

Андрианов А. В.
Andrianov A. V.
инженер-конструктор,
АО «Таганрогский научно-исследовательский институт связи»,
г. Таганрог,
Российская Федерация



Зикий А. Н.
Zikiy A. N.
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог,
Российская Федерация



Зламан П. Н.
Zlaman P. N.
ведущий инженер-конструктор Научно-конструкторского бюро моделирующих и управляющих систем, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог,
Российская Федерация

УДК 621.372

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОГО ФИЛЬТРА НА ПОЛУВОЛНОВЫХ РЕЗОНАТОРАХ

Полосовой фильтр на входе приемника является важной составной частью, так как обеспечивает избирательность приемника по зеркальному каналу, каналу прямого прохождения на промежуточную частоту и другим побочным каналам приема.

Представлены результаты моделирования и экспериментального исследования макета фильтра с полосой пропускания от 591 до 625 МГц. Показано, что минимальные потери в полосе пропускания не превышают 3 дБ, максимальные потери в полосе пропускания составляют 5 дБ по уровню минус 2 дБ от максимума. Фильтр имеет ложную полосу пропускания на второй гармонике. Потери при отстройке на 70 МГц вниз от центральной частоты составляют 75–80 дБ. Потери при отстройке вверх на 70 МГц от центральной частоты составляют около 50 дБ.

Проведено моделирование фильтра в среде Microwave Office, получены амплитудно-частотные характеристики фильтра в ближней и дальней зонах.

Представлены экспериментальные амплитудно-частотные характеристики фильтра в ближней и дальней зонах. Эксперимент проводился с помощью измерителя комплексных коэффициентов передачи «Обзор-103».

Амплитудно-частотная характеристика имеет значительную несимметричность, поэтому фильтр рекомендуется использовать в приемнике с нижней настройкой гетеродина. Фильтр можно применять также в тракте промежуточной частоты СВЧ приемника.

Конструктивно фильтр представляет собой подложку из поликора размерами 48 х 60 х 1 мм, на которой размещены пять полуволновых резонаторов, свернутых вдвое. Для подключения к измерительной аппаратуре фильтр имеет два коаксиально-полосковых перехода типа СРГ50-751ФВ. Выбор подложки из поликора и свернутые резонаторы обеспечили малые габариты и вес фильтра. Если разместить подложку в герметичном корпусе, то фильтр можно будет эксплуатировать в жестких условиях. Кроме того, фильтр допускает размещение в крупном узле без применения соединителей.

Ключевые слова: микрополосковый полосовой фильтр, моделирование, эксперимент, амплитудно-частотная характеристика, ложная полоса.

MODELING AND EXPERIMENTAL STUDY OF MICROSTRIP FILTER ON HALF-WAVE RESONATORS

Bandpass filter at the receiver input is an important part as it provides the selectivity on the mirror channel, the channel of direct transmission on the intermediate frequency and other side channels of reception.

The results of modeling and experimental studies of the prototype of the filter with a bandwidth from 591 to 625 MHz are presented. It is shown that the minimum loss in the bandpass do not exceed 3 dB, the maximum loss in the bandpass is 5 dB at level minus 2 dB of the maximum. The filter has false bandwidth on the second harmonic. Offset losses by 70 MHz down from the center frequency is 75–80 dB. Offset losses by 70 MHz up from the center frequency is about 50 dB.

The simulation of the filter did in the Microwave Office environment. The obtained amplitude-frequency characteristics of the filter in the near-field and far-field are presented in the article.

The amplitude-frequency characteristics of the filter in the near-field and far-field are presented. The experiment was conducted with the help of the meterof complex coefficients of the transfer «Obzor-103».

The amplitude-frequency characteristic has a significant asymmetry, so the filter is recommended for use in the receiver with the lower setting of the oscillator. A filter can be applied also to the tract intermediate frequency of the UHF receiver.

Structurally, the filter is an alumina substrate with size 48 x 60 x 1 mm, on which are placed five half-wave resonators folded in half. To connect to the measuring apparatus, the filter has two coaxial-strip junction SRG50-751FV. The choice of the alumina substrate and folded resonators provided small dimensions and weight of the filter. If you place a substrate in a hermetic enclosure, the filter can be used in harsh environments. In addition, the filter can be place in a large module without the use of connectors.

Key words: microstrip bandpass filter, modeling, experiment, amplitude-frequency characteristic, false band.

Целью настоящей работы является моделирование и экспериментальное исследование микрополоскового фильтра, к которому предъявляются следующие требования:

— центральная частота 608 МГц;

— ширина полосы пропускания не менее 20 МГц;

— потери в полосе пропускания не более 5 дБ;

— неравномерность потерь в полосе пропускания не более ± 1,5 дБ;

— заграждение при отстройке от центральной частоты на ± 70 МГц не менее 50 дБ.

