

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВ СВЧ ОСНОВАННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДАХ К ПРОБЛЕМЕ СИНТЕЗА

Янцевич М. А., Свириденко А. А.

Кафедра радиолокации и приёмо-передающих устройств, Военная академия Республика Беларусь

Минск, Республика Беларусь

E-mail: yantsevich.mikhail@mail.ru

Произведено сравнение метода прямого синтеза СВЧ фильтров по результатам факторизации коэффициента отражения, а также метода основанного на переходе от элементов с сосредоточенными параметрами к элементам с распределенными параметрами

Поиск новых принципов и методов проектирования устройств СВЧ, разработка соответствующих схемотехнических решений построения устройств, позволяющих улучшить их частотные характеристики, расширить диапазон рабочих частот, снизить габариты, повышение эффективности методов проектирования с использованием современных вычислительных средств и программного обеспечения, а так же распространение методов синтеза цепей с сосредоточенными параметрами на цепи с распределенными параметрами являются актуальными задачами по совершенствованию техники СВЧ.

При проектировании СВЧ-фильтров на практике наиболее широко используется принцип, основанный на расчёте эквивалентных схем фильтров на сосредоточенных элементах с последующей заменой их элементами с распределенными параметрами. Порядок аналитического синтеза СВЧ-фильтров сводится к трём этапам. На первом этапе производится синтез фильтров-прототипов с заданной функцией передачи, являющейся оптимальной для требуемых условий. На втором этапе выполняется денормирование элементов и переход к требуемому виду фильтра. На третьем этапе осуществляется переход к элементам с распределенными параметрами. После выполнения последнего этапа может осуществляться коррекция геометрических размеров элементов СВЧ-фильтра. Эти результаты не всегда можно считать удовлетворительными. Для оценки качества применения частотного преобразования произведем сравнение фильтров СВЧ разработанных методом прямого синтеза и с использованием частотного преобразования. В работе [1] произведен синтез антенного низкочастотного СВЧ-фильтра обеспечивающего подавление кратных гармоник сигнала на частотах 8–10 ГГц при малых частотных искажениях передаваемых сигналов с частотами 1,227– 1,574 ГГц с нарастающе-волновой функцией передачи 10 порядка. Фильтр спроектирован на элементах с сосредоточенными параметрами, далее для реализации элементов полученного фильтра в СВЧ-диапазоне были выбраны отрезки микрополосковых линий. В качестве ма-

териала подложки выбран высококачественный диэлектрик Rogers серии RO3003 (PTFE) толщиной $H=0.75$ мм, имеющий относительную диэлектрическую постоянную $\epsilon=3$ и тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}=0.0103$ на частоте 10 ГГц.

Для реализации емкостей СВЧ-фильтра выбраны отрезки линии с низким волновым сопротивлением $\rho=13$ Ом и шириной $W=10,772$ мм. Индуктивности СВЧ-фильтра реализованы отрезками линий с высоким волновым сопротивлением $\rho=130$ Ом и шириной $W=10,772$ мм. Длины отрезков:

$$l_1 = 1.26, l_2 = 2.26, l_3 = 6.016,$$

$$l_4 = 8.846, l_5 = 7.333, l_6 = 3.825,$$

$$l_7 = 7.416, l_8 = 3.372, l_9 = 3.747, l_{10} = 0.785$$

. Топология и принципиальная схемы, разработанные в САПР Microwave Office 2001, изображены на рисунке 1

