

Зикий Анатолий Николаевич,
канд. техн. наук, старш. научн. сотрудин.
г. Таганрог

Дёмочкин Андрей Игоревич,
инженер-конструктор,
г. Таганрог

**ТРАКТОВЫЙ ФИЛЬТР НА ВСТРЕЧНЫХ
СТЕРЖНЯХ ДЛЯ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА
TRACT FILTER ON COUNTER RODS FOR DECIMETRE RANGE**

Аннотация: проведено экспериментальное исследование полосового фильтра дециметрового диапазона волн. Получены экспериментальные амплитудно-частотные характеристики в ближней и дальней зонах. Показано достижение следующих параметров:

- Граничные частоты полосы пропускания 800-2000 МГц;
- Потери в полосе пропускания не более 2 дБ;
- Потери при отстройке от граничных частот полосы пропускания на 200 МГц не менее 30 дБ;
- Заграждение на $2f_0$ более 30 дБ;
- Заграждение на $3f_0$ отсутствует;
- Волновое сопротивление 50 Ом.

Abstract: An experimental study of a bandpass filter of decimetre wave range is carried out. Experimental amplitude-frequency characteristics in the near and far zones are obtained. Achievement of the following parameters is shown:

- Bandwidth limit frequencies 800-2000 MHz;
- Losses in the passband not more than 2 dB;
- 200 MHz passband boundary frequency detuning loss not less than 30 dB;
- Gain at $2f_0$ more than 30 dB;
- There is no obstruction at frequency $3f_0$;
- Wave impedance 50 ohms.

Ключевые слова: полосовой фильтр; амплитудно-частотная характеристика; эксперимент; встречные стержни; потери в полосе пропускания; потери в полосе заграждения.

Keywords: bandpass filter; amplitude-frequency response; experiment; counter rods; passband losses; barrier band losses.

L-диапазон (1-2 ГГц) широко используется для связи, навигации, управления воздушным движением, радиолокации, поэтому для этого диапазона разработана и широко используется различная приёмо-передающая аппаратура. Одним из важнейших узлов этой аппаратуры, обеспечивающих избирательность приёмников и подавление паразитных продуктов на выходе передатчиков, является полосовой фильтр. Исследованию полосовых фильтров посвящено множество монографий, учебных пособий, диссертаций, патентов и статей, однако продолжается их миниатюризация, улучшение электрических параметров, поэтому исследование фильтров является актуальным.

В данной работе исследуется фильтр, который нашёл применение в составе широкополосного конвертора.



К фильтру предъявляются следующие требования:

- Центральная частота полосы пропускания 1400 МГц;
- Ширина полосы пропускания не менее 1200 МГц;
- Потери в полосе пропускания не более 3 дБ;
- Потери в полосе заграждения при отстройке от центральной частоты ± 2500 МГц не менее 30 дБ;
- Волновое сопротивление входа и выхода 50 Ом;
- Масса и габариты минимальные.

Заграждение ложной полосы пропускания на третьей и пятой гармониках полезного сигнала предполагается осуществлять в малошумящем усилителе.

Перечисленные выше требования можно выполнить в фильтре с четвертьволновыми и более короткими резонаторами [1]. В данной работе для выполнения требований выбран фильтр с 11 четвертьволновыми резонаторами. Фильтр рассчитан по методике, изложенной в книге [1].

На рисунке 1 приведена принципиальная схема фильтра на встречных стержнях. Фильтр состоит из 11 резонаторов, 9 подстроечных конденсаторов и двух соединителей X1 и X2. Подстроечные конденсаторы образованы 9 подстроечными винтами и торцами резонаторов. Соединитель X1 – типа SMA [2] гнездо. Соединитель X2 – вилка типа N. На рисунке 2 можно видеть фото фильтра.

