

**ИННОВАЦИОННЫЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Сборник трудов  
XIII Международной научно-практической конференции**



1 – 10 октября 2016 года  
Россия, г. Сочи

УДК 681.3 + 681.5  
И 66

И 66      Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции. / под.ред. С.У.Увайсов – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2016, 640с.

ISSN 2500-1248

Представлены материалы тринадцатой Международной научно-практической конференции. Сборник отражает современное состояние инноватики в образовании, науке, промышленности, социально-экономической сфере и медицине с позиций внедрения новейших информационных и коммуникационных технологий.

Представляет интерес для широкого круга специалистов в области современных информационных и коммуникационных технологий, научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, связанных с инновационной деятельностью.

**Редакционная коллегия:**

Абрамов О.В., Авакян А.А., Авдеюк О.А., Аверченков В.И., Витязев В.В., Воробьев Г.А., Вуйцик В., Галкин В.А., Горбунов А.П., Иванов И.А.(отв. ред.), Камаев В.А., Каперко А.Ф., Карминская Т.Д., Каштанов В.А., Кечиев Л.Н., Климов К.Н., Кофанов Ю.Н., Кравец А.Г., Кудж С.А., Кулагин В.П., Кунбутаев Л.М., Львов Б.Г., Мещеряков Р.В., Минзов А.С., Нефедов В.И., Пономарев Л.И., Пожидаев Е.Д., Роберт И.В., Романенко Ю.А., Саенко В.С., Стукач О.В., Увайсов С.У.(гл. ред.), Халютин С.П., Черемисина Е.Н., Шелупанов А.А., Юрков Н.К.

ISSN 2500-1248

© Оргкомитет конференции ИНФО-2016

## СБОРНИК СОДЕРЖИТ:

- сведения об организаторах
- материалы докладов

## МЕРОПРИЯТИЯ КОНФЕРЕНЦИИ



### Планарное заседание

#### *Фундаментальные проблемы инноватики*

Рассматриваются результаты фундаментальных исследований в различных областях научной и практической деятельности.



### Секционные заседания

#### *Современные технологии в информационном обществе*

Посвящена применению информационных и коммуникационных технологий в образовании и социально-экономической сфере. Рассматриваются вопросы: управления образовательным процессом в высшем, среднем и начальном образовании; дистанционного обучения; применения ИКТ для повышения качества преподавания; применения ИКТ для управления, регулирования и повышения качества социальных и бизнес-процессов; и другие.



#### *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в науке, технике и технологиях*

Рассматриваются вопросы использования современных ИКТ при проведении научных исследований и разработке новых видов техники и технологий в промышленности.



#### *Энергетика и энергосберегающие технологии*

Посвящена вопросам разработки новых видов источников энергии и их практического применения, использования альтернативных источников энергии в жизни и деятельности человека, повышения их эффективности.



#### *Антенны, СВЧ техника, технологии и производство радиоэлектронных систем*

Рассматриваются вопросы электромагнитной совместимости, излучения, приема и распространения электромагнитных волн, управления полями с помощью различных физических явлений, численного электродинамического моделирования, исследования, разработки и создания антенн, СВЧ-устройств, материалов и компонентов проектирования спецоборудования для радионавигации, радиолокации, телевидения, радиоастрономии, радиоуправления, радиоэлектронной борьбы и телекоммуникаций.

## Международный фестиваль «ЭЛЕКТРОННОЕ БУДУЩЕЕ 2016»

### Круглые столы, семинары, мастер-классы

#### Контакты оргкомитета:

E-mail: [conf@diag.ru](mailto:conf@diag.ru)

[www.diag.ru](http://www.diag.ru)

Поскольку векторы  $\overline{OM}_i (X_{OM_i}, Y_{OM_i}, Z_{OM_i})^T$  в системе координат OXYZ непосредственно измеряются с помощью СТЗ, а вектор положения меток в системе координат  $O^{(1)}X^{(1)}Y^{(1)}Z^{(1)}$   $(X_{O^{(1)}M_i}^{(1)}, Y_{O^{(1)}M_i}^{(1)}, Z_{O^{(1)}M_i}^{(1)})^T$  известен по условию задачи, то соотношение (2) можно использовать для вычисления координат первого объекта, относительно второго, предварительно вычислив матрицу  $(\dot{A})$  посредством соотношения (3). Применим теперь соотношение (2) для точек N и M, получим

$$(X_{NM} \ Y_{NM} \ Z_{NM})^T = (\dot{A})^T (X_{O^{(1)}M}^{(1)} \ Y_{O^{(1)}M}^{(1)} \ Z_{O^{(1)}M}^{(1)})^T - (\dot{A})^T (X_0^{(1)} \ Y_0^{(1)} \ Z_0^{(1)})^T - (X_{ON} \ Y_{ON} \ Z_{ON})^T. \quad (4)$$

Таким образом, СТЗ обеспечивает возможность измерения вектора между любыми недоступными для наблюдения точками двух подвижных объектов.

