РАЗДЕЛ XV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Андрианов А.В.¹, Губарев Д.Е.¹, Зикий А.Н.², Сперанская Г.В.¹
Коаксиальный фильтр нижних частот дециметрового диапазона

¹Таганрогский научно-исследовательский институт связи

²Южный Федеральный Университет
(Россия, Таганрог)

doi: 10.18411/lj-08-2019-66

idsp: ljjournal-08-2019-66

Аннотация

Приведены результаты моделирования и экспериментального исследования фильтра нижних частот с частотой среза 950 МГц. Моделирование фильтра проводилось в пакете прикладных программ Microwave Office. Эксперимент проводился на векторном анализаторе цепей типа PXA. Результаты моделирования и эксперимента соответствуют предъявленным требованиям, а именно:

- Частота среза 950 МГц;
- Потери в полосе пропускания не более 3 дБ;
- Заграждение на второй гармонике частоты среза не менее 40 дБ;
- Волновое сопротивление входа и выхода 75 Ом.

Ключевые слова: фильтр нижних частот, дециметровый диапазон длин волн, частота среза, потери в полосе пропускания, потери в полосе заграждения, моделирование, эксперимент.

Abstract

The results of modeling and experimental studies of the low-pass filter with a cut-off frequency of 950 MHz are presented. The filter was modeled in the Microwave Office application package. The experiment was conducted on a vector analyzer of the PXA type circuits. The results of simulation and experiment meet the requirements, namely:

- Cutoff frequency 950 MHz;
- Loss in bandwidth not more than 3 dB;
- A barrier on the second harmonic of a cut-off frequency of at least 40 dB;
- Characteristic impedance of 75 Ohm input and output.

Keywords: low-pass filter, decimeter wavelength range, cutoff frequency, bandwidth loss, barrage losses, modeling, experiment.

Фильтры нижних частот (ФНЧ) широко используются в выходных каскадах передатчиков для подавления гармоник основной частоты, поэтому их часто называют фильтрами гармоник. Имеется большое многообразие ФНЧ по диапазону рабочих частот, типу применяемой линии передачи, технологии изготовления. Объектом исследования в данной работе является ФНЧ коаксиального типа. К фильтру предъявляются следующие требования:

- Частота среза 950 ± 50 МГц;
- Потери в полосе пропускания не более 3 дБ;
- Потери на частоте второй гармоники частоты среза не менее 40 дБ;
- Волновое сопротивление входа и выхода 75 Ом

Схема и конструкция

Схема фильтра нижних частот приведена на рисунке 1. Из этого рисунка видно, что фильтр состоит из 7 отрезков коаксиальной линии. Волновое сопротивление отрезков коаксиальной линии меняется ступенчато, а именно, за отрезком с низким

волновым сопротивлением следует отрезок с высоким волновым сопротивлением. Геометрические размеры фильтра приведены в таблице 1. Они были рассчитаны по методике из книги[1]. Волновое сопротивление коаксиальной линии рассчитано по формуле [1]

$$W = \frac{130}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{D}{d},$$

где D - диаметр наружного проводника коаксиала;

d – диаметр внутреннего проводника коаксиала;

ε - относительная диэлектрическая постоянная фторопластовых колец на низкоомных отрезках линии.

На рисунке 2 можно видеть фото центрального проводника коаксиального фильтра. Он изготовлен из латуни и покрыт серебром. Для фиксации центрального проводника в корпусе крайние отрезки W1 и W7 имеют сквозные отверстия, в которые вставляется диэлектрическая шпилька. Вход и выход ФНЧ оформлены в виде вилки и гнезда по типу VII ГОСТ 20265-83. К этому ряду принадлежит розетка СР-75-166 [2].

Рис. 1. – Схема фильтра

Таблица 1.

Геометрические и электрические параметры ФНЧ

	D	d	ε_r	L, мм	W, Ом	Наименование
W1	14,3	8,7	2	6,6	19,9	Коаксиал
W2	14,3	1	1	42,7	150	Коаксиал
W3	14,3	11	2	8	10,5	Коаксиал
W4	14,3	1	1	51,6	150	Коаксиал
W5	14,3	11	2	8	10,5	Коаксиал
W6	14,3	1	1	42,7	150	Коаксиал
W7	14,3	8,7	2	6,6	19,9	Коаксиал
W0	75					Волновое сопротивление входа и нагрузки
X1						Гнездо тип VII ГОСТ 20265
X2						Вилка тип VII ГОСТ 20265

Рис. 2. – Центральный проводник коаксиального фильтра

Моделирование

Моделирование фильтра проводилось в пакете прикладных программ Microwave Office[3,4]. Исходные данные для моделирования взяты из таблицы 1. Модель фильтра из MWO можно видеть на рисунке 3.

