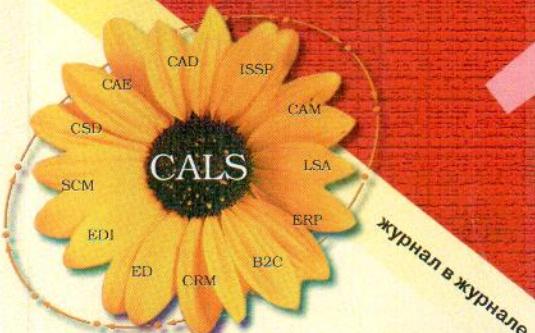


50 МИЭМ

КАЧЕСТВО И ИННОВАЦИИ ОБРАЗОВАНИЕ

№5
2012

ISSN 1999-513X
9 771999 513000



КАЧЕСТВО и ИПИ (CALS)-технологии

www.quality-journal.ru

С.В. Мухин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ТИПА ЦСР С ПРОЛЕТНЫМ КАНАЛОМ, ЗАПОЛНЕННЫМ ПЛАЗМОЙ

На основе метода частичных областей разработана модель ячейки замедляющей системы типа цепочка связанных резонаторов с пролетным каналом, заполненным плазмой. Проведено исследование дисперсионных характеристик этой замедляющей системы и показано расширение полосы пропускания замедляющей системы при одновременном увеличении сопротивления связи, что позволяет объяснить некоторые особенности работы пучково-плазменных ЛБВ.

Ключевые слова: ячейка замедляющей системы, метод частичных областей, дисперсионная характеристика

Введение

Мощные электронные приборы СВЧ диапазона являются основными источниками электромагнитной энергии для многих областей техники. Традиционно это различные электровакуумные приборы сверхвысоких частот (СВЧ) (лампы бегущей волны (ЛБВ), клистроны, магнетроны, лампы обратной волны и так далее).

Наряду с электровакуумными приборами СВЧ получили развитие плазменонаполненные приборы СВЧ. Присутствие плазмы существенно влияет на характеристики приборов и позволяет улучшить некоторые их характеристики, например, увеличить выходную мощность, расширить рабочую полосу частот и повысить КПД.

Одним из направлений исследований в этой области является создание приборов с мощными релятивистскими электронными пучками [1, 2]. В этих приборах была решена задача вывода СВЧ энергии из плазмы и были достигнуты большие выходные мощности. На основе проведенных исследований были реализованы плазменные ЛОВ и гиротроны, которые успешно развиваются в настоящее время.

Вторым направлением является создание приборов на основе гибридных замедляющих систем с пролетным каналом, заполненным плазмой [3, 4]. Были проведены теоретический анализ пучково-плазменных процессов, экспериментальные исследования нерелятивистских генераторов на плазменных лампах об-

S.V. Muhin

RESEARCH OF ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SLOWING-DOWN SYSTEMS WITH THE FLYING CHANNEL FILLED WITH PLASMA

The model of the cell of slow-wave system of the type chained resonators with flyover channel filled with plasma was invented based upon the method of partial areas. The dispersion characteristics of this system were analyzed, and was shown that there is widening of passthrough line of this slow-wave system the same time the resistance of connection is getting bigger. This makes possible to explain some aspects of the work of plasmabeam TWT.

Keywords: cell of slowing-down system, method of partial areas, the dispersive characteristic

ратной волны, созданы образцы пучково-плазменных ЛБВ.

Несмотря на большой объем проведенных теоретических и экспериментальных исследований замедляющих систем с пролетным каналом, заполненным плазмой, и процессов взаимодействия электронных потоков с волнами в таких системах, до настоящего времени нет инструмента, позволяющего вести машинное моделирование процессов взаимодействия, происходящих в пучково-плазменных приборах. В этой работе рассмотрена модель ячейки замедляющей системы типа ЦСР с пролетным каналом, заполненным плазмой, и приводятся результаты исследований ее электродинамических характеристик.

