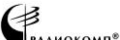
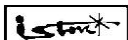




Посвящается
70-летию РНТОРЭС



КрымМуКо 2015 CriMiCo

**25-я Международная Крымская конференция
СВЧ-техника
и телекоммуникационные технологии
Материалы конференции**

**6—12 сентября 2015 г.
Севастополь, Крым, Россия**

**2015 25th International Crimean Conference
Microwave &
Telecommunication Technology
Conference Proceedings**

**September 6—12, 2015
Sevastopol, Crimea, Russia**

**В двух томах
In Two Volumes**

**Том 1
Volume 1**

Moscow • Minsk • Sevastopol
2015

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431
С255

Организаторы:

Российское научно-техническое общество радиотехники,
электроники и связи (РНТОРЭС) им. А. С. Попова
Крымский научно-технологический центр
им. проф. А. С. Попова (Севастополь)
Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ)
Севастопольский государственный университет
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники (Минск)
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
НП ОАО «Фаза» (Ростов-на-Дону)
ОАО «НПП "Исток" им. Шокина» (Фрязино)
ЗАО «Микроволновые системы» (Москва)
НПП «Системные ресурсы» (Москва)
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
НПФ «Микран» (Томск)
ООО «Радиокомп» (Москва)
Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург)
Keysight Technologies (Москва)
SD Solutions (Санкт-Петербург)
Крымский федеральный университет
им. проф. В. И. Вернадского (Симферополь)
НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» (Кацивели)

Информационная поддержка:

Журнал «Вестник электроники»

25-я Международная Крымская конференция «**СВЧ-техника** и телекоммуникационные
С255 технологии» (КрыМиКо'2015). Севастополь, 6—12 сентября 2015 г. : материалы конф. в 2 т. —
Севастополь, 2015. — Т. 1: 666 с. (1—596) + 70 с.: ил. — ISBN 978-1-4673-9414-7.

В 1-й том сборника материалов включены 277 из 588-ти прошедших рецензирование и включенных в программу конференции докладов, которые будут представлены на секциях: Материалы и технология СВЧ-приборов; Нанотехнологии и наноматериалы; Нанoeлектроника; Нанотехнологии и нанoeлектроника; СВЧ-электроника сверхбольших мощностей и эффекты; Радиационная стойкость материалов и ЭКБ; Электромагнитная стойкость материалов и ЭКБ; Измерение параметров цепей и сигналов; Измерение параметров материалов и технологических процессов; Антенные измерения; Обработка результатов измерений и другие приложения; Контроль и управление в технологических процессах; СВЧ-технологии в задачах мониторинга окружающей среды; Радиофотоника; Микроволновые технологии в биологии и медицине; Радиоастрономия и распространение радиоволн в атмосфере Земли; Методы и средства ДЗЗ; Моделирование и реализация комплексов и систем. Авторами представленных на конференции докладов являются 1216 ученых и специалистов 194-х университетов и предприятий 14-ти стран: Беларуси, Великобритании, Дании, Ирака, Казахстана, Канады, Кореи, Польши, России, Румынии, Украины, Швеции, ЮАР и Японии.

Материалы конференции изданы также на компакт-диске.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий. Сборник также будет полезен студентам и аспирантам телекоммуникационных, радиотехнических и радиофизических факультетов вузов.

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431

IEEE Catalog Number CFP15788-PRT
ISBN 978-1-4673-9413-0 (CD)
ISBN 978-1-4673-9414-7

© Оргкомитет КрыМиКо'2015
© КНТЦ им. Попова, 2015

DYNAMIC PROCESSES IN THE COUPLED MICROWAVE OSCILLATOR SYSTEM IN A HYPER CHAOS MODE

Novikov S. S.

Tomsk State University

Lenin's avenue, 36, Tomsk, 634050, Russian Federation

Ph.: (3822) 413973, e-mail: nss@sibmail.com

Abstract — In this report it is shown that chaotic dynamics of two mutual coupled and partial stable transistor microwave oscillators system develops by destruction of coherence simultaneously in two directions of unstable amplitude and phase relationships.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ СВЯЗАННЫХ СВЧ АВТОГЕНЕРАТОРОВ В РЕЖИМЕ ГИПЕРХАОСА

Новиков С. С.

Национальный исследовательский Томский государственный университет

пр. Ленина, 36, Томск, 634050, Россия

тел.: (3822) 413973, e-mail: nss@sibmail.com

Аннотация — В докладе экспериментально показано, что хаотическая динамика в системе двух взаимосвязанных, частично стабильных СВЧ автогенераторов развивается путем разрушения когерентности одновременно по двум направлениям, отвечающим неустойчивости фазовых и амплитудных соотношений.