#### Литература

1. ГОСТ 22488-77. Система заправки самолета топливом в полете. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1977. 8 с.
2. Самолеты-заправщики KC-135 и KC-10A (ВВС США), VC.10K (ВВС Великобритании) / А. Н. Пономарев [и др.]; Воен.-возд. инж. акад. им. Н.Е. Жуковского. М.: ВВИА, 1989. 60 с.
3. Бондарев В.Г. Автоматическая посадка летательных аппаратов. Авиакосмическое приборостроение. 2011. №3. С. 21–25.

#### МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫХ ЛБВ

Кравченко Н.П., Касаткин А.Д., \*Мухин С.В., Пресняков С.А.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», \*ОАО «КОМПАС»  
+79160020440, natkrav@inbox.ru

При проектировании пучково-плазменной ЛБВ используется настраиваемая модель замедляющей системы типа цепочка связанных резонаторов с пролетным каналом, заполненным плазмой. Разработанная модель ячейки ЦСР с пролетным каналом заполненным плазмой используется для определения опорных точек, по которым настраиваются характеристики ЦСР.

Проверка адекватности разработанной модели показала ее пригодность для проектирования замедляющих систем пучково-плазменных ЛБВ и её использования при моделировании процессов взаимодействия в этих приборах.

Ключевые слова: СВЧ, цепочка связанных резонаторов, математическая модель, плазменная ЛБВ.

Modeling methods and means of design of plasma-beam TWT. Kravchenko N.P., Kasatkin A.D., \*Mukhin S.V., Presnyakov S.A., National Research University Higher School of Economics, \*OJSC “KOMPAS”

The customizable model of the “chain of coupled resonators”-type (CCR-type) slow-wave structure with transit channel filled with plasma is used while modeling the plasma-beam TWT. The designed model of CCR cell with transit channel filled with plasma is used for determination of control points based on which the CCR characteristics are being customized.

Test for adequacy of this model showed that it is suitable for design of plasma-beam TWT slow-wave structures and that it can be used for interaction process modeling in such devices

Key words: Microwave, Chain of Coupled Resonators, Mathematical Model, Plasma TWT

#### Введение

В ЛБВ S- диапазона с непрерывной (средней) мощностью единицы-десятки киловатт и импульсной мощностью десятки-сотни киловатт применяются в основном замедляющие системы (ЗС) типа цепочек связанных резонаторов (ЦСР).

Среди используемых в настоящее время ЛБВ на ЦСР наибольшее распространение получили лампы с умеренной полосой до 10%. Для таких ЛБВ в большинстве случаев не требуется применение специальных приемов, направленных на снижение неравномерности усиления в рабочей полосе частот, и приемов по подавлению нежелательного самовозбуждения вблизи  $2\pi$ -вида колебаний ЦСР и на частотах, близких к границе пропускания (в том числе вблизи резонанса щели связи). При более широкой полосе, и в частности, при полосе усиления 40% и более, возникает необходимость применения методов выравнивания усиления в рабочей полосе частот и различных приемов подавления самовозбуждения. Остановимся на этих методах.

Как известно, полоса основной (резонаторной) моды ЦСР может быть расширена путем увеличения угла раскрыва щели связи между соседними резонаторами, при этом происходит и увеличение полосы щелевой моды. При исчезновении полосы запирающей между соседними модами и последующим слиянием соседних щелевой и резонаторной мод достигается максимум полосы резонаторной моды. Следовательно, может быть получена холодная (без электронного пучка) полоса резонаторной моды ЦСР 50 и 60%.

Импеданс взаимодействия широкополосной ЦСР быстро уменьшается к высоким частотам от нескольких десятков Ом до весьма малых значений порядка 3 Ом. Для дальнейшего выравнивания усиления можно использовать специальные элементы замедляющей системы (поглотители), обладающие селективным (избирательным по частоте) затуханием на НЧ краю (11 ... 13 ГГц) диапазона.