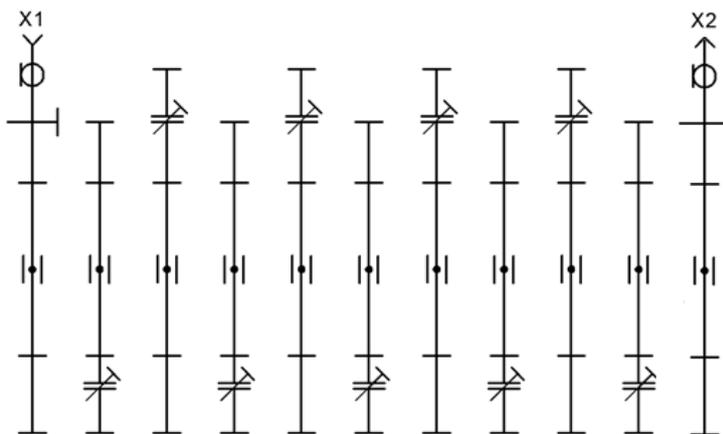


Рисунок 1. Принципиальная схема фильтра



Рисунок 2. Фото фильтра



Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе использована измерительная установка, структурная схема которой показана на рисунке 3. На этой установке снята АЧХ в полосе от 600 до 1200 МГц с шагом 50 МГц. Результаты измерений заносились в таблицу 1.

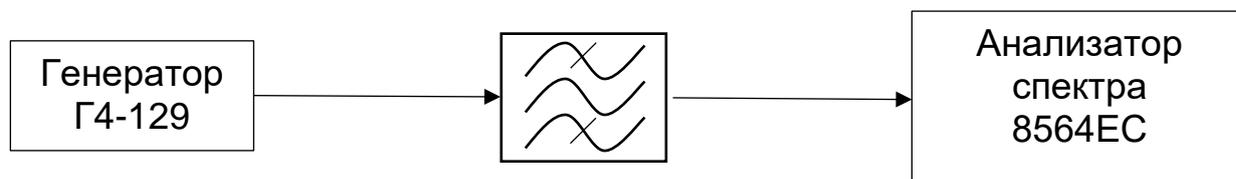


Рисунок 3. Структурная схема измерительной установки

На втором этапе для снятия АЧХ использован измеритель КСВН и ослаблений. Результаты измерений заносились в таблицу 2. По данным таблиц 1 и 2 построен график на рисунке 4. Он позволяет сформулировать количественные выводы.

Для подтверждения отсутствия ложной полосы пропускания на удвоенной частоте $2 \times 1400 = 2800$ МГц на рисунке 5 приведено фото с экрана измерителя КСВН и ослаблений P2-78.

Из этого рисунка 5 видно, что ложная полоса пропускания имеет место на третьей гармонике основной частоты в окрестности 4200 МГц.

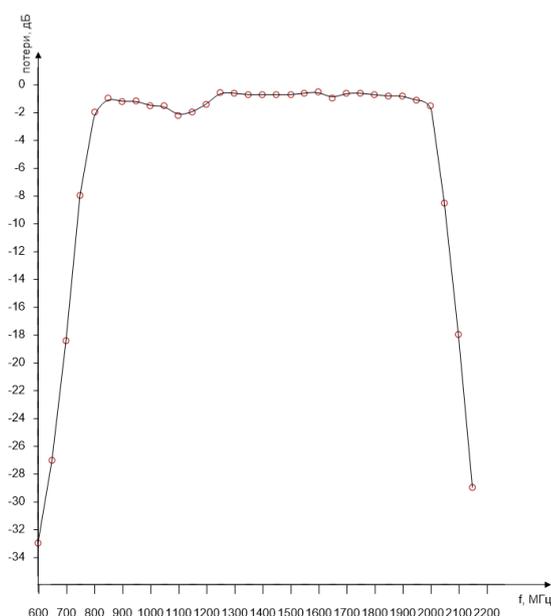


Рисунок 4. АЧХ фильтра

Таблица 1. АЧХ фильтра (нижняя часть)		Таблица 2. АЧХ фильтра (верхняя часть)	
f, МГц	Потери, дБ	f, МГц	Потери, дБ
600	-33	1250	-0,59
650	-27	1300	-0,73
700	-18,5	1350	-0,8
750	-8	1400	-0,84
800	-2	1450	-0,89
850	-1	1500	-0,87
900	-1,33	1550	-0,7



