализовать глубокую модуляцию по плотности создаваемого пучка небольшим по мощности внешним сигналом [7,8].

В данной дипломной работе рассматривается влияние предварительной модуляции эмиссии на механизмы образования и динамику виртуального катода в цилиндрической камере дрейфа.

В первой главе подробно описывается исследуемая система и численная модель, а также приведены основные уравнения по которым производилось численное моделирование.

Во второй главе приведены результаты исследований, построены калибровочные зависимости критического тока от параметров модуляции (глубины, частоты), а также построены спектры реализации колебаний напряженности электрического поля при разных значениях глубины и частоты модуляции.

В заключении содержатся выводы о проделанной работе.

Дипломная работа содержит 21 страницу, приведённый список литературы включает в себя 15 позиций.

Образование виртуального катода в системе определялось двумя методами: при помощи просмотра фазового портрета в определённый момент времени.

В начале определялись значения глубины модуляции и поэтому были построены калибровочные кривые отношения глубины модуляции к амплитуде модуляции при нескольких частотах модуляции. (рис.1).

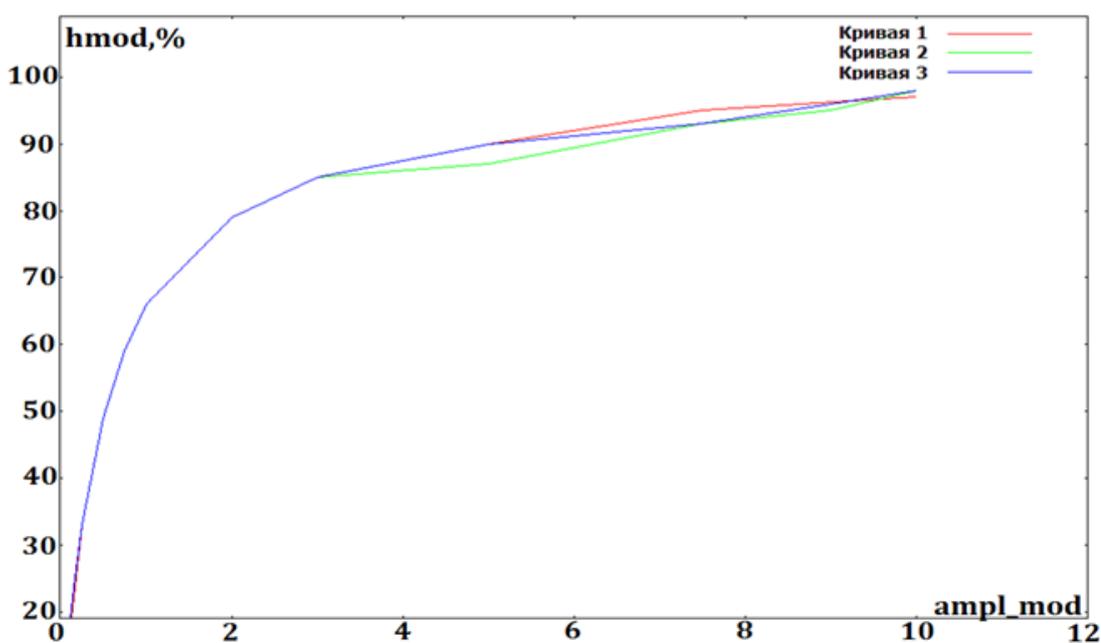


Рис.1 Калибровочные кривые для разных частот. Кривой 1 соответствует значение частоты модуляции 3, для кривой 2 оно равно 6, для кривой 3 оно равно 12.

Задавая различные значения амплитуды модуляции в программе, рассчитывалась глубина модуляции для этой величины амплитуды модуляции, при помощи плотности тока, взятой из результатов. Следует отметить, что частота модуляции почти не имеет влияния на отношение амплитуды модуляции к глубине модуляции.