Следует отметить, что несмотря на ряд опубликованных работ по исследованию возможности достижения широких полос ЛБВ с ЦСР, в каталогах ведущих фирм США (VARIAN, HUGHES, LITTON и др.) тем не менее, отсутствуют указания на промышленный выпуск и продажу таких ламп. Это, по-видимому, связано с весьма серьезными трудностями, возникающими при разработке и изготовлении ЛБВ на ЦСР со сверхширокой полосой. И даже ЛБВ с полосой 15% и 17% (ЛБВ фирм VARIAN и HUGHES) являются исключением из общего большого числа более узкополосных ЛБВ на ЦСР. При этом конструкция широкополосных ЛБВ на ЦСР существенно зависит от совокупности необходимых выходных характеристик по полосе, мощности, КПД, габаритам и так далее.

В настоящей работе приведены результаты анализа и выбора основных параметров и характеристик ЛБВ с ЦСР, лежащих в основе пучково-плазменных приборов.

### 1. Задание на проектирование пучково-плазменного прибора

Полученный в результате проектирования пучково-плазменный прибор должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Рабочий диапазон – 2,84-3,56 ГГц.
2. Диапазон входных мощностей – 100 – 200 Вт.
3. Выходная мощность, не менее - 15 кВт.
4. Диапазон ускоряющих напряжений – 15 – 25 кВ.
5. Диапазон номинальных токов – 3 – 3,5 А.

Должны быть рассмотрены возможности построения литерного усилителя на основе двух двухсекционных приборов с развязкой в поддиапазонах 5.7-6.3 ГГц и 7.9-8.4 ГГц.

Прибор прототип состоит из двух секций разделенных секцией развязки. Входная секция содержит 6 резонаторов, выходная до 22 резонаторов, секция развязки 5 резонаторов создающих ослабление 12-15 дБ. Характеристики согласования прибора по входу и выходу приведены на рис.1,2, характеристика ослабления на рис.3.

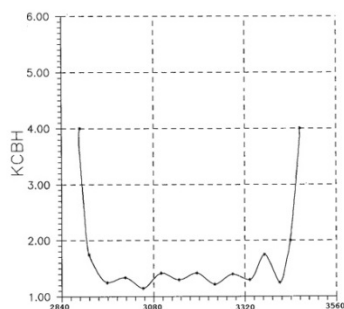


Рис.1.Согласование по входу лампы от частоты (кГц)

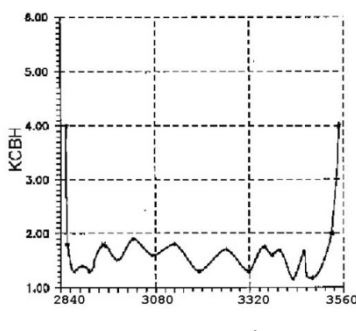


Рис.2. Согласование по выходу лампы от частоты (кГц)

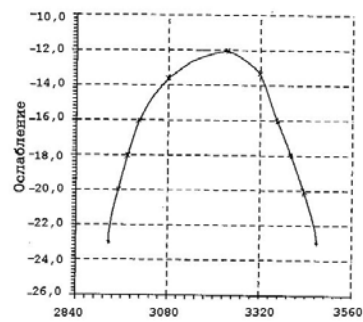


Рис.3. Ослабление от частоты лампы от частоты (кГц)

### 2. Выбор замедляющих систем

Выбор замедляющих систем проводился в автоматическом режиме с использованием математических методов оптимизации на базе программы расчета дисперсионных характеристик ЗС типа ЦСР. Критерием оптимизации служили:

1. рабочий диапазон частот;
2. максимально возможное сопротивление связи;
3. внешний радиус замедляющей системы не должен превышать 34 мм.

Перебору подвергались все размеры замедляющей системы кроме радиуса пролетного канала. В результате проведенной оптимизации были получены замедляющие системы для рабочих диапазонов 5.7-6.3 ГГц на рис.4.

Более подробно было рассмотрено влияние плазмы на дисперсионные характеристики ЗС типа ЦСР со щелями связи повернутыми на  $180^\circ$  и пролетным каналом заполненным плазмой. Для исследования характеристик была разработана [1] программа расчета граничных частот соответствующих  $\pi$  и  $2\pi$  видам, а также частоты  $1,5\pi$  вида и сопротивления связи в этой точке.