1. Модель ячейки замедляющей системы типа ЦСР с пролетным каналом, заполненным плазмой

В основу предлагаемой модели была положена модель вакуумной ячейки ЦСР [5]. Построение этой модели основывается на том, что определенному сдвигу фазы на ячейке ЗС соответствуют определенные виды колебаний резонатора, образованного отдельной ячейкой ЗС [5]. Каждому значению сдвига фазы $j=2p, 3/2p, p$ соответствует свое распределение электрических и магнитных стенок в сечениях, перпендикулярных оси на входе и выходе ячейки ЗС (сечение А-А и Б-Б рис. 1).

При построении этой модели, как показано на рис. 1, ячейка ЗС разбивается на частичные области по ра-

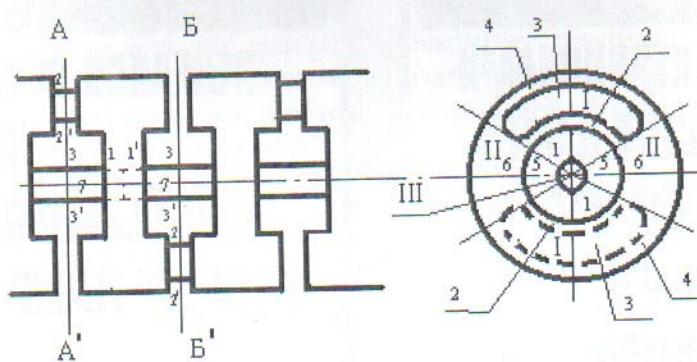


Рис. 1. Разделение ячейки замедляющей системы типа ЦСР на частичные области по направлению распространения СВЧ энергии и азимуту

диусу, по азимуту и по длине замедляющей системы. Плоскости, проходящие через ось системы, делят ячейку на четыре сектора I, II, которые, в свою очередь, разделяются на части по радиусу цилиндрическими поверхностями. В продольном направлении выделяются частичные области щели связи и резонатора.

Частичным областям ставятся в соответствие волноведущие каналы с границами, соответствующими реальными границам ЦСР, по которым распространяются волны различных типов. При анализе пролетного канала используется волна E_{01} , распространяющаяся в круглом волноводе, заполненном плазмой. Щель связи моделируется фасолевидным волноводом с волной H_{10} , остальные частичные области моделируются секторными волноводами с магнитными боковыми стенками, по которым распространяется Т-волну. Введение магнитных стенок соответствует предположению об отсутствии азимутальных токов в резонаторе и позволяет промоделировать неоднородность ячейки ЦСР по азимуту. Размеры перечисленных выше волноведущих каналов соответствуют размерам реальной ячейки ЦСР.

При переходе к описанию волноведущих каналов как четырехполюсников, ячейка ЦСР заменяется схемой, представленной на рис. 2.

Нераспространяющиеся высшие типы волн, возникающие в местах соединения волноведущих каналов с разным поперечным сечением, учитываются в модели путем введения сосредоточенных проводимостей jB .

На частотах, соответствующих границам основной полосы пропускания в плоскостях А-А и Б-Б (рис.1), располагаются электрические или магнитные стенки.

Задача определения граничных частот основной полосы пропускания сводится к вычислению резонансной частоты модели (рис. 2) с закороченными или замкнутыми входными и выходными клеммами 2-2' и 3-3', то есть к решению трансцендентных уравнений:

$$2Y_I + 2Y_{II} + 2Y_{III} = 0, \quad (1)$$

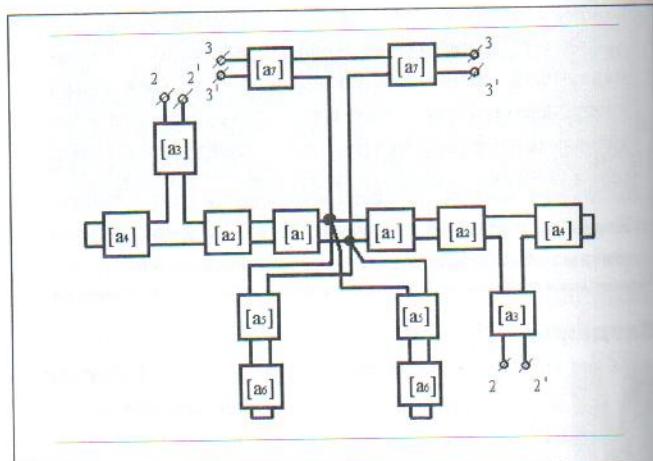


Рис. 2. Модель ячейки ЦСР, составленная из четырехполюсников

$$2Y'_I + 2Y'_{II} + 2Y'_{III} = 0. \quad (2)$$

где Y_I, Y', Y_{II} – входные проводимости частичных областей I и II; Y_{III}, Y'_{III} – входные проводимости пролетного канала.

Рассматривается плазма без столкновений в бесконечном продольном магнитном поле. Плазменная частота определяется выражением

$$\omega_p = \sqrt{\frac{ve^2}{m\epsilon_0}}, \quad (3)$$

где v – концентрация плазмы.

Диэлектрическая проницаемость плазмы:

$$\epsilon_z(v, \omega) = 1 - \frac{\omega_p^2(v)}{\omega^2}. \quad (4)$$

Дисперсионные характеристики круглого волновода, заполненного плазмой, определяются выражением [6]:

$$h = \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - \frac{p^2}{a^2 \epsilon_z(v, \omega_p)}}. \quad (5)$$

Соответствующие этому случаю характеристики представлены на рис. 3.

C homologu poapegoarahnōn mojein gērui nuporejehri nc-
cjejorahn̄ nincēpcnchnhix xaparepnctirk samej-
tijonuein cncrmi upn nmehehn̄ kounehtpanin nja-
mri. Ohn mokrajan̄, tlo bējehe njaamri a upjorietphin
kraha! upnborjnt k cmemehnoj mojocbi upnonyckraha! a

22. Надіє Моргане Аманденххік Xaptepen-
ктук замерзнувши центр тина UCP C ніпарт-
рим Каражом, заможнішим наразом

С момента падения курса рубля в мае 2014 г. цена пакета багажа сопровождаемого имуществом в аэропорту Симферополь выросла с 1800 до 2500 рублей. Стоимость перевозки багажа сопровождаемого имуществом в аэропорту Симферополь в мае 2014 г. составила 1500 рублей. В мае 2014 г. цена пакета багажа сопровождаемого имуществом в аэропорту Симферополь выросла с 1800 до 2500 рублей. Стоимость перевозки багажа сопровождаемого имуществом в аэропорту Симферополь в мае 2014 г. составила 1500 рублей.

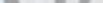
Ha ochore zjon mojejn bira paraportara nuporpa-
ma pacetra omophrix rokej zira hactponkr mojejn NCP
c hpojetphim krahjan, saajouhenehnim triazamn. Hpo-
tpama hanicana ha ajupontrmeneckom saphre IAC-
KATB n upgehahaeha zira padootri cpeje WINDOWS.
Hlporpama nozborajer pacantpirarap rpanuhinie ha-
ctoriu nojocri npouycakania 3C tma NCP, hactroy, co-
tberctryjouyio 1,5-p-bury, n compotnirjehne cbsan b zion
tokre, upn saajouhenehnim npojierhoro krahja triazamn n

$$R_p = \frac{V_{\text{L}} \phi_p^4}{\omega_0 L M_p^4} D. \quad (12)$$

Eçin yâcetb, hîz $P = \frac{L}{W_{ip}}$ - mümühctb, nüpoxoxat-

$$R_p = \frac{2Wv_{dp}\phi_p^2}{ULM_p}. \quad (11)$$

The U — and many other shapes can be formed by connecting vertices of the hexagon. The following shapes are called convex polygons: triangle, quadrilateral, pentagon, hexagon, etc. A polygon is called concave if it has at least one reflex angle.