950	-1,17	1600	-0,5
1000	-1,5	1700	-1
1050	-1,5	1750	-0,7
1100	-2,17	1800	-0,75
1150	-2	1850	-0,84
1200	-1,5	1900	-0,9
1227	-2	2000	-1,2
		2050	-8,5
		2100	-18
		2150	-29

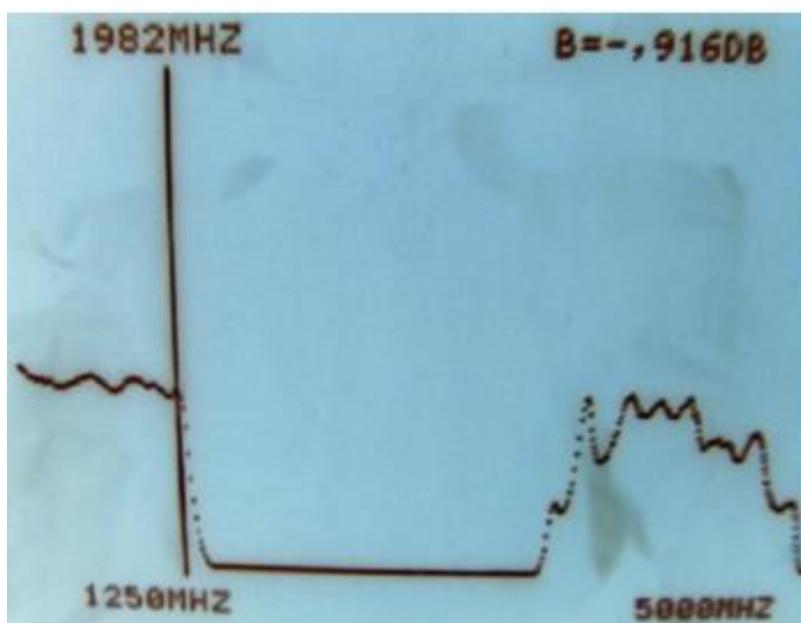


Рисунок 5. АЧХ фильтра с ложной полосой пропускания (фото с экрана P2-78)

Ниже в таблице 3 приведены заданные и достигнутые параметры фильтра.

Таблица 3

Основные параметры фильтра

Параметр, размерность	Задано	Измерено
Верхняя граничная частота на уровне минус 3 дБ, МГц	2000	2000
Нижняя граничная частота на уровне минус 3 дБ, МГц	800	800
Заграждение на частоте 2800 МГц, дБ	≥ 30	≥ 30
Волновое сопротивление, Ом	50	50
Заграждение при отстройке ± 200 МГц от граничной частоты полосы пропускания, дБ	30	≥ 30

Из этой таблицы видно, что все требования к фильтру выполняются. Фильтр рекомендуется использовать в широкополосных приёмниках СВЧ [5, 6].



Список литературы:

1. Леонченко В.П., Фельдштейн А.Л., Шепелянский Л.А. Расчет полосковых фильтров на встречных стержнях. Справочник. – М.: Связь, 1975. – 312 с.
2. Джурицкий К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.
3. Андрианов А.В., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра на встречных стержнях. Инженерный вестник Дона, 2016, №3.
4. Андрианов А.В., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра сантиметрового диапазона. Инженерный вестник Дона, 2017, №1.
5. Wiley R.G. ELINT The Interception and Analysis of Radar Signals. Boston, London. Artech House, 2006.
6. TSUI J.B.Y. Digital techniques for wideband Receivers. Raleigh, USA, SciTech Publishing, 2004.