Расчет фильтра проводился по методике, изложенной в книге [1]. Результаты расчета приведены в таблице 1. Следующий шаг — моделирование — проводился в среде Microwave Office [2].

На рисунке 1 приведена модель фильтра. На рисунке 2 показана амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра. Она соответствует предъявленным требованиям.

Таблица 1. Геометрические размеры фильтра

Ширина полосков, мм	Ширина зазоров, мм
W1 = W6 = 0,961	S1 = S6 =0,302
W2 =W5 = 1,195	S2 = S5 = 1,57
W3 = W4 = 1,207	S3 = S4 = 2,06

По данным таблицы 1 был изготовлен макет фильтра, фото которого представлено на рисунке 3.

Фильтр размещен на подложке из поликора размерами 48 х 60 х 1 мм, ε = 9,8. Для испытаний фильтра напаяны три стенки из стеклотекстолита. На двух противоположных стенках установлены коаксиально-микрополосковые переходы типа СРГ50-751ФВ (ряд IX по ГОСТ13317-89) [3]. Напыление проводящего рисунка трехслойное: нихром, медь, олово-висмут [4].

Экспериментальное исследование фильтра проводилось на установке, содержащей измеритель комплексных коэффициентов передачи «Обзор-103» [5], ноутбук, комплект кабелей и переходов.

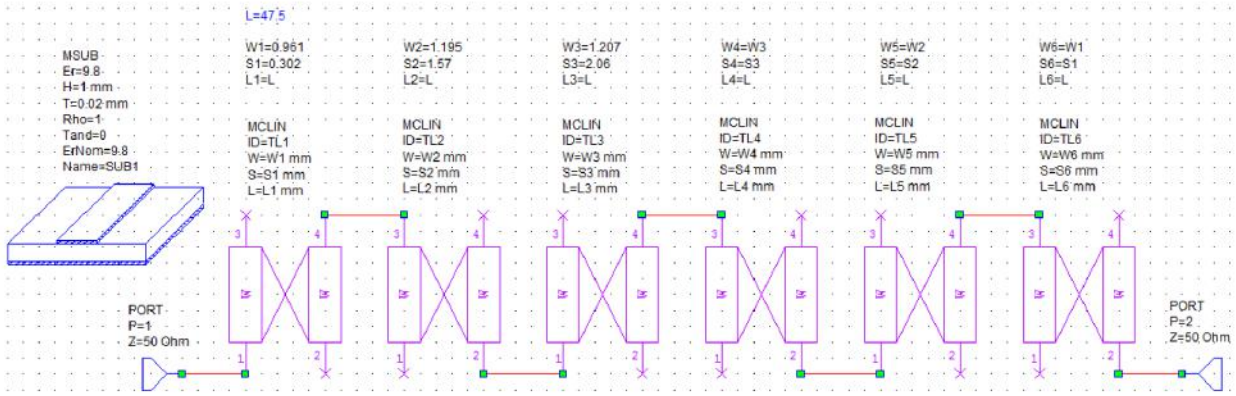


Рисунок 1. Модель микрополоскового фильтра

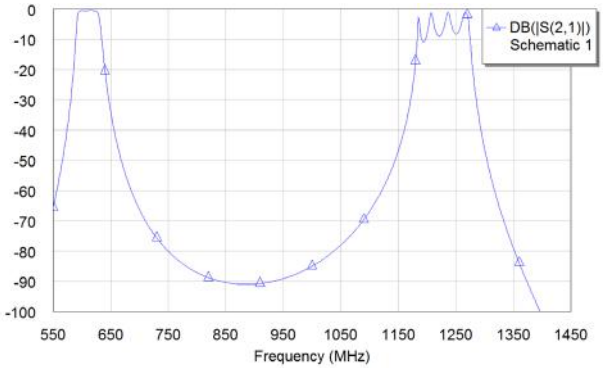


Рисунок 2. АЧХ микрополоскового фильтра

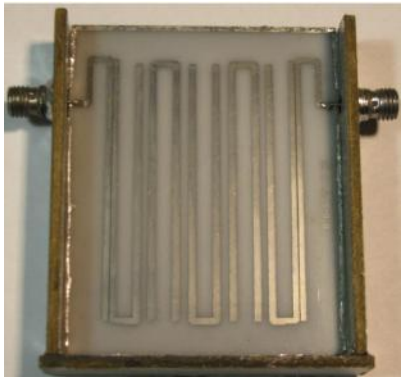


Рисунок 3. Фото макета фильтра

В первом эксперименте снята АЧХ фильтра в полосе частот от 550 до 700 МГц (рисунок 4). Из рисунка 4 видно, что минимальные потери в полосе пропускания около 3 дБ, нижняя граничная частота 591 МГц, верхняя граничная частота 625 МГц.