26  WBAN-TV 9

$$(10) \quad \sigma = \frac{m}{\Omega^2}$$

$$(6) \quad . \frac{\left(\begin{smallmatrix} \xi \\ 0 \end{smallmatrix}\right)^1 \Lambda + \left(\begin{smallmatrix} \varepsilon_1 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)^1 \Lambda + \left(\begin{smallmatrix} \varepsilon_2 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)^1 \Lambda}{1} = d'$$

$$(8) \quad Y_1 + Y_2 + 2Y_3 + Y_4 + Y_5 = 0.$$

$$(7) \quad Y''' = j_{nR_1} e^{j\omega t} \left[\sum_{k=1}^{\infty} k^n \cdot I_0(k^n R_1) \cdot \frac{\sin(n\pi x)}{2} \cdot \int_{-L}^L \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right) dx \right]$$

Bxoxjhaa imporojimocib upjogierjolo **raha**
hnehhoro marhinhymn ctekhram b microko
5-b (pin. 1), pacqantpibacter mo qopmyaje;

$$K^u = \left\{ z \in \mathbb{C} : \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left(\frac{1}{z} - K_z \right) > 0 \right\}$$

$$(9) \quad \left[\frac{\cos^2\left(\frac{n\pi}{L}d\right)}{\cos^2\left(\frac{n\pi}{L}\right)} \cdot \sin\left(\frac{n\pi}{L}\right) \right] \cdot \frac{j_0(kR_1)}{d} + \sum_{n=1}^{\infty} k_n \cdot I_0(k_n R_1)$$

MONITORING

Мон. № 10. Б кутия със злато, съдържаща

⁷ падоти [7], є гієрархічна структура

Homo sapiens sapiens Cethkrann (3marchy1) (fig 3-3).png 2). Omaggio al reteca no nreecthon fop-

Xo/ha nprojektu objektu kahita, opa-

ПІДПАЧКЕВОГО ЗАПАДНЯХ МЕХАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Echinus macroura actota Menzies knightekton

tion of organic operationally integrated transactional action.

WPS. *Hinkuria* ojigactb pacupcotpahenid cootreicti-
mvi. *Hinkuria* modctadactbejhoro sadaaja. Bepxhri rpa-

arithmetic Boolean logic is implemented

expands into a hypotyphlina cohort before jerking.

EINE MNI(CALS)-TECHNOLOGIE

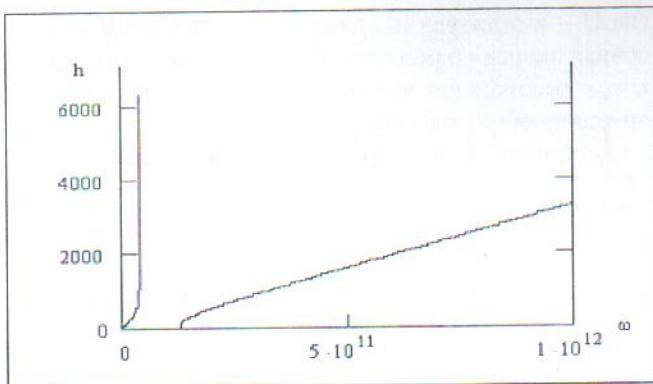


Рис. 3. Дисперсионные характеристики круглого волновода, заполненного плазмой

область более высоких частот. Чем выше концентрация плазмы, тем больше смещение. Это согласуется с известными результатами и подтверждает адекватность модели. В формировании волны замедляющей системы при этом участвует волна E_{01} круглого волновода, искаженная присутствием плазмы. Пролетный канал в этом случае запредельный, и замедляющая система ведет себя, как обычная вакуумная. Этот процесс продолжается до концентраций плазмы порядка $1.8 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ (рис. 4).

При дальнейшем увеличении концентрации плазмы сдвиг высокочастотного края дисперсионной характеристики продолжается, а низкочастотная граница начинает вытягиваться в область длинных волн, и при концентрации порядка $2 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ полоса пропускания достигает максимума (рис. 5).

