РАЗДЕЛ XIII. РАДИОТЕХНИКА

Андрианов А.В.¹, Кочубей А.С.¹, Губарев Д.Е.¹, Зикий А.Н.²

Фильтр нижних частот с полосой 12 МГц

¹Таганрогский научно-исследовательский институт связи АО «ТНИИС»

²Южный федеральный университет «ИТИБ ЮФУ»
(Россия, Таганрог)

doi: 10.18411/lj-08-2020-58

idsp: ljournal-08-2020-58

Аннотация

Проведено моделирование и экспериментальное исследование фильтра нижних частот с частотой среза 12 ± 1 МГц. Моделирование фильтра проводилось в среде Microwave Office. Экспериментальное исследование фильтра проводилось с помощью векторного анализатора цепей типа «Обзор – 103». В качестве результатов моделирования и эксперимента представлены амплитудно-частотные характеристик в широкой и узкой полосе. Показано, что потери в полосе пропускания не превышают 3 дБ, а потери в полосе заграждения от 20 до 100 МГц составляют не менее 52 дБ.

Ключевые слова: фильтр нижних частот, амплитудно-частотная характеристика, потери, волновое сопротивление, схема, конструкция, моделирование, эксперимент.

Abstract

A low-pass filter with a cutoff frequency of 12 ± 1 MHz was modeled and experimentally studied. The filter was modeled in the Microwave Office environment. The experimental study of the filter was carried out using a vector chain analyzer of the Obzor – 103 type. As the results of modeling and experiment, the amplitude-frequency characteristics in a wide and narrow band are presented. It is shown that the loss in the bandwidth does not exceed 3 dB, and the loss in the barrage band from 20 to 100 MHz is at least 52 dB.

Keywords: low-pass filter, amplitude-frequency response, losses, wave resistance, circuit, design, simulation, experiment.

Введение

Фильтры нижних частот (ФНЧ) нашли широкое применение в приёмо-передающей и измерительной аппаратуре, в том числе во входных каскадах инфрадинных приёмников и в выходных каскадах передатчиков, поэтому их использование является актуальным [1 – 4].

Целью данной работы является моделирование и экспериментальное исследование фильтра нижних частот на сосредоточенных элементах, построенного по схеме Кауэра [5].

К фильтру предъявляются следующие требования:

- Частота среза 12 ± 1 МГц;
- Потери в полосе пропускания не более 3 дБ;
- Потери в полосе заграждения от 20 МГц до 100 МГц не менее 50 дБ;
- Волновое сопротивление входа и выхода 50 Ом.

Схема и конструкция

Расчёт фильтра нижних частот можно провести с помощью методики, изложенной в книге Ханзела [5], таблица П.1.14. Выбран фильтр СО7-04-36. Отличие от результатов в книге Ханзела заключается в том, что все три индуктивности взяты

одинаковыми для снижения трудоёмкости изготовления катушек. Схема исследуемого фильтра приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Принципиальная схема фильтра

Конструкция фильтра представляет собой пенал размерами 72x24x24 мм, внутри которого установлена печатная плата из фольгированного стеклотекстолита размером 60x20x1,5 мм. На плате смонтированы все элементы, кроме соединителей X1, X2. Соединители из ряда III ГОСТ13317-89 установлены на торцевых стенках корпуса [6]. Фото фильтра со снятой крышкой можно видеть на рисунке 2.

а

б

Рисунок 2 – Фото фильтра без крышки сверху (а) и снизу (б)

Моделирование

Моделирование ФНЧ проводилось в пакете прикладных программ Microwave Office (MWO) [7]. На рисунке 3 можно видеть модель фильтра в среде MWO. На рисунке 4 изображена амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра в полосе от 0 до 50 МГц. На рисунке 5 можно видеть АЧХ фильтра в полосе от 0 до 150 МГц.

Рисунок 3 – Модель фильтра в MWO

Рисунок 4 – АЧХ фильтра в полосе от 0 до 50 МГц из MWO

Рисунок 5 – АЧХ фильтра в полосе от 0 до 150 МГц из MWO

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

Эксперимент

Эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа «Обзор-103» [8], ноутбук, набор кабелей и переходов. На рисунке 6 показана АЧХ фильтра в полосе от 0,3 до 20 МГц. На рисунке 7 изображена АЧХ фильтра в полосе от 0,3 до 100 МГц.

Рисунок 6 – АЧХ ФНЧ в полосе от 0 до 20 МГц

Рисунок 7 – АЧХ ФНЧ в полосе от 0 до 100 МГц

Из этих графиков можно сделать количественные выводы.

Выводы

Ниже в таблицу 1 сведены заданные и достигнутые параметры фильтра, полученные при моделировании и в ходе эксперимента.

Таблица 1

Основные параметры фильтров

Наименование параметра, размерность	Задано	Моделирование	Эксперимент
Частота среза по уровню минус 3 дБ, МГц	12 ± 1	12	13
Потери в полосе пропускания, не более, дБ	3	3	3
Потери в полосе заграждения от 20 до 100 МГц, не менее, дБ	50	60	52
Волновое сопротивление входа и выхода, Ом	50/50	50/50	50/50

Из таблицы 1 видно, что все требования к фильтру выполняются. При проведении данного исследования были использованы публикации [9, 10].

1. Головин О.В. Устройства генерирования, формирования, приёма и обработки сигналов. – М.: Горячая линия – телеком, 2012. – 783 с.
2. Дроздов В.В. Любительские КВ трансиверы. – М.: Радио и связь, 1988. – 176 с.
3. Семьян А.П. Современные передатчики. Санкт – Петербург, «Наука и техника», 2008. – 352 с.
4. Справочная книга радиолюбителя – конструктора. Под ред. Н. И. Чистякова. – М.: Радио и связь, 1990. – 624 с.
5. Ханзел Г. Справочник по расчёту фильтров. – М.: Сов. радио, 1974. – 288 с.
6. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. 2-е издание. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.
7. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ – устройств с помощью Microwave Office. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 496 с.
8. «Обзор – 103». Измеритель комплексных коэффициентов передачи. Руководство по эксплуатации РЭ-6687-0258-21977812 – 2004. – 94 с.
9. Андрианов А.В., Гончарова Т.О., Зикий А.Н., Мешечка А.Н. Моделирование и экспериментальное исследование фильтра гармоник для передатчика дециметрового диапазона. VI международная заочная научно-техническая конференция. «Информационные технологии. Радиоэлектроника и Телекоммуникации (ITRT-2016)». Тольятти, изд-во ПВГУС, Май 2016, с. 29 – 33.
10. Андрианов А.В., Губарев Д.Е., Зикий А.Н., Кочубей А.С. Моделирование фильтра нижних частот. // Инженерный вестник Дона. 2019 №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6008