

сигнал был зарегистрирован, и в то же время там, где толщина фотокатода была 1000 А, ионный сигнал отсутствовал. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что заложенные в работу пленочного ионного спектрометра принципы реализуются в эксперименте.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Буренков А.Ф., Комаров Ф.Ф., Кумахов Н.А., Таикин М.М. Пространственные распределения энергии, выделенной в каскадах атомных столкновений в твердых телах. М.: Энергоатомиздат, 1985. 248 с.
- [2] Дашевский Б.Е., Подвизников В.А., Прохорьев А.В., Прохоров А.М., Чевокин В.К. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 16. С. 1454-1457.

Институт общей физики  
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
7 июля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 18  
09

26 сентября 1989 г.

#### СТОХАСТИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОД В ЭЛЕКТРОННО-ВОЛНОВОЙ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ С ДВУМЯ КАНАЛАМИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Б.П. Ефимов, К.А. Лукин, В.А. Ракитянский,  
В.П. Шестопалов

Известно, что в динамических системах переход к хаосу может происходить через разрушение квазипериодических движений. В радиофизике эта проблема исследовалась на примере автоколебательных систем типа связанных генераторов с сосредоточенными параметрами и инерционной нелинейностью [1]. В распределенных автоколебательных системах электронно-волнового типа под режимом динамического хаоса обычно понимается стохастическая автомодуляция колебаний, спектр которых локализован в окрестности несущей частоты. В этом случае исследование сценариев перехода к хаосу проводится в фазовом пространстве огибающей сигнала. Разрушение квазипериодических автомодуляционных колебаний в лампе обратной волны изучалось в [2], где, в частности, показано, что переход к хаосу по указанному сценарию происходит при больших значениях параметра неравновесности (превышение рабочего тока над стартовым  $I_0/I_{CT} \sim 30$ , что обусловлено необходимостью создания условий для сильной перегруппировки электронов в поле синхронной волны.

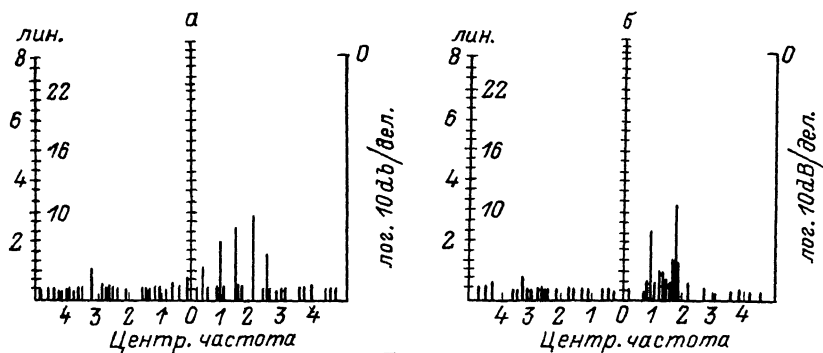


Рис. 1.

В резонансных электронно-волновых системах с длительным взаимодействием обычно наблюдается конкуренция мод одного резонатора или мод различных резонаторов, поля которых связаны через активный элемент. В результате конкуренции устанавливается режим одночастотных колебаний [3]: До настоящего времени в системах рассматриваемого типа более сложные режимы одновременной генерации двух мод и их стохастического взаимодействия не наблюдались.

В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования стохастического взаимодействия мод в электронно-волновой системе с длительным взаимодействием, которая представляет собой периодическую структуру гребенчатого типа, помещенную в прямоугольный волновод и возбуждаемую электронным потоком. В такой системе имеются условия для реализации двух каналов обратной связи, один из которых образуется при возбуждении обратной поверхностной волны, а второй – при возбуждении одной из быстрых волн волноводного резонатора. При изменении рабочего тока в пределах  $0.3 I_{СТ} < I_0 < 2.5 I_{СТ}$ <sup>1</sup> выполняются условия для эффективного взаимодействия электронного потока с полями пространственных гармоник быстрой (объемной) и медленной (поверхностной) волн. Законы дисперсии синхронных гармоник обоих видов волн существенно отличаются друг от друга [3], что обуславливает значительную разность генерируемых частот. Отсюда следует, что активный элемент рассматриваемой системы (электронный поток + синхронные электромагнитные волны периодической структуры) имеют две разнесенные полосы излучения и один интервал пространственного резонанса, определяемый условием близости начальной скорости электронов и фазовых скоростей синхронных гармоник. Полосы излучения активного элемента определяются добротностью пространственного резонанса, а положение их центральных частот – значением потенциала пучка и законами дисперсии медленных и быстрых волн.

<sup>1</sup>  $I_{СТ}$  – стартовый ток колебаний генератора обратной волны.

При уменьшении потенциала пучка, в области рабочих токов  $1.3 I_{ст} < I_0 < 1.7 I_{ст}$  поочередно наблюдались следующие состояния автономной системы: генерация двух независимых частот (характеризуемая разной крутизной перестройки частот); обогащение спектра колебаний в окрестности частоты генерации на поверхностной волне за счет биений (рис. 1, а); стохастическое взаимодействие колебаний (рис. 1, б); взаимная синхронизация колебаний на резонансе  $f_2/f_1 = 5/6$  (характеризуемая практически одинаковой крутизной перестройки частот).

