

$S = 1,3$, смещение центрального резонатора $x = 1.0$. Рассчитанная с помощью электродинамического численного анализа 3D-моделей АЧХ приведена на рис. 2.

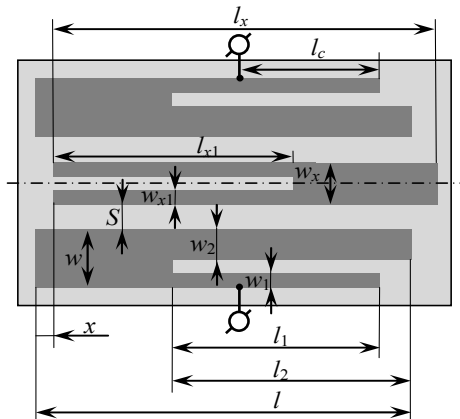


Рис. 1. Топологии трехзвенного полосно-пропускающего фильтра

Как видно из рисунка, на АЧХ рядом с полосой пропускания наблюдаются два полюса затухания СВЧ мощности, которые значительно увеличивают прямоугольность ее низкочастотного и высокочастотного склонов.

Таким образом, разработан на подложке с высокой диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 80$ микрополосковый трехзвенный полосно-пропускающий фильтр с двухмодовыми резонаторами, представляющими собой расщепленные полосковые проводники. Несмотря на то, что фильтр реализован на трех резонаторах, его полосу пропускания формируют шесть резонансов, а высокие частотно-селективные свойства также обусловлены расположенными рядом с полосой пропускания полюсами затухания мощности.

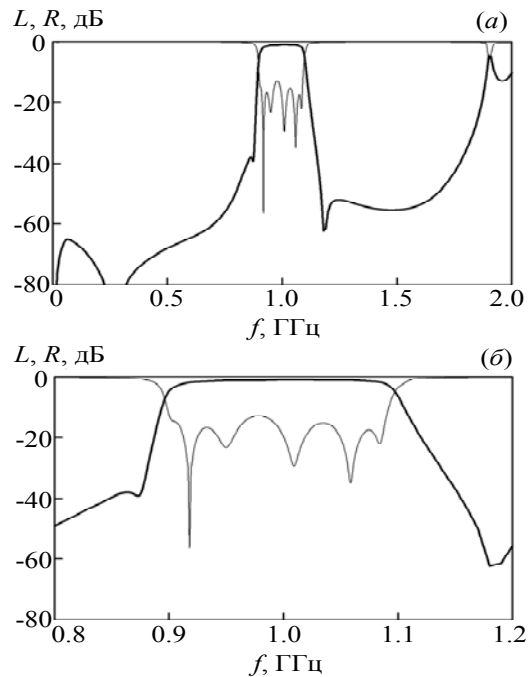


Рис. 2. АЧХ трехзвенного полосно-пропускающего фильтра (а) и ее фрагмент (б)

Библиографические ссылки

1. Belyaev B. A., Leksikov A. A., Serzhantov A. M., Tyurnev V. V. // Progress In Electromagnetics Research Letters. 2011. Vol. 25. P. 57–66.
2. Бальва Я. Ф., Беляев Б. А., Ходенков С. А. // Изв. вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 8/3. С. 153–156.
3. Александровский А. А., Беляев Б. А., Лексиков А. А. // РЭ. 2003. Т. 48. №4. С. 398–405.

© Беляев Б. А., Ходенков С. А., Бутиков А. С., Ефремова С. В., Храпунова В. В., 2014

УДК 621.3.029.6

Б. А. Беляев^{1,2}, С. А. Ходенков¹, С. В. Ефремова¹, В. В. Храпунова¹
¹Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск
²Институт физики имени Л. В. Киренского СО РАН, Красноярск

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ ФИЛЬТРЫ НА ДВУМЕРНЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ СТРУКТУРАХ*

Исследованы конструкции перестраиваемых полосно-пропускающих фильтров на двумерных микрополосковых структурах. При подаче сигнала на такие конструкции со смежным или диагональным подключением фазовращателей, можно реализовать перестраиваемые фильтры с различными частотно-селективными характеристиками.

* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, МК-5942.2014.8 «Исследование и проектирование современных микрополосковых и полосковых устройств частотной селекции, в том числе с использованием активных сред и на основе фотонных кристаллов».

