

# Сравнительный анализ четырехрезонаторных микрополосковых фильтров различных типов в базе распределено-сосредоточенных структур

Аристархов Г.М., Аринин О.В.  
Московский технический университет связи и информатики,  
Кафедра «Электроника»  
g.aristarkhov2010@yandex.ru

**Аннотация** — Проведен сравнительный анализ двух типов фильтров, реализуемых в базе распределено-сосредоточенных структур. Показана возможность формирования в этих структурах нескольких полюсов рабочего затухания на конечных частотах, которые могут достаточно произвольно располагаться на частотной оси, реализуя как симметричные амплитудно-частотные характеристики, так и характеристики с повышенной односторонней частотной избирательностью при одновременной разрядке спектра паразитных полос пропускания. Представлены результаты численного электродинамического 3D-моделирования этих фильтров.

**Ключевые слова** — СВЧ фильтры, отрезки микрополосковых линий передачи, распределено-сосредоточенные цепи, коэффициент прямоугольности рабочего затухания, полюсы рабочего затухания

## I. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, микроминиатюризация современного радиоэлектронного оборудования невозможна без существенного уменьшения масса-габаритных показателей пассивных устройств СВЧ, в том числе и фильтров как его базовых элементов. Это становится возможным при использовании распределено-сосредоточенных структур [1], в рамках которых гребенчатые- и Y-звенья составляют основу для состояния высокоизбирательных фильтров, так как в них возможно формирование полюсов рабочего затухания на конечных частотах, а также обеспечивается разрядка спектра паразитных полос пропускания [2-3]. Для увеличения коэффициента прямоугольности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) фильтров повышается их порядок, что обычно достигается каскадированием звеньев. Это, однако, приводит к возникновению несанкциони-

рованных электромагнитных связей между звеньями, которые обуславливают вырождение полюсов рабочего затухания.

Данная работа посвящена анализу двух типов структур, в которых магнитные связи между всеми микрополосковыми линиями рационально используются для формирования и управления расположением полюсов рабочего затухания на частотной оси.

## II. ЧЕТЫРЕХРЕЗОНАТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ И ИХ ЧАСТОТНЫЕ СВОЙСТВА

На рис 1 представлены два варианта четырехрезонаторных фильтров на основе: двух Y-звеньев с распределенным электромагнитным взаимодействием между ними (а) и структуры встречно-стержневого типа с одним Y-звеном (б).

Отличительной схемотехнической особенностью этих структур является возможность формирования в них полюсов рабочего затухания вследствие электромагнитного взаимодействия только между смежными резонаторами и при этом не требуется введение дополнительных связей между несмежными резонаторами. Это существенно упрощает планарную конструкцию фильтров. Расположение полюсов рабочего затухания относительно полосы пропускания достигается выбором соответствующего баланса электрических и магнитных связей между резонаторами. Существенное уменьшение геометрических размеров резонаторов обеспечивается введением укорачивающих их конденсаторов С1-С4.

На рисунке 2 представлены частотные зависимости рабочего затухания обеих структур, реализующих симмет-

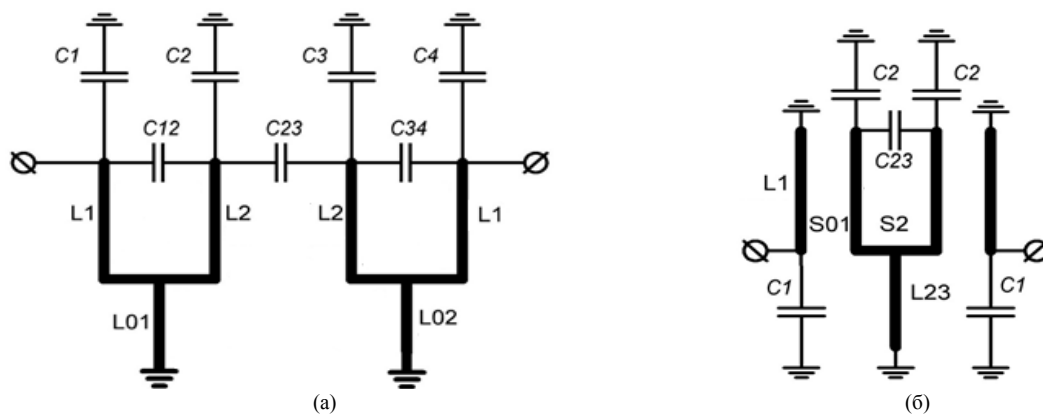


Рис. 1. Структуры четырехрезонаторных фильтров

ричную АЧХ. При прочих равных условиях в структуре, представленной на рис. 1,б, доминирующей связью между всеми резонаторами является магнитная связь, а в структуре представленной на рис 1,а, – электрическая. Реализуемый коэффициент прямоугольности рабочего затухания, определяемый по уровням затухания минус 3 дБ и минус 40 дБ, для обеих структур составляет менее двух.

Показано, что формирование обоих полюсов рабочего затухания в области нижних частот возможно только в структуре, представленной на Рис 1, б (Рис 3, АЧХ – (б)), обладающей более высокой компактностью. Односторонний коэффициент прямоугольности АЧХ этой схемы, определяемый по уровням затухания минус 3 дБ и минус 50 дБ также составляет менее двух.