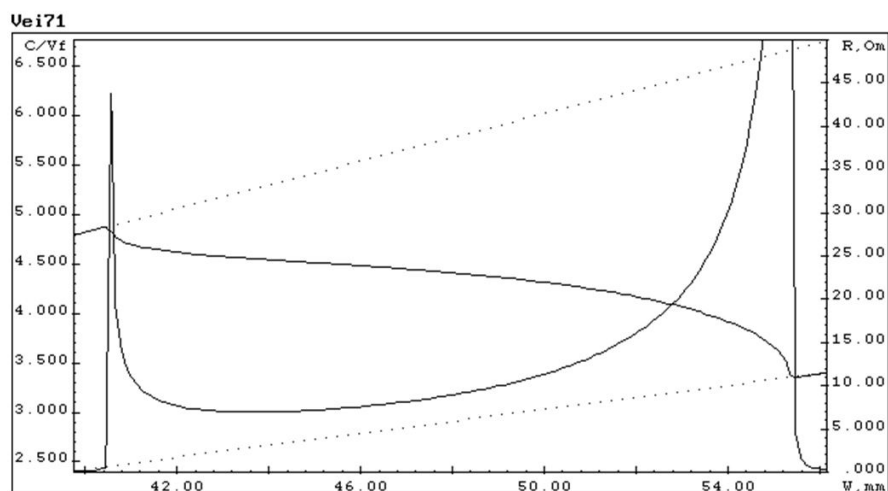


Рис.4.Замедление  $c/vf$  и сопротивление связи  $R$  от длины волны  $\lambda$ .

Разработанная программа может быть использована в дальнейшем при создании программного комплекса для проектирования пучково-плазменных ЛБВ на основе ЦСР. Используя данную программу, был произведен расчет вакуумных ЗС типа ЦСР со щелями связи повернутыми на  $180^\circ$ . Результаты расчета одной из замедляющих систем представлены в приложении. При сравнительной оценке известных и полученных результатов очевидно, что погрешность определения граничных частот полосы пропускания не превышает 3% в довольно широком диапазоне изменения размеров ЗС. Погрешность определения частоты  $1,5\pi$ -вида не превышает 1,5%, а сопротивления связи в этой точке 15%. Следовательно, разработанная модель является применимой для практических целей.

Оценка правильности учета влияния плазмы проводилась качественно на основе результатов исследований, известных из публикаций. Введение плазмы в пролетный канал приводит к смещению полосы пропускания в область более высоких частот.

### 3. Проектирование пучково-плазменной ЛБВ с помощью программного комплекса VEGA

С помощью программного комплекса VEGA [2] было осуществлено проектирование высокочастотных блоков вакуумных прототипов двух пучково-плазменных ЛБВ. Выбиралась структура прибора и электрические параметры рабочего режима, обеспечивающие требуемые выходные характеристики в заданном диапазоне частот. Выходные характеристики одной из ламп (литера 5.7-6.3 ГГц) представлены на рис.5.6.