В формировании волны замедляющей системы в этом случае участвуют волны круглого периодического волновода (пролетного канала), заполненного плазмой. Образуются гибридные волны в результате слияния волны замедляющей системы и пролетного канала.

При увеличении концентрации плазмы этот процесс носит периодический характер.

Сопротивление связи в середине полосы пропускания замедляющей системы с увеличением концентрации плазмы в первой области падает практически до нулевого значения (рис. 4).

При переходе во вторую область наблюдается существенный рост сопротивления связи (в десятки раз) при одновременном расширении полосы пропускания замедляющей системы. При высоких концентрациях плазмы из-за аномальности дисперсионных характеристик возможно появление отрицательных сопротивлений.

Заключение

Разработанная модель ячейки замедляющей системы типа ЦСР с пролетным каналом, заполненным плазмой, позволила впервые исследовать дисперсионные ха-

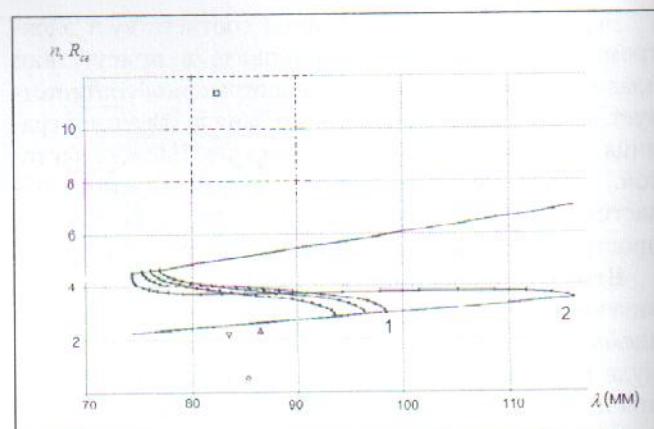


Рис. 4. Дисперсионные характеристики, замедление – n и сопротивление связи в середине полосы – R_{cw} , при изменении концентрации плазмы от 1×10^{11} (1) до $2 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ (2)

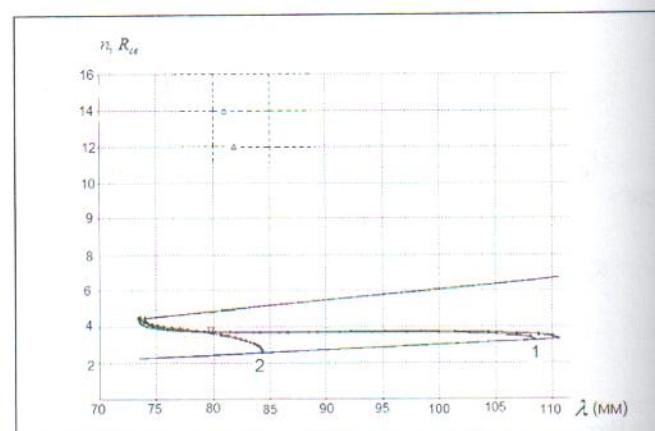


Рис. 5. Дисперсионные характеристики, замедление – n и сопротивление связи в середине полосы – R_{cw} , при изменении концентрации плазмы от 2.25×10^{11} (1) до $2.75 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$ (2)

рактеристики этой замедляющей системы при изменении концентрации плазмы и при изменении ее геометрических размеров. Полученные результаты хорошо согласуются с известными экспериментальными данными и позволяют объяснить явления расширения полосы и увеличения мощности в пучково-плазменных ЛБВ.

Данная модель может быть положена в основу разработки программных средств для расчета выходных характеристик пучково-плазменных ЛБВ.

