

УДК 621.385.69

Проектирование полосового фильтра в диапазоне частот от 500 до 650 МГц мощного сверхвысокочастотного передатчика

Платошин Владимир Олегович

platoshinvo@student.bmstu.ru

Андреев Владимир Викторович

vladimir_andreev@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены полосовые фильтры сверхвысокочастотного диапазона и приведены основные характеристики таких фильтров. Осуществлено проектирование полосовых фильтров третьего и пятого порядка на пассивных элементах, а также их моделирование в среде Multisim. Описаны сложности при проектировании фильтров различного порядка, преимуществах и недостатках фильтра третьего и пятого порядка. Выполнен сравнительный анализ приведенных фильтров по амплитудно-частотным характеристикам, на основе которых сделан вывод о наиболее подходящем фильтре для работы в диапазоне частот от 500 до 650 МГц на уровне ослабления -10 dB.

Ключевые слова: *полосовой фильтр, СВЧ-диапазон, моделирование, пассивные элементы, порядок фильтра*

Стремительное развитие технологий и нарастающая необходимость улучшения качества обработки сигналов в различных областях, таких как связь, обработка и передача сигналов и телекоммуникация приводят к необходимости разработки и анализа различных устройств, в число которых входят полосовые фильтры сверхвысокочастотного диапазона.

Сверхвысокочастотные фильтры работают на основе преобразования входного сигнала с помощью коэффициентов фильтра и последующей фильтрации сигнала в соответствии с заданными характеристиками. Процесс фильтрации включает в себя задержку сигнала на определенное время и усиление или ослабление определенных частотных составляющих сигнала. К основным характеристикам фильтров относятся амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ) [1, 2].

Сверхвысокочастотные фильтры являются важными компонентами в высокочастотных системах, обеспечивающие избирательность по частоте и предотвращающие помехи другим системам. Они делятся на типы по параметру «полоса пропускания».

Полосовые фильтры предназначены для пропускания определенной полосы частот, отсекая остальные составляющие. Они являются обязательными компонентами для систем передачи данных.

В работе проведен сравнительный анализ амплитудно-частотных характеристик полосовых фильтров третьего и пятого порядков, предназначенных для работы в диапазоне частот от 500 до 650 МГц. Фильтры третьего порядка имеют более простую реализацию и меньшее количество элементов, что де-

лает их более легкими для настройки и оптимизации. Также они имеют более низкую стоимость по сравнению с фильтрами пятого порядка. Они эффективны на средних частотах. Однако они имеют худшие характеристики по сравнению с фильтрами пятого порядка, особенно в области высоких частот. Это выражается в невысокой крутизне спада и узкой полосе пропускания. Фильтры пятого порядка обеспечивают лучшую АЧХ и ФЧХ, но требуют больше ресурсов для реализации и настройки. Они имеют более сложную конструкцию и их стоимость зачастую выше.

Для моделирования и осуществления анализа использована среда Multisim [3], в которой построены модели фильтров третьего и пятого порядков, состоящие из пассивных элементов, после чего осуществлено моделирование их работы. Для согласования на вход и выход фильтров подключены нагрузки 50 Ом. Для симуляции сигнала использован источник AC_POWER (рис. 1).