Во втором эксперименте фиксировалась АЧХ фильтра в полосе от 0,3 до 1300 МГц (полная полоса прибора «Обзор-103»). Результат показан на рисунке 5. Из рисунка 5 видно, что избирательность на нижнем скате АЧХ значительно выше, чем на верхнем скате, примерно на 25–30 дБ. Фильтр имеет ложную полосу пропускания на удвоенной частоте (около 1100-1200 МГц). Потери в

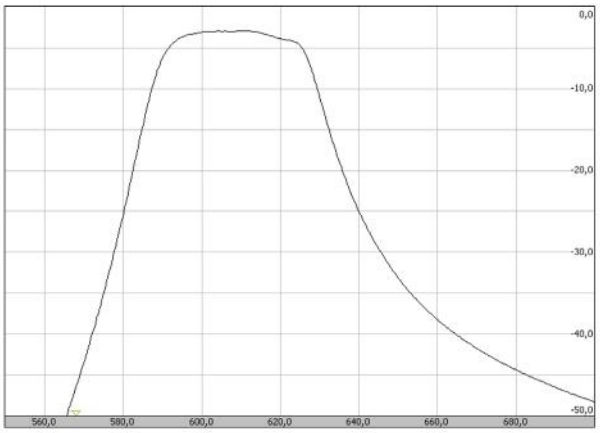


Рисунок 4. АЧХ фильтра в ближней зоне

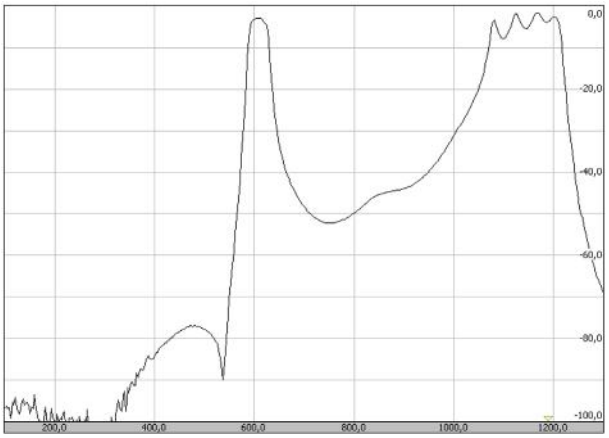


Рисунок 5. АЧХ фильтра в дальней зоне

ложной полосе сопоставимы с потерями в истинной полосе пропускания.

Заключение

1. АЧХ фильтра очень несимметрична. Нижний скат АЧХ крут, а верхний — полог. Потери при отстройке на 70 МГц вниз от центральной частоты составляют 75–80 дБ. Потери при отстройке на 70 МГц вверх от центральной частоты составляют около 50 дБ.

2. Фильтр имеет ложную полосу на второй гармонике. Потери в ложной полосе

имеют ту же величину, что и в полезной полосе пропускания.

3. Основные параметры фильтра:

- центральная частота 608 МГц;
- ширина полосы пропускания на уровне минус 2 дБ от максимума 34 МГц;
- число полуволновых резонаторов 5;
- потери в полосе пропускания не более 5 дБ.

Список литературы

1. Зелях Э.В., Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Брилон В.С. Миниатюрные устройства УВЧ и ОВЧ диапазонов на отрезках линий. М.: Радио и связь, 1988. 136 с.

2. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. М.: Солон-Пресс, 2003. 496 с.

3. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. М.: Техносфера, 2006. 216 с.

4. Климачев И.И., Иовдальский В.А. СВЧ ГИС. Основы технологии и конструирования. М.: Техносфера, 2006. 352 с.

5. Обзор-103. Измеритель комплексных коэффициентов передачи. Руководство по эксплуатации РЭ 6687-028-21477812-2004. 95 с.

References

1. Zeljah Je.V., Fel’dshtejn A.L., Javich L.R., Brilon V.S. Miniatjurnye ustrojstva UVCh i OVCh diapazonov na otrezkah linij. M.: Radio i svjaz’, 1988. 136 s.

2. Razevig V.D., Potapov Ju.V., Kurushin A.A. Proektirovanie SVCh ustrojstv s pomoshh’ju Microwave Office. M.: Solon-Press, 2003. 496 s.

3. Dzhurinskij K.B. Miniatjurnye koaksial’nye radiokomponenty dlja mikrojelektroniki SVCh. M.: Tehnosfera, 2006. 216 s.

4. Klimachev I.I., Iovdal’skij V.A. SVCh GIS. Osnovy tehnologii i konstruirovanija. M.: Tehnosfera, 2006. 352 s.

5. Obzor-103. Izmeritel’ kompleksnyh kojefficientov peredachi. Rukovodstvo po jekspluatacii RJe 6687-028-21477812-2004. 95 s.