Рис. 3. – Модель фильтра в MWO

Результаты моделирования представлены на рисунках 4 и 5. На рисунке 4 показана АЧХ фильтра в полосе от 0 до 1,5 ГГц. На рисунке 5 изображена АЧХ фильтра в полосе от 0 до 5 ГГц.

Рис. 4. – АЧХ фильтра в полосе до 1500 МГц из MWO

Рис. 5. – АЧХ фильтра в полосе от 5 ГГц из MWO

Из рисунков 4 и 5 следует, что требования к фильтру выполняются.

Эксперимент

Эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа РХА, набор кабелей и переходов. На рисунке 6 изображена АЧХ фильтра в полосе от 10 МГц до 1,5 ГГц. На рисунке 7 можно видеть АЧХ фильтра в полосе от 10 МГц до 5 ГГц. Из этих графиков видно, что требования к АЧХ фильтра выполняются. Кроме того, из рисунка 7 видно, что фильтр имеет ложные полосы пропускания на частотах около 3 ГГц и 3,75 ГГц.

Рис. 6. – АЧХ ФНЧ в полосе от 10 МГц до 1,5 ГГц

Рис. 7. – АЧХ ФНЧ в полосе от 10 МГц до 5 ГГц

Выводы

Основные параметры фильтра нижних частот, полученные в процессе моделирования и эксперимента, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные параметры ФНЧ

Наименование параметра, размерность	Задано	Моделирование	Эксперимент
Частота среза на уровне минус 3дБ от максимума, МГц	950	930	950
Потери в полосе пропускания, не более, дБ	3	3	3
Потери в полосе заграждения от 1800 МГц до 2600 МГц, не менее, дБ	40	>40	>40
Волновое сопротивление входа и выхода, Ом	75	75	75

Из этой таблицы видно, что все требования к фильтру выполняются.

При проведении данного исследования использован предыдущий опыт авторов [5-8], а так же другие публикации [9,10].

1. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Том 1. – М.: Связь, 1971. – 440 с.
2. Лярский В.Ф., Мурадян О.Б. Электрические соединители. Справочник. –М.: Радио и связь, 1988. – 327 с.
3. Бахвалова С.А., Романюк В.А. Основы моделирования и проектирования радиотехнических устройств в Microwave Office. Учебное пособие –М.: Солон-Пресс, 2016. – 152с.
4. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 496 с.
5. Доновская Т.В., Ковалева А.В., Матушко С.Д. Фильтр нижних частот для квадратного демодулятора. 18 МНПК «Современные тенденции в науке и образовании». –М.: Изд-во «Олимп», 2017, с.73-76.
6. Гончарова Т.О., Зикий А.Н., Андрианов А.В. Моделирование и экспериментальное исследование микрополоскового ФНЧ. Сборник материалов 9 международной научно-практической конференции «Научные исследования и разработки 2016». Москва, научный центр «ОЛИМП, 29 февраля 2016, с.73-76.
7. Андрианов А.В., Быков С.А., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра сантиметрового диапазона. Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4042.
8. Андрианов А.В., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра на встречных стержнях. Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3778.
9. Zverev A.I. Handbook of Filter Synthesis. N.Y., London, Sydney. John Wiley and Sons, Inc.1967.-576p.
10. Levy R., Rozzi T.E. Precise design of coaxial low-pass filters. IEEE Trans., 1968, V: MTT-16, №3, pp.142-147.

Герасимова Т. В.

Обзор современных технологий: VR, AR, MBAR, MR.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет СПбГЭТУ
«ЛЭТИ»*

(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/lj-08-2019-67

idsp: ljjournal-08-2019-67

Аннотация

Использование компьютерной графики привело к развитию виртуальных сред. В этой статье рассматриваются все эти реалии, технологические устройства, используемые в виртуальных средах: виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR) и смешанной реальности (MR). Представлены применения AR, VR и MR в различных областях, таких как медицина, авиация, промышленность, автомобилестроение, военное дело, сварка, карты, образование, личное использование и их работа в целом, поскольку их использование наряду с другими технологиями увеличивается.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность, мобильная дополненная реальность.

Abstract

The use of computer graphics has led to the development of virtual environments. This article discusses all these realities, technological devices used in virtual environments: virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR). The applications of AR, VR and MR in various fields are presented, such as medicine, aviation, industry, automobile