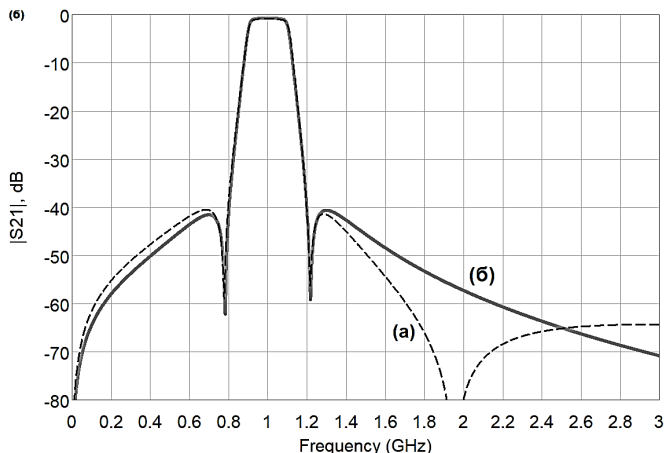


Рис 2. Рабочее затухание фильтров с симметричной АЧХ

В структуре на двух Y-звеньях в этом режиме работы магнитная связь между звеньями проявляется как паразитная и обуславливает или вырождение полюсов рабочего затухания или существенно ухудшает частотную избирательность как в области нижних, так и верхних частот (АЧХ (а) на рис. 3).

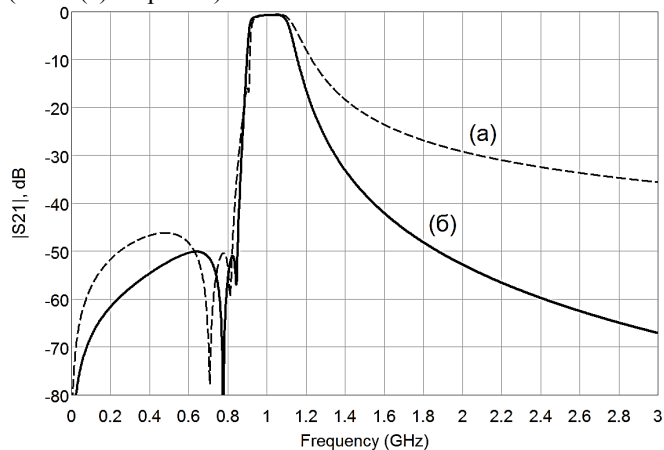


Рис 3. Рабочее затухание фильтров с повышенной частотной

избирательностью в области нижних частот

При реализации полюсов рабочего затухания в области верхних частот обе схемы практически идентичны и физически реализуемы (рис. 4).

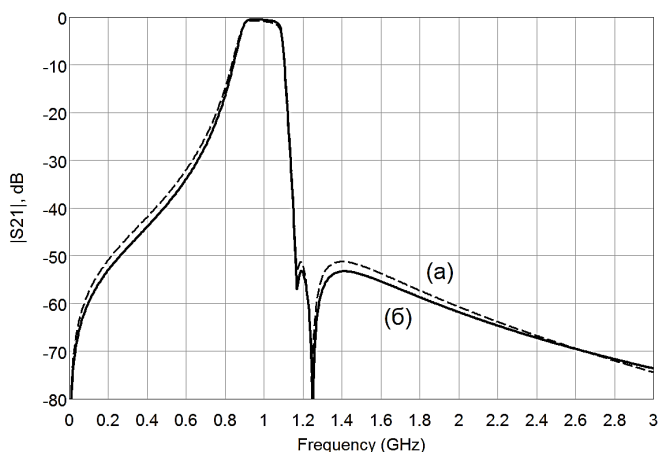


Рис 4. Рабочее затухание фильтров с повышенной частотной избирательностью в области верхних частот

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полосно-пропускающие фильтры встречно-стержневой структуры с одним Y-звеном, реализуемые в базе распределенно-сосредоточенных цепей, обладают функциональной полнотой, так как в них возможно формирование полюсов рабочего затухания в любой из частотных областей без введения каких-либо дополнительных электромагнитных связей между несмежными резонаторами. Кроме того, они содержат минимальное число дискретных реактивных элементов, а доминирующей связью между резонаторами является магнитная связь, что определяет более высокую компактность этой структуры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Симин А.В., Холодняк Д.В., Вендик И.Б., Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот на основе керамики с низкой температурой обжига // Компоненты и технологии. 2006. № 6, с. 7.
- [2] Аристархов Г.М., Арсенин А.В., Сверхминиатюрные высокоизбирательные фильтры СВЧ в базе распределенно-сосредоточенных структур // Антенны, 2007. Вып.7 (122). С.49-58.
- [3] Аристархов. Г.М., Арсенин А.В., Аринин О.В. Схемотехнический базис сверхминиатюрных высокоизбирательных СВЧ фильтров на основе Y-звеньев. Часть 1. Базовые Y-звенья // Т-Сопт: Телекоммуникации и транспорт. 2012. №4. С. 42-45.