I. Введение

В работах [1] при исследовании локальной устойчивости системы двух связанных автогенераторов было показано, что при сильной резонансной связи определенного типа режим синхронизации существовать не может, так как теряет устойчивость. Экспериментальное изучение этого феномена в схеме двух транзисторных СВЧ автогенераторов [2,3] показало, что когерентный режим действительно не реализуется, а вместо него возникает режим динамического хаоса со сплошным спектром и сложной непериодической модуляцией фаз и амплитуд парциальных составляющих. Существенная особенность этого явления состоит в том, что парциальные подсистемы, то есть СВЧ автогенераторы, в автономном режиме являются, безусловно, стабильными одночастотными системами, генерирующими монохроматический сигнал. Теоретические оценки [1] указывают на то, что динамическая неустойчивость может развиваться одновременно по двум направлениям, соответствующим противоположным возмущениям фаз колебаний и противоположным возмущениям их амплитуд. Это свойство представляет интерес, поскольку указанная динамика переменных может быть сравнительно легко экспериментально идентифицирована. Целью работы является экспериментальное изучение амплитудных и фазовых процессов системы двух СВЧ автогенераторов при переходе в режим хаотических колебаний.

II. Основная часть

Установление периодических синхронных колебаний в системах взаимосвязанных автогенераторов при заданных параметрах взаимных связей принято соотносить с устойчивостью тех или иных стационарных фазовых соотношений. Их неустойчивость может привести к срыву синхронизма с возможным переходом к другим, устойчивым фазовым соотношениям или к полному разрушению синхронизма. При этом изменение (модуляция) амплитуд, с точки зрения влияния на устойчивость, обычно считается

второстепенным фактором. В рассматриваемой нами системе динамика амплитуд составляет важный элемент формирования хаотического режима.

Два одночастотных, частично стабильных, перестраиваемых в диапазоне $2,9 \div 3,5$ ГГц транзисторных СВЧ автогенератора соединяются друг с другом и с общей согласованной нагрузкой отрезками воздушной несимметричной полосковой линии по Т-образной схеме (рис.1). Резонансные свойства четырехполюсника связи описываются проводимостью $y_{12}(j\omega)$ и задаются коэффициентом $C_{12} = d(\text{Im } y_{12}(j\omega))/d\omega|_{\omega_0}$. Резонанс C_{12} для симметричных ($\Theta_2 = \Theta_1$) систем реализуется при настройках $\Theta_2 + \Theta_1 \approx 2n\pi$ [4]. При достаточно малых погонных потерях линии коэффициент C_{12} достигает больших значений, так что выполняется критерий разрушения когерентности [1]

$$C_{12} > C. \quad (1)$$

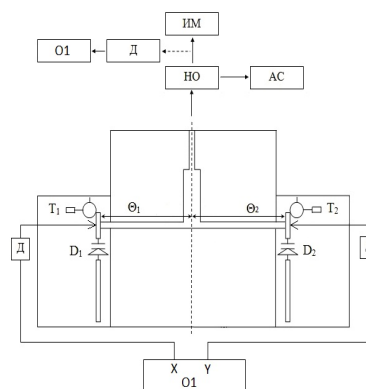


Рис. 1. Экспериментальная схема.

Fig. 1. The experimental scheme

Здесь C – эквивалентные емкости колебательных систем автогенераторов. Введение в воздушный

зазор линии связи тонкого листового поглощающего материала позволяет управлять параметром C_{12} , не создавая при этом неоднородность. Спектр сигнала в общей нагрузке контролировался анализатором (AC) Agilent E4405E. Фазовые портреты (ФП) строились осциллографом (O1) Agilent DSA91304A, на XY-входы которого с помощью специальных зондов подавались сигналы автогенераторов.