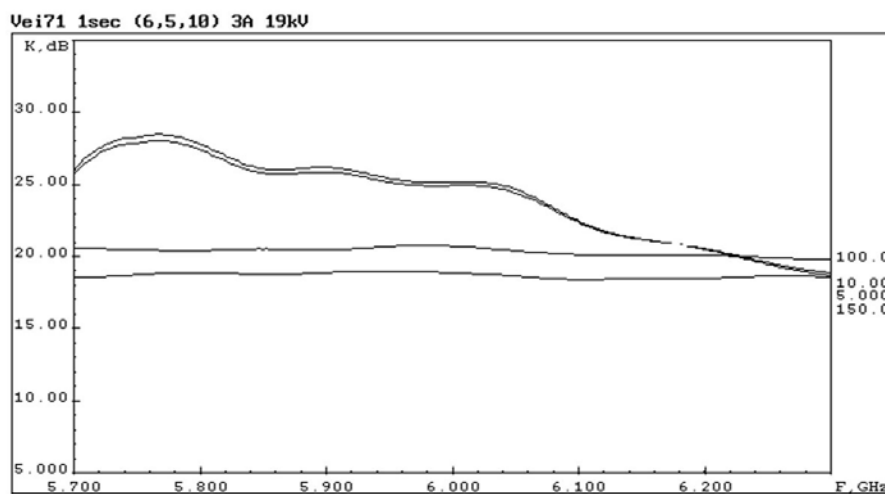


Рис.5. Зависимость коэффициента усиления от частоты

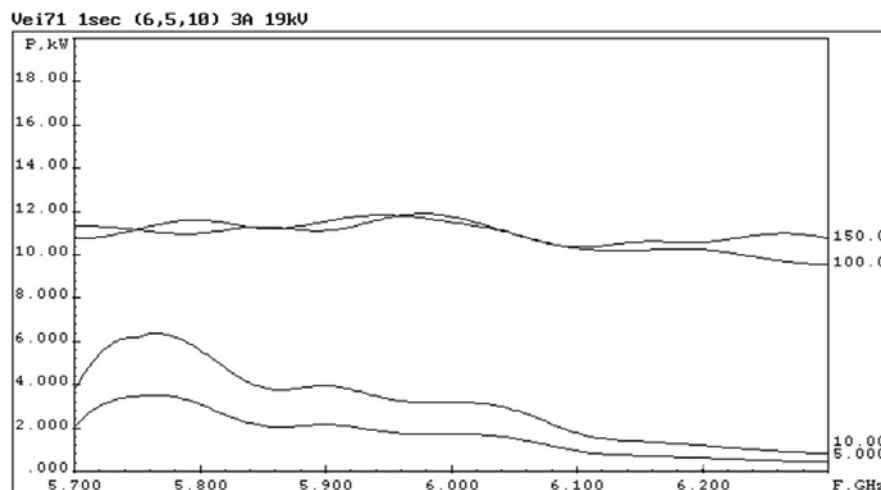


Рис.6. Зависимость выходной мощности от частоты.

#### Выводы

В результате проделанной работы разработаны замедляющие системы типа ЦСР для литер пучково-плазменных приборов в поддиапазонах 5.7-6.3 ГГц и 7.9-8.4 ГГц. На их основе разработаны структуры приборов, обеспечивающих требуемые выходные параметры.

#### Литература

1. Касаткин А.Д., Кравченко Н.П., Мухин С.В., Пресняков С.А. Анализ дисперсионных характеристик цепочек связанных резонаторов с плазменным заполнением пролетного канала и проектирование на их основе пучково-плазменных ламп бегущей волны. АПЭП-2016, Саратов.
2. Мухин С.В. Программный комплекс «VEGA» для моделирования резонаторных замедляющих систем и процессов взаимодействия в ЛБВ, построенных на их основе. // Журнал Радиоэлектроники (электронный журнал <http://jre.cplire.ru>), №12, 2002 г.

#### ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО РЕДУКТОРА

Сапсалева А.В., Харитонов С.А., Ачитаев А.А., Веселовский О.Н., Савин Н.П.  
НГТУ  
+7 (909) 532-32-16, [sapsalevav@ngs.ru](mailto:sapsalevav@ngs.ru)

Аннотация: Рассмотрена конструктивная схема магнитного редуктора радиального исполнения. Показано, что кинематическую схему соединения первичного двигателя с рабочим механизмом посредством магнитного редуктора можно свести к расчетной модели двухмассовой системы с упругой связью, обусловленной силовым действием магнитного поля. Составлены уравнения математической модели магнитного редуктора, на основе которой синтезирована его структурная схема.

Ключевые слова: постоянные магниты, тихоходный и быстроходный ротор, магнитный редуктор, упругая связь, двухмассовая система, структурная схема.

Dynamic model of a magnetic gear. Sapsalev A.V., Kharitonov S.A., Achitaev A. A., Ivanov I.I., Veselovsky O., N., Savin N. P., NSTU.

Abstract: The structural scheme of the magnetic radial gear has been considered. It is shown that the kinematic scheme of primary engine connection with calculation model of working mechanism by magnetic gear can be reduced to a two-mass system with spring coupling caused by the magnetic field strength. The magnetic gear mathematical model equations have been constricted base on synthesized structural diagram.

Keywords: permanent magnets, low- and high-speed rotor, magnetic gear, flexible coupling, two-mass system, block diagram.

#### Введение

Прогресс в производстве термостабильных высокоэнергетических магнитов на основе сплавов редкоземельных металлов, обладающих большой коэрцитивной силой (самарий-кобальт" (SmCo) и "неодим-железо-бор" (Nd-Fe-B)), позволил значительно расширить область применения электромеханических преобразователей [1,2,3].