Стохастические колебания имели сравнительно небольшую устойчивость и при неизменных интегральных характеристиках системы спонтанно трансформировались в синхронные колебания или биения. Этот факт свидетельствует об относительно малых размерах области существования стохастических колебаний по расстройке частот, сравнимой с величиной долговременной неустойчивости частоты колебаний на поверхностной волне (порядка единиц мегагерц). Переход к стохастическим колебаниям наблюдался в небольшом интервале значений токов пучка, определяющих амплитудное соотношение между колебаниями обоих видов и степень нелинейности энергообмена. Вне этой области отмечались только режимы синхронизации, биений и конкуренции.

Полученные результаты поддаются наглядной интерпретации, если исследуемую систему рассматривать как два связанных автогенератора с инерционной нелинейностью (имеется ввиду инерционность, присущая самому механизму длительного взаимодействия электронного пучка с полем синхронной волны) и воспользоваться выводами детального анализа ее аналога с сосредоточенными параметрами [1]. Описанной смене автоколебательных режимов можно сопоставить, соответственно, следующие бифуркации в фазовом пространстве системы: эргодический тор с частотами  $f_1$  и  $f_2$ ; потеря гладкости эргодическим тором (обогащение спектра комбинационными частотами); странный аттрактор (квазиттрактор); резонансный тор с числом вращения Пуанкаре  $5/6$ . При обратном изменении потенциала пучка странный аттрактор не возникает из-за наличия гистерезиса в области границы синхронных колебаний.

Приведенные данные и результаты работы [1] позволяют сделать вывод о том, что в исследуемой автономной системе переход к хаосу происходит через потерю гладкости эргодическим тором.

Этот вывод подтверждается также результатами экспериментального исследования воздействия внешнего гармонического сигнала на

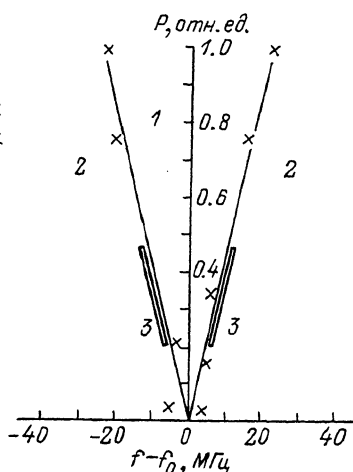


Рис. 2.

резонансную систему с распределенным взаимопониманием электронного пучка и обратной волны. Стохастические колебания (рис. 2, область 3) и в этом случае возбуждаются вблизи границы синхронных колебаний (область 1) со всеми указанными выше особенностями, со стороны больших расстройек частот внешнего источника  $f$  и автономной генерации  $f_0$  при умеренных значениях мощности внешнего сигнала  $P$ , что качественно согласуется с результатами исследования простейшей модели колебательной системы с инерционной нелинейностью, находящейся во внешнем периодическом поле [4].

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А н и щ е н к о В.С. Стохастические колебания в радиофизических системах. Ч. 1. Саратов: СГУ. 1985. 180 с.
- [2] К а ц В.А. Механизмы возникновения хаоса в распределенном генераторе обратной волны. - В сб.: Некоторые вопросы современной физики. Часть 2, Саратов: СГУ. 1984. с. 28-33.
- [3] Е р м а к Г.П., Л у к и н К.А., Ш е с т о п а л о в В.П. // Изв. вузов. Радиофизика. 1986. Т. 29. № 5. С. 610-617.
- [4] Г а п о н о в А.В., Р а б и н о в и ч М.И., Ш а п и р о М.Ф. // Вестник МГУ. Физика. Астрономия. 1978. Т. 19. № 4. С. 125-136.

Институт радиофизики и электроники  
АН УССР, Харьков

Поступило в Редакцию  
3 февраля 1989 г.  
В окончательной редак-  
ции 7 июля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 18  
04; 12

26 сентября 1989 г.

#### ВЛИЯНИЕ АНОДНОГО ПЯТНА НА ПРЕРЫВАНИЕ ТОКА В ПЛАЗМЕННОМ ЭРОЗИОННОМ РАЗМЫКАТЕЛЕ

Е.В. К у м п я к, М.В. Н о в а к о в с к и й,  
Ю.Ф. П о т а л и ц ы н, В.А. Р у д о в

В последнее время активно ведутся исследования плазменных эрозийных размыкателей тока (ПЭР), с которыми связана одна из перспектив развития мощной импульсной техники [1-3]. В основе действия ПЭР лежит образование прикатодного двойного слоя (ДС) в наполняющей вакуумный диод плазме, заранее созданной внешним источником [3, 4]. До настоящего времени остается неясным вопрос о физическом факторе, приводящем к началу прерывания тока в ПЭР. Знание этого фактора позволило бы управлять моментом прерывания, что очень важно для синхронизации ПЭР [2].