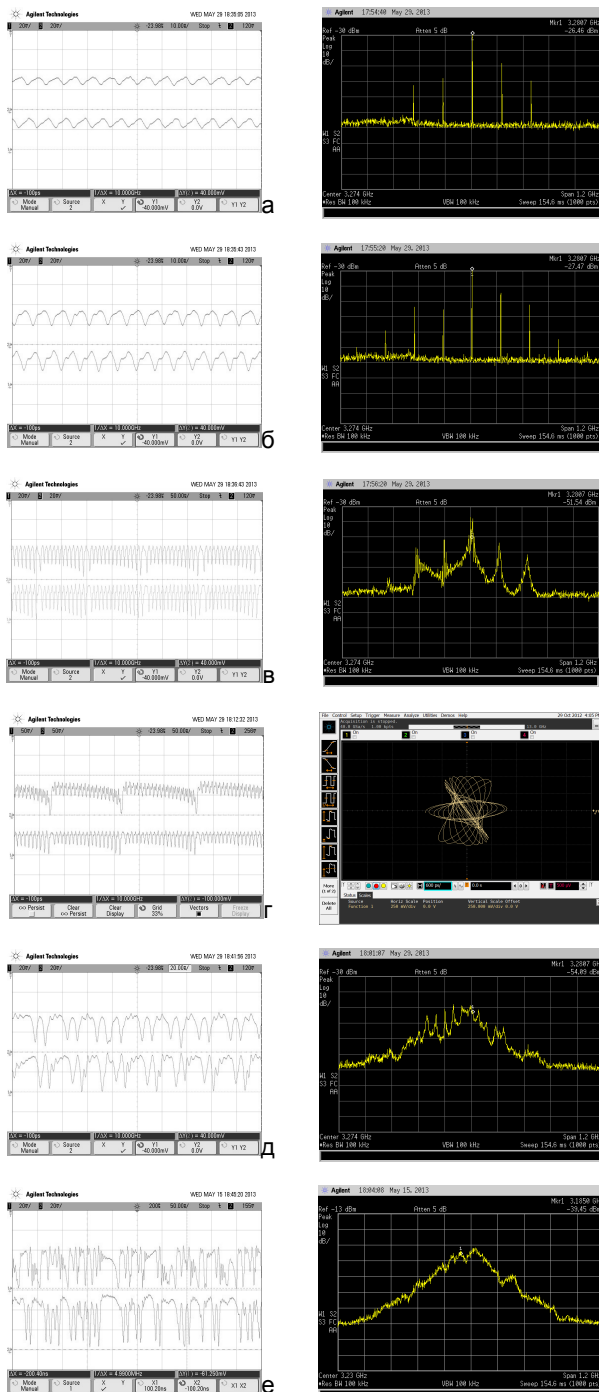


Рис. 2. Огибающие амплитуд генераторов при переходе к динамическому хаосу.

Fig. 2. Amplitude envelope of oscillators at transition to dynamic chaos

При включении широкополосных детекторов Д на экран выводятся огибающие амплитуд генераторов. Схема исследовалась при длине линии связи

$\Theta_2 + \Theta_1 \approx 4\pi$. На рис.2 приведены огибающие автогенераторов и спектры колебаний в общей нагрузке для случая равенства частот автогенераторов при последовательном увеличении параметра C_{12} . В исходном состоянии при малом C_{12} в системе существует устойчивый синфазный режим с суммированием мощностей в общей нагрузке. При достижении критерия (1) возникает слабая периодическая автомодуляция как разности фаз [3], так и амплитуд генераторов (рис.2а) с частотой порядка 130МГц. По мере увеличения C_{12} глубина амплитудной модуляции возрастает (рис.2б) и возникают стадии перемежаемой модуляции (рис.2в). Как видно, изменения амплитуд генераторов происходят в противофазе, что однозначно указывает на неустойчивость соответствующих направлений. К концу стадии происходит почти полное подавление одного колебания другим. Переход между стадиями сопровождается быстрой бифуркационной перестройкой амплитудных и фазовых соотношений: в течение 2-3 ns колебания автогенераторов переходят в область противофазности с одновременным выравниванием амплитуд; при этом уровень суммарных колебаний в общей нагрузке (верхняя осциллограмма на рис.2г) быстро падает почти до нуля. Данный процесс не является регулярным и вносит в спектр (рис.2в) характерный шумовой пьедестал. Амплитудно-фазовая динамика перехода четко видна на вырезке фазового портрета протяженностью 6 ns (рис.2г). При дальнейшем увеличении C_{12} глубина перемежаемой модуляции возрастает, а длительность ее стадий сокращается. Далее изменения амплитуд генераторов постепенно утрачивают признаки регулярной модуляции (рис.2д,е), спектр процесса становится непрерывным и занимает полосу порядка 1ГГц. Проведенный в работе анализ фазовых портретов указывает на слабую корреляционную связь хаотической динамики амплитуд и разности фаз.

III. Заключение

1. Разрушение когерентности в системе двух связанных парциально стабильных СВЧ автогенераторов за счет сильных резонансных свойств связи происходит одновременно по двум направлениям, отвечающим неустойчивости фазовых и амплитудных соотношений. Режиму гиперхаоса предшествует перемежаемая амплитудно-фазовая автомодуляция.

2. Бифуркационные преобразования колебаний происходят под управлением параметра, определяющего потери волнового канала взаимной связи автогенераторов.

IV. References

- [1] Novikov S.S., Usjukevitch A.A. Instability of synchronous mode in a system of two coupled microwave self-oscillators/ Russian Physics Journal. 2013. T. 55. № 11. С. 1296-1302.
- [2] Новиков С.С., Усюкевич А.А. Разрушение когерентного режима в системе двух автогенераторов при сильных резонансных взаимных связях. // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т. 20. №5. С. 16-30.
- [3] Novikov S.S., Usjukevitch A.A. Bifurcation transitions to the dynamic chaos mode in mutual coupled microwave oscillators system. // Proc. 24th Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology", Sevastopol, Crimea, Russia, 2014. pp. 107-108.
- [4] A. S. Maidanovskij, S. S. Novikov. Symmetric and asymmetric systems of strongly coupled self-excited oscillators. // Radiotekhnika i Elektronika. 2013. 48. No. 5. pp. 595–600.