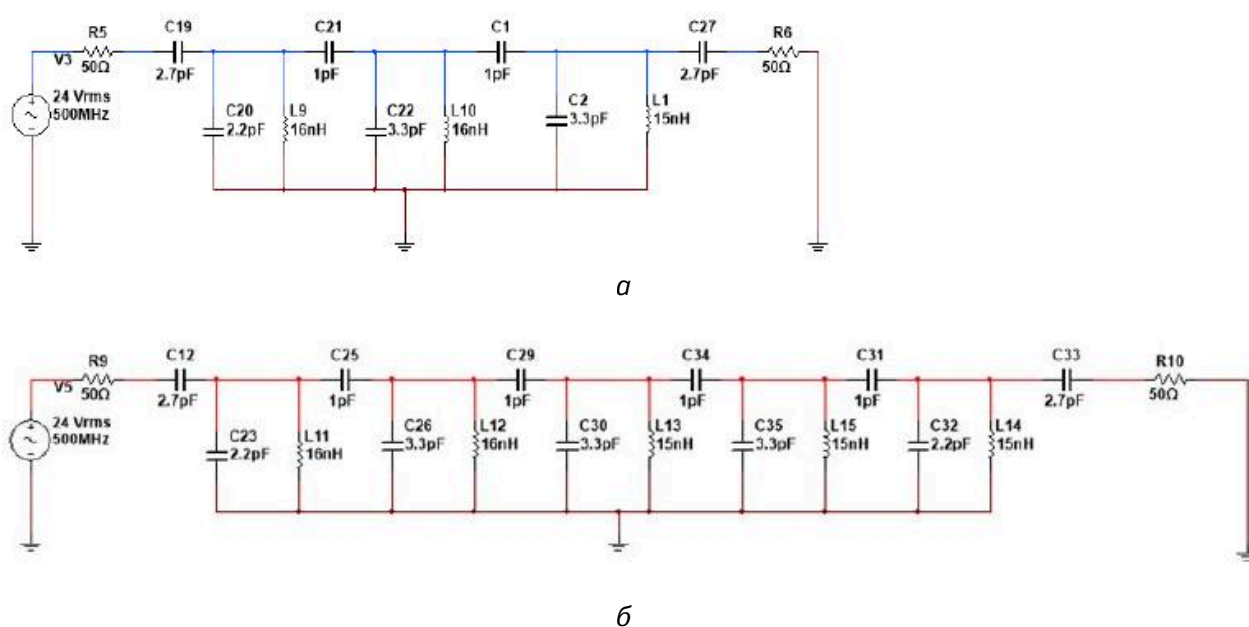


Рис. 1. Схемы фильтров в программе Multisim:

а — фильтр третьего порядка; *б* — фильтр пятого порядка

В целях проведения сравнительного анализа приведем АЧХ и ФЧХ для симулируемых полосовых фильтров. Наиболее информативным в нашем случае является график АЧХ. С помощью данного графика можно визуально проанализировать и сравнить характеристики двух приведенных фильтров. Идеальный полосовой фильтр имеет прямоугольную АЧХ [4]. Для анализа рассматривается угол спада и ширина полосы пропускания. Цель работы — проектирование фильтра, имеющего АЧХ с наиболее острым углом спада и широкой полосой пропускания, обеспечивающего наиболее стабильную работу в диапазоне частот от 500 до 650 МГц на уровне ослабления -10 dB.

В нашем случае на графике видно, что фильтр пятого порядка имеет форму АЧХ более близкую к идеальной, чем фильтр третьего порядка. Также он обладает более широкой полосой пропускания, составляющей от 480

до 660 МГц, по уровню ослабления -10 dB, по сравнению с полосой пропускания фильтра третьего порядка, составляющей от 470 до 630 МГц, по тому же уровню, и более острым углом спада. Следовательно, фильтр пятого порядка имеет более высокие коэффициенты затухания и передачи, что делает его более предпочтительным для работы в заданных условиях, так как повышается его избирательность и уменьшаются вносимые потери (рис. 2).

Таким образом, для работы в диапазоне частот от 500 до 650 МГц наилучшим вариантом является фильтр пятого порядка, который обеспечивает оптимальную работу в заданном диапазоне частот и меньшие потери на уровне ослабления -10 dB.