Получив, определённые значения глубин модуляции, были проведены исследования и построен график зависимости величины параметра критического тока от разных глубин модуляции при разных значениях частоты модуляции

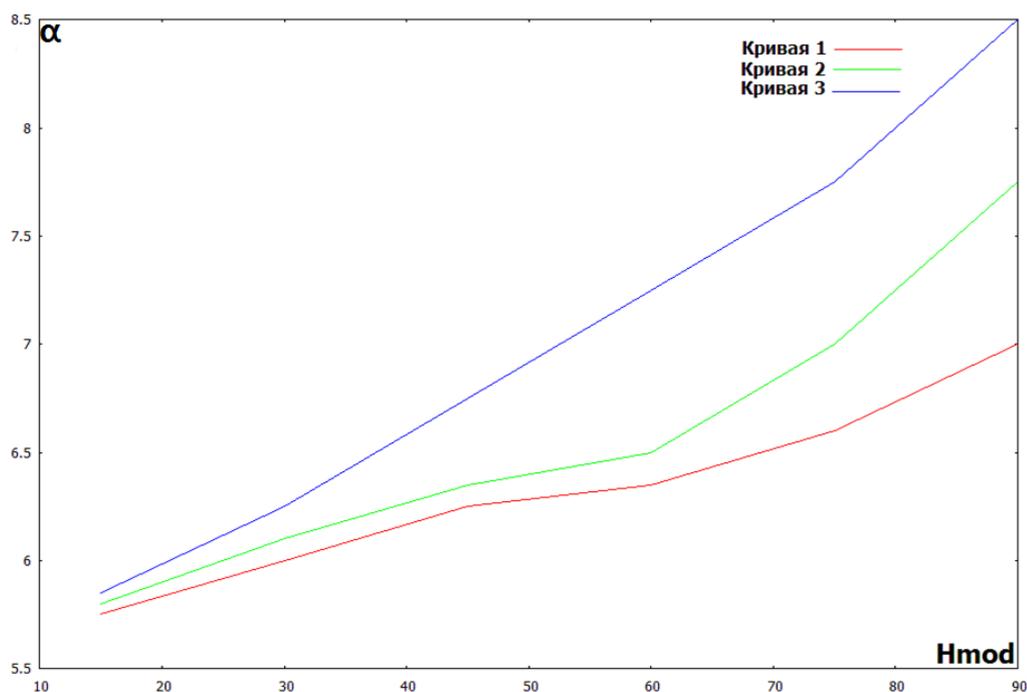


Рис. 2: Зависимость критического тока от глубины модуляции при разных значениях частоты.

На приведённом графике наблюдается тенденция к росту критического тока при увеличении глубины модуляции.

Вызвало интерес, то, как влияет частота модуляции на значение критического тока. Была построена зависимость критического тока от частоты модуляции при разных величинах глубины модуляции (рис.3).

На приведённых ниже графиках также заметен рост значения критического тока с увеличением частоты и глубины модуляции, что логично, так как при увеличении глубины модуляции частицы поступают в пространство дрейфа всё более и более порционально, и при недостаточном значении тока, виртуальный катод просто не успевает сформироваться.

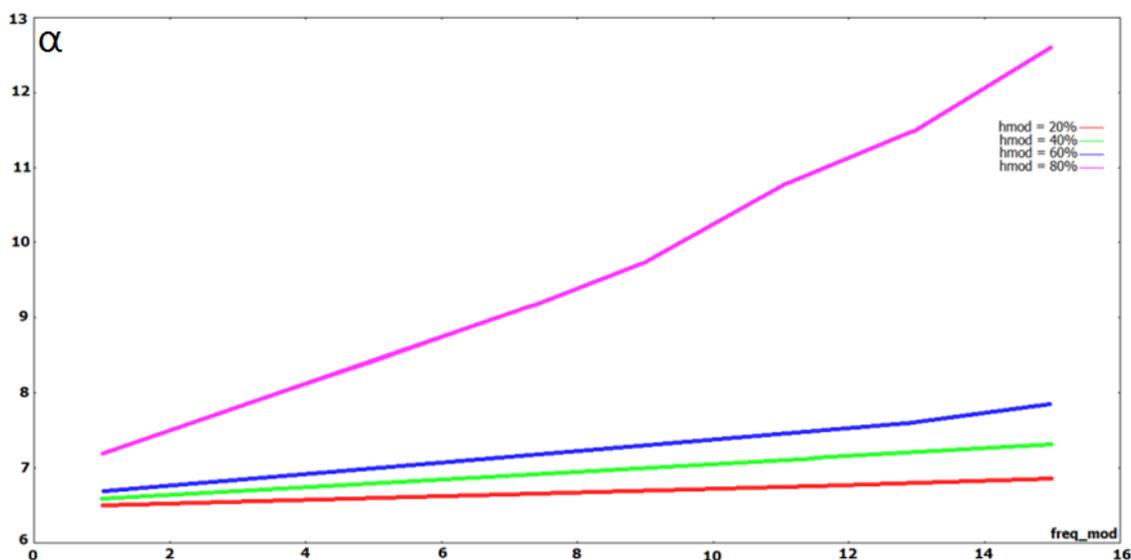


Рис. 3: Зависимость параметра критического тока от частоты модуляции для только сформировавшегося виртуального катода.

