

# Синтез полосковых полосовых фильтров СВЧ диапазона методом масштабирования

А.В. Полякова, Э.Ю. Седышев

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

**Аннотация:** в работе рассматривается новый инженерный метод синтеза СВЧ фильтров. Путём масштабирования геометрии полосно-пропускающего полоскового шлейфного фильтра создаются масштабные макеты устройства с новыми техническими характеристиками. Создаваемые фильтры исследованы на предмет смещения центральной частоты и изменения ширины полосы пропускания.

**Ключевые слова:** синтез, макетирование, полосно-пропускающий фильтр СВЧ, полосковый фильтр, шлейфный фильтр, центральная частота.

## 1. Введение

В СВЧ технике большое значение и широкое распространение имеют фильтры. Классический метод синтеза полосно-пропускающего шлейфного СВЧ фильтра состоит в расчёте фильтра-прототипа нижних частот и последующем частотном преобразовании, расчёте волновых сопротивлений шлейфов и геометрии фильтра в целом [1].

Актуальной задачей является создание простого инженерного метода синтеза ППФ СВЧ. Большинство работ по синтезу фильтров содержит таблицы и формулы расчета параметров принципиальной схемы и конструкции, что говорит об отсутствии простых приближенных способов расчета фильтров. Изготовление макетов методом масштабирования очень экономично и не требует больших временных затрат.

## 2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

В качестве исходной конструкции для исследования взят полосовой шлейфный фильтр Чебышева третьего порядка на короткозамкнутых четвертьволновых параллельных шлейфах [2]. Была проведена эмуляция работы этого фильтра на компьютере (принципиальная схема фильтра представлена на рисунке 1). Цель эмуляции – исследование закона изменения расчетной центральной частоты и ширины полосы пропускания фильтра.

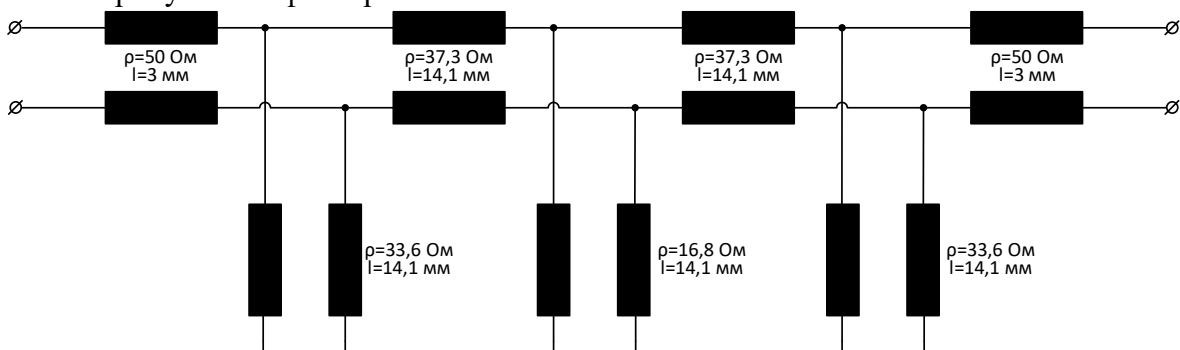
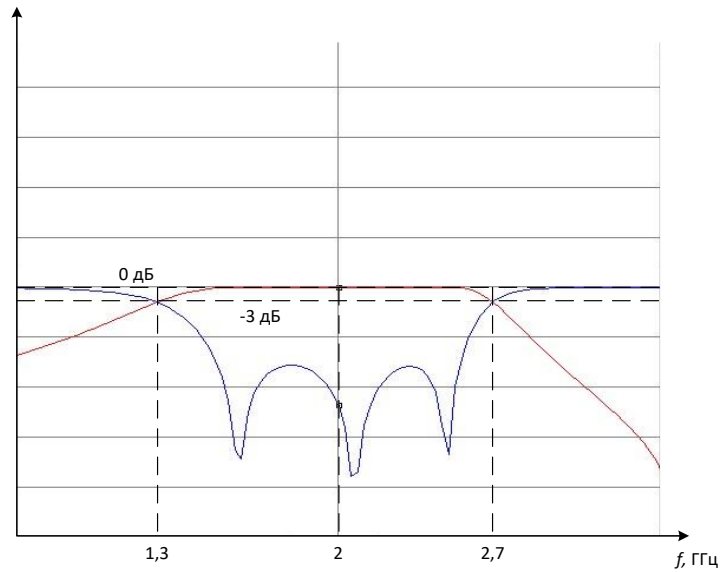


Рисунок 1. Принципиальная схема шлейфного фильтра.



**Рисунок 2** АЧХ фильтра.

По результатам расчета фильтра был создан макет на подложке с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 9.8$ , макет фильтра представлен на рисунке 3. Проведенные измерения показали, что центральная частота составила 2.1 ГГц, а потери 1.35 дБ, рисунок 4. Эти результаты полностью совпадают с теорией.