ЛИТЕРАТУРА

- Кузелев М.В., Рухадзе А.А., Богданович Л.С. Плазменная СВЧ-электроника // УФН. 1981. Т. 133. С.3.
- Y. Carmel, W.R. Lou, T.M. Antonsen Jr., W. Rodgers, B. Levush, W.W. Destler, V.L. Granatstein, "Relativi-

- stic plasma microwave electronics: Studies of high-power plasma-filled backward wave oscillators", Ph. Vs. Fluids B, 1992, v. 4, pp. 2286-2292.
3. Ткач Ю.В., Файнберг Я.Б., Гадецкий Н.П. и др.// Укр. Физ. Журн. 1978. Т. 23. С.1902.
 4. Файнберг Я.Б., Блиох Ю.П., Корнилов Е.А. и др. //Докл. АН УССР, Физ.-мат. и тех. Науки. 1990. №11. С.55.
 5. Ломакин О.Е., Мухин С.В., Солнцев В.А. Расчет характеристик цепочки связанных резонаторов при определении параметров волноводно-резона-

Д.А. Перепелкин

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА EIGRP

Предложен алгоритм адаптивной ускоренной маршрутизации на базе протокола EIGRP, повышающий качество функционирования корпоративных сетей.

Ключевые слова: адаптивная ускоренная маршрутизация, алгоритмы маршрутизации, протокол EIGRP, корпоративные сети

Быстрый рост числа корпоративных сетей и развитие технологий передачи данных задают большие требования к обеспечению высокоскоростного и надежного обмена данными между узлами телекоммуникационной системы при жестких требованиях к задержкам информации. Совершенствование сетевых технологий требует обеспечения качественного обслуживания передаваемого трафика.

Задача маршрутизации в корпоративных сетях решается при условии, что кратчайший маршрут, обеспечивающий передачу пакета за минимальное время, зависит от топологии сети, пропускной способности и нагрузки на линии связи. Топология сети изменяется в результате отказов узлов и линий связи и, отчасти, при развитии телекоммуникационной системы (подключение новых узлов и линий связи). Пропускная способность каналов связи определяется типом передающей среды и зависит от уровня шумов и параметров аппаратуры. Наиболее динамичным фактором является нагрузка на линии связи, изменяющаяся довольно быстро и в трудно прогнозируемом направлении.

Для выбора оптимального маршрута каждый узел связи должен располагать информацией о состоянии телекоммуникационной системы в целом – всех

остальных узлов и линий связи. Данные о текущей топологии сети и пропускной способности линий связи предоставляются узлам без затруднений. Однако нет способа для точного предсказания состояния нагрузки в сети. Поэтому при решении задачи маршрутизации могут использоваться данные о состоянии нагрузки, запаздывающие (из-за конечной скорости передачи информации) по отношению к моменту принятия решения о направлении передачи пакетов. Следовательно, во всех случаях алгоритмы маршрутизации выполняются в условиях неопределенности текущего и будущего состояния телекоммуникационной системы.

- В настоящее время в IP-сетях применяются протоколы маршрутизации, в которых маршрут выбирается по критерию кратчайшего расстояния. При этом, расстояние измеряется в различных метриках. Чаще всего используется простейшая метрика – количество хопов, то есть количество маршрутизаторов, которые нужно преодолеть пакету до сети назначения. В качестве метрик применяются также пропускная способность и надежность каналов, вносимые ими задержки и любые комбинации этих метрик.
6. Сборник статей. Колебания сверхвысоких частот в плазме.– М.: Изд-во Иностранной литературы, 1961. С.180.
 7. Левин М.Л. К теории тороидальных эндовоибраторов //Журнал технической физики. 1946. Т.16. №7. С. 833.

Мухин Сергей Владимирович,
д-р техн. наук, профессор МГИЭМ.
E-mail: mukhin_sergey@yahoo.com

D.A. Perepelkin

OPERATION THE QUALITY IMPROVEMENT OF CORPORATE NETWORKS BASED ON EIGRP PROTOCOL

Adaptive accelerated routing algorithm based on EIGRP protocol which increases the quality of corporate networks operation is offered.

Keywords: adaptive accelerated routing, routing algorithms, EIGRP protocol, corporate networks