Далее были построены спектры реализации колебаний напряженности электрического поля в заданных точках при различных параметрах модуляции (частотах, глубинах) и спектр собственных частот колебаний виртуального катода без модуляции. В результате исследований было выяснено, что при высоких значениях глубины модуляции, а также частотах модуляции, относительно близких к собственной частоте виртуального катода, происходит «навязывание» частоты внешним модулирующим сигналом, а при относительно небольшом значении глубины модуляции спектр становится сложнее и содержит уже несколько спектральных составляющих.

Заключение. Исследовано влияние модуляции эмиссии на систему с виртуальным катодом. Была применена методика, позволяющая проводить численное моделирование системы с модуляцией эмиссии. Обнаружено существенное влияние глубины и частоты модуляции на величину критического тока, а также на механизмы формирования и динамику виртуального катода. Основная тенденция заключается в том, что с ростом как глубины так и частоты модуляции критический ток возрастает. При частотах модуляции, относительно близких к собственной частоте виртуального катода и высоким значением глубины модуляции (40% ~ 80%), происходит навязывание частоты внешним модулирующим сигналом. При низкой величине глубины модуляции (20%) спектр становится сложнее и содержит несколько спектральных составляющих.

Список литературы

1. Kurkin S. A., Koronovskii A. A., Hramov A. E. // Effect of the electron beam modulation on the sub-THz generation in the vircator with the field-emission cathode. Cambridge University Press 2015.
2. Dubinov A.E., Selemir V.D. // J. Commun. Technol. Electron. 2002. V.47. №6.P.575.
3. Benford J., Swegle J.A., Schamiloglu E, High Power Microwaves. Taylor and Francis: CRC Press, 2007.
4. Анфиногентов В.Г., Храмов А.Е. // Радиотехника и электроника. 2001. Т. 46. № 5. С. 588.
5. Jiang W., Shimada N., Prasad S.D., Yatsui K. // IEEE Trans. Plasma Sci. 2004. V.32. № 1. P. 54.
6. Гадецкий Н.Н., Магда И.И., Найстетер С.И. и др. // Физика плазмы. 1993. Т. 19. № 4. С. 530.
7. Калинин Ю.А., Ремпен И.С., Храмов А.Е. // Изв. РАН. Сер. физическая. 2005. Т. 69. № 12. С. 1736.
8. Куркин С.А., Короновский А.А., Храмов А.Е. и др.// Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т. 20. № 5. С. 121.
9. Фролов Н.С., Короновский А.А., Храмов А.Е., Калинин Ю.А., Стародубов А.В. // Изв. РАН. Сер. физ. 2012. Т. 76. № 12. С. 1485.
10. Куркин С.А., Короновский А.А., Храмов А.Е., Кураев А.А., Колосов С.В. Нелинейная динамика генератора на виртуальном катоде с модуляцией эмиссии. Известия РАН серия физическая, том 77, 2013.
11. Калинин Ю.А., Стародубов А.В., Волкова Л.Н. // Письма в ЖТФ. 2010. Т. 36. № 3. С. 39.

12. Егоров Е.Н., Калинин Ю.А., Левин Ю.И., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. // Изв. РАН. Сер. физ. 2005. Т. 69. № 12. С. 1724.
13. Калинин Ю.А., Короновский А.А., Храмов А.Е., Егоров Е.Н., Филатов Р.А. // Физика плазмы. 2005. Т. 31. № 11. С. 1009.
14. Храмов А.Е., Куркин С.А., Егоров Е.Н. и др. // Мат. моделирование. 2011. Т. 23. С. 3.
15. Birdsall, C. K. and Langdon, A. B. 2005 Plasma Physics Via Computer Simulation. NY: Taylor and Francis Group
16. Birdsall, C. K. and Langdon, A. B. 1985 Plasma Physics, Via Computer Simulation. NY: McGrawHill.