**Рисунок 3.** Макет шлейфного фильтра



**Рисунок 4.** Экспериментальный АЧХ шлейфного фильтра.

Далее шлейфы фильтра были промасштабированы с коэффициентом 1,5 относительно изначальной длины, при этом сопротивления шлейфов осталось неизменным. В результате масштабирования получен фильтр с подобными характеристиками, центральная частота которого уменьшилась и составила 1,3 ГГц, принципиальная схема и АЧХ фильтра представлены на рисунках 5 и 6 соответственно.

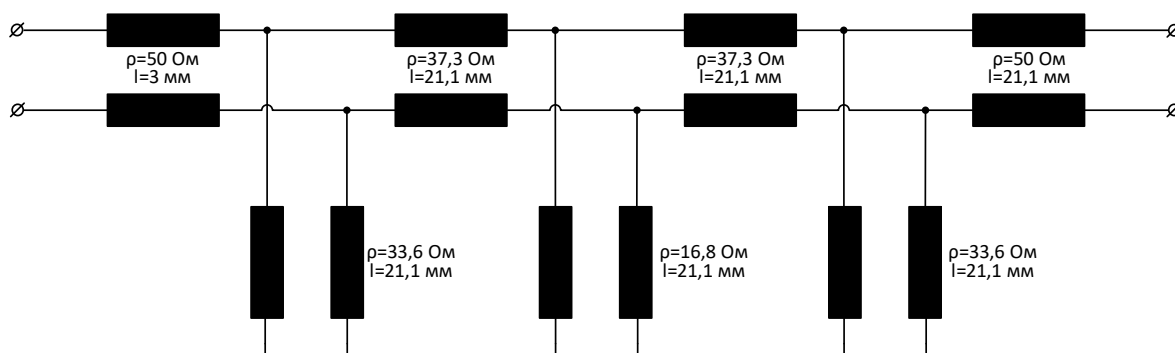


Рисунок 5. Принципиальная схема шлейфного фильтра 1:1,5.

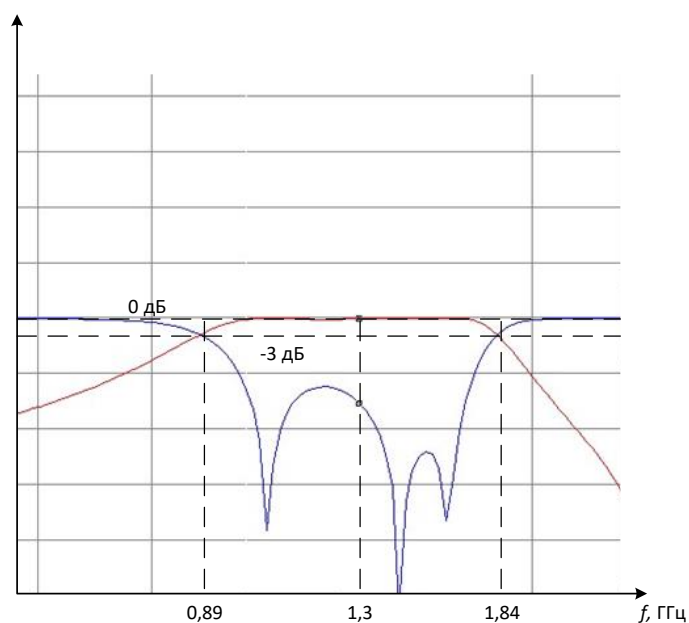


Рисунок 6. АЧХ шлейфного фильтра 1:1,5.

В результате компьютерного моделирования стало ясно, что пропорциональное изменение длин всех шлейфов с одинаковым коэффициентом, приводит к изменению только центральной частоты фильтра, при этом полоса пропускания остаётся неизменной, что отображено в таблице 1.

Таблица 1. Параметры образцов

Масштаб	$f_0$ , ГГц		$f_1$ , ГГц	$f_2$ , ГГц	$\Delta f$ , %
	Расчёт	Эмуляция			
1:1	1,92	2	0,892	1,841	50
1:1,5	1,36	1,3	1,33	2,718	50

### 3. Заключение

По результатам работы можно утверждать следующее:

- изменение геометрических размеров конструкции фильтра **по определённому закону** приводит к однозначному изменению центральной частоты (с сохранением ширины полосы пропускания);
- изменение геометрических размеров топологии **по определённому закону** приводит к изменению АЧХ устройства, но сохраняет функционал фильтра;

- с увеличением диэлектрической проницаемости материала подложки точность изготовления макетов становится обязательным условием работоспособности устройства;
- центральная частота фильтра, частота среза, крутизна, пульсации в полосе пропускания масштабируются на частотной оси однозначно и детерминировано;
- создавая алгоритмы масштабирования, можно создавать фильтры для любого технического задания, минуя стандартные этапы синтеза СВЧ-фильтров.

#### Список литературы

1. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Под ред. Т., М.: Связь. – 1971. – Т. 1. С. – 349.
2. И.А. Булатова, Е.А. Иванова, А.Н. Крюков, Э.Ю. Седышев. Шлейфные фильтры СВЧ в объемном интегральном исполнении // Электроника и микроэлектроника СВЧ. – 2016. – С. 169-174.