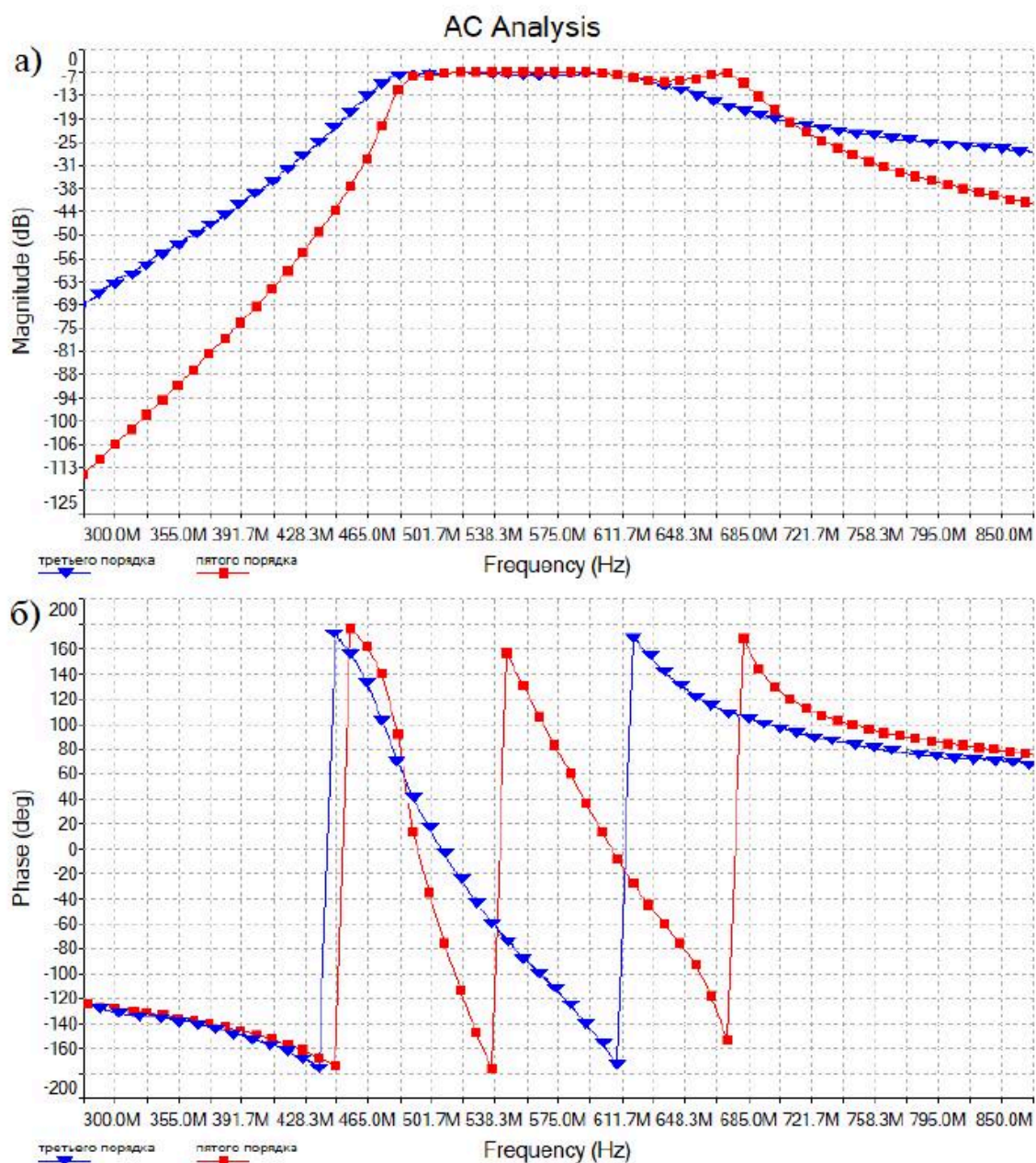


Рис. 2. Характеристики фильтров третьего и пятого порядка:
а — АЧХ; б — ФЧХ

Заключение. Рассмотрены основные преимущества и недостатки полосовых СВЧ-фильтров третьего и пятого порядка. Про моделированы рассмотренные типы фильтров для работы в диапазоне частот 500–650 МГц. Получены графики АЧХ и ФЧХ данных СВЧ-фильтров. Проведен сравнительный анализ и выбор на его основании наиболее подходящего для заданных условий устройства.

Литература

- [1] Андреев Д.В., Курносенко А.Е., Макачук В.В., Соловьев В.А. *Технологические процессы изготовления электронной компонентной базы приборостроения*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, 467 с.
- [2] Андреев В.В., Жалнин В.П., Столяров А.А. *Физические основы микро- и нанoeлектроники*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, 292 с.
- [3] Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP 1/7 + Simulink 5/6. *Обработка сигналов и проектирование фильтров*. Москва, Изд-во СОЛОН-Пресс, 2009.
- [4] Романовский М.Н. *Полосовые фильтры на ПАВ. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Интегральные устройства радиоэлектроники»*. Томск, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022.

Designing a bandpass filter in the frequency range from 500 to 650 MHz of a powerful ultrahigh frequency transmitter

Platoshin V.O. platoshinvo@student.bmstu.ru
Andreev V.V. vladimir_andreev@bmstu.ru

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

In this paper, bandpass filters of the ultrahigh frequency range are considered and the main characteristics of such filters are given. The design of bandpass filters of the third and fifth order on passive elements, as well as their modeling in the Multisim environment, has been carried out. The paper describes the difficulties in designing filters of various orders, the advantages and disadvantages of the filter of the third and fifth order. A comparative analysis of the above filters by amplitude-frequency characteristics was performed, on the basis of which a conclusion was made about the most suitable filter for operation in the frequency range from 500 to 650 MHz at the attenuation level of –10 dB.

Keywords: bandpass filter, microwave range, modeling, passive elements, filter order