При создании новых частотно-селективных СВЧ устройств, в том числе и перестраиваемых фильтров, разработчики все больше внимания уделяют поиску новых подходов для реализации конструкций с улучшенными характеристиками. В настоящее время большой интерес вызывают многомерные структуры [1; 2], в этом случае, можно задействовать большее число рабочих мод колебаний резонаторов. Однако высокая сложность проектирования таких конструкций и снижение технологичности пока ограничивают их широкое распространение в СВЧ-технике.

Рассмотрим периодическую по двум координатам структуру из микрополосковых колец-резонаторов равных размеров, расположенных на подложке с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 80$ и толщиной $h = 1$ мм (рис. 1 а, б). Длина (высота) полоскового проводника кольца – 22,70 мм, его ширина – 0,36 мм.

Входная и выходная линии передачи с волновым сопротивлением 50Ω подключены кондуктивно к крайним кольцам-резонаторам первой цепочки. Сигнал на каждую последующую цепочку подается и снимается с нее со сдвигом фазы φ , набегаемым на

отрезках линий передачи, также имеющих 50Ω -ое волновое сопротивление.

Так видно из рисунка 1в для структуры размерностью 2×2 при $\varphi \neq 0$, возникают новые резонансы, положение которых зависит сдвига фазы φ . При этом в низкочастотной полосе заграждения возникает узкая полоса пропускания ($\Delta f/f_0 \approx 7\%$), которая с увеличением φ монотонно понижается. По существу такое устройство может служить перестраиваемым фильтром. При увеличении размерности структуры до 3×3 , появляются уже две расположенные рядом узкие полосы пропускания (рис. 1, з). Стоит отметить, что при отсутствии сдвига фазы ($\varphi = 0$), частота первой полосы пропускания $f_0 = 0.5$ ГГц.

При диагональном подключении фазовращателей (рис. 2, а, б), на АЧХ рядом с полосами пропускания наблюдаются полюса затухания, значительно увеличивающие прямоугльность последних. Однако настроить структуру размерностью 3×3 так, чтобы две расположенные рядом полосы пропускания обладали высокими характеристиками затруднительно.

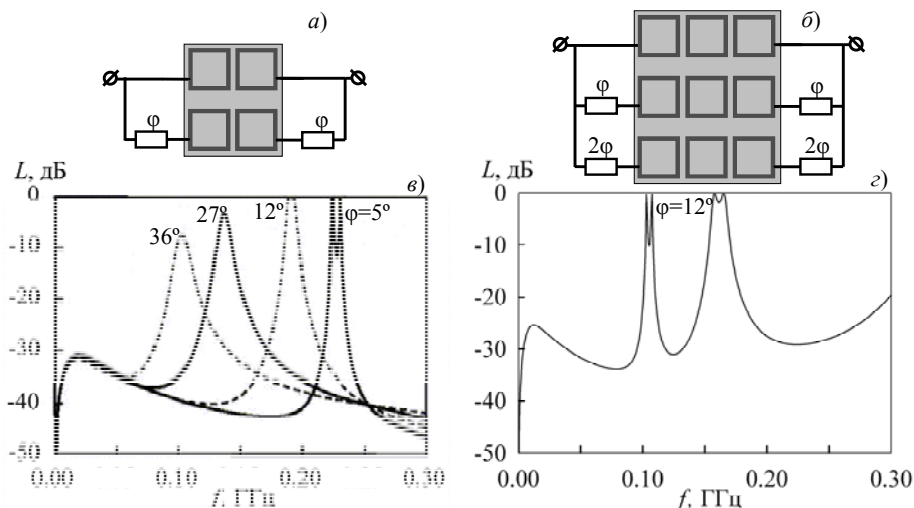


Рис. 1. Схематические изображения двумерных микрополосковых структур размерностью 2×2 (а) и 3×3 (б) со смежным подключением фазовращателей и их АЧХ (в, з) соответственно

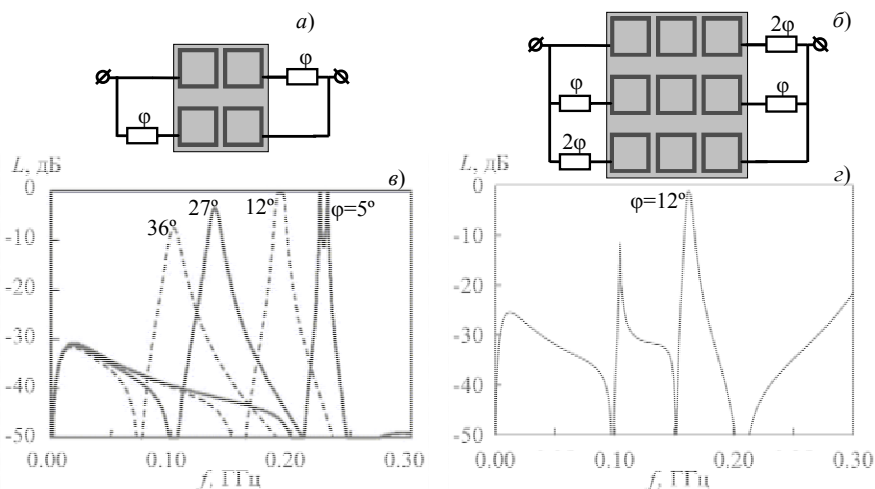


Рис. 2. Схематические изображения двумерных микрополосковых структур размерностью 2×2 (а) и 3×3 (б) с диагональным подключением фазовращателей и их АЧХ (в, з) соответственно

Таким образом, исследованы перестраиваемые полосо-пропускающие фильтры на двумерных микрополосковых структурах с резонаторами-кольцами. При подаче сигнала на структуру размерностью 2×2 с диагональным подключением фазовращателей, можно реализовать фильтр с высокими частотно-селективными свойствами за счет расположения рядом с перестраиваемой полосой пропускания полюсов затухания мощности.

Библиографические ссылки

1. Басанов Б. В., Ветлужский А. Ю. Исследование волноводных структур на основе двумерных фотонных кристаллов // Письма в ЖТФ. 2008. Т. 34. Вып. 13. С. 1–7.
2. Басанов Б. В., Ветлужский А. Ю. Исследование волноводов на основе двумерного фотонного кристалла, образованного круговыми металлическими цилиндрами // Изв. вузов. Физика. 2008. Т. 51. С. 142–145.

© Беляев Б. А., Ходенков С. А., Ефремова С. В., Храпунова В. В., 2014

УДК 629.7

О. В. Пастушенко

ОАО «Информационные спутниковые системы»
имени академика М. Ф. Решетнева, Железногорск
Научный руководитель – *А. А. Носенков*
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск

О ПРОБЛЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛО ВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ СВЯЗИ

Изложено авторское представление проблемы моделирования тепловакуумных испытаний космических аппаратов связи, создаваемых ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва», выполняемых с целью проверки соответствия тепловых режимов бортовых систем предъявляемым требованиям, а также рассмотрено решение затронутой проблемы путем математизации моделирования основных этапов процесса выполнения этих испытаний.

Космические аппараты связи (КАС) как представители современной космической техники на этапе производства подвергается тепловакуумным испытаниям (ТВИ), позволяющим убедиться в полноценности параметров теплового режима бортовых систем, являющегося одним из основных факторов обеспечения надежности их работы на орбите [1; 2].

Однако этот вид испытаний выполняется в условиях воздействия ряда производственно-технических факторов, негативно влияющих на уровень их эффективности, из-за большого объема выполняемых работ.

К таким факторам относятся: ресурсоёмкий процесс формирования контролируемого теплового режима; априорные экспериментальные исследования каждого летного образца КАС; наличие сопутствующих, например электрических, испытаний.

Для снижения влияния этих факторов традиционно использовалось физическое моделирование [3]. Однако его возможности оказались недостаточными для эффективного выполнения ТВИ рассматриваемого класса автоматических космических аппаратов, конструктивно состоящих из унифицированной (платформы – совокупности служебных систем) и оригинальной (аппаратуры целевого назначения) частей.

Использование физико-математического подхода в моделировании позволяет сократить объём работ,

выполняемых при ТВИ. При этом физическое моделирование ТВИ унифицированной части КАС при этом признается целесообразным только на стадии испытаний первого лётного образца КАС, а испытания последующих лётных образцов строятся на основе значительно менее ресурсоёмкого математического моделирования, причем не только собственно процесса ТВИ, но и КАС, как объекта этих испытаний.

В докладе основным разделам изложенных тезисов дана более подробная интерпретация.

Библиографические ссылки

1. Технология производства КА / Н. А. Тестоедов, А. Е. Михеев, В. В. Двирный и др. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2009. 352 с.
2. Андрейчук О. Б., Малахов Н. Н. Тепловые испытания космических аппаратов : монография. М. : Машиностроение, 1982. 143 с.
3. Моделирование тепловакуумных режимов космического аппарата и окружающей среды / Л. В. Козлов, М. Д. Нусинов и др. / под ред. Г. И. Петрова. М. : Машиностроение, 1971. 382 с.

© Пастушенко О. В., 2014