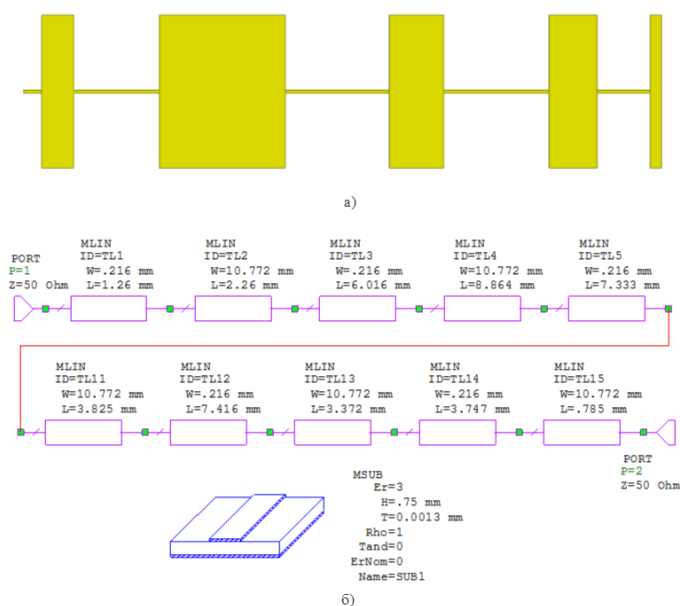


Рис. 1 – а) топология схемы, б) принципиальная схема фильтра полученного при помощи частотного преобразования

Методика прямого синтеза на отрезках линий передачи подробно описана в [2]. Её суть заключается в использовании отрезков линий передач одинаковой длины. Исходной функцией для синтеза здесь является коэффициент отражения S_{11} , выделенный в результате процедуры факторизации из требуемой функции передачи. Факторизация коэффициента отражения производилась из нарастающе-волновой функции коэффициента преобразования мощности 10 порядка. В качестве подложки выбран так же диэлектрик Rogers серии RO3003 (PTFE) толщиной $H=0.75$ мм. В результате синтеза получены следующие значения ширины отрезков

$$W_1 = 1.605, W_2 = 3.68, W_3 = 0.285, W_4 = 8.6, \\ W_5 = 0.1, W_6 = 9.5, W_7 = 0.12, W_8 = 6.3, W_9 = 0.825 \\ W_{10} = 2.175$$

при длине каждого отрезка $l=6,26$. Топология и принципиальная схемы изображены на рисунке 2

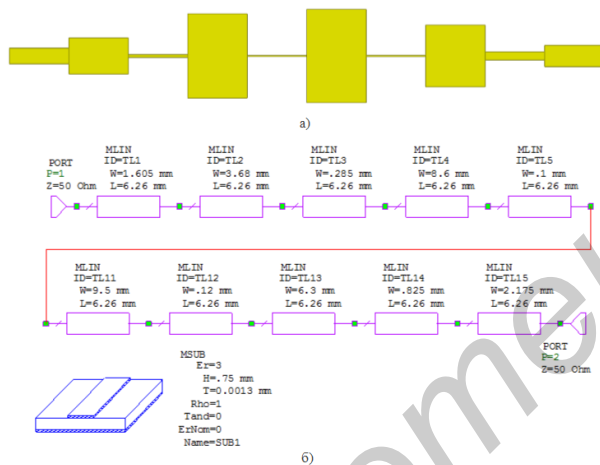


Рис. 2 – а) топология схемы, б) принципиальная схема фильтра полученного методом прямого синтеза

На рисунке 3 приведены частотные характеристики фильтров, полученных при помощи частотного преобразования и методом прямого синтеза.

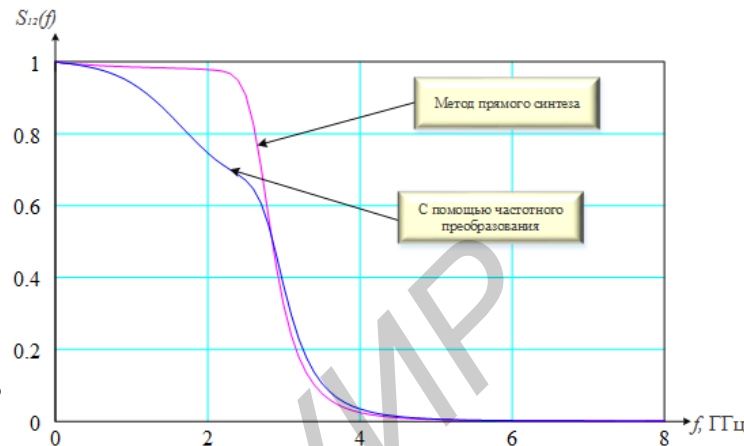


Рис. 3 – Частотные характеристики фильтров

Из рисунка видно, что применение частотного преобразования приводит к значительному искажению частотных характеристик. Очевидно, что предпочтительным для реализации фильтров, а также согласующих цепей, методика прямого синтеза. Её использование приводит к наилучшему приближению частотных характеристик реализованного СВЧ устройства к характеристикам прототипа.

I. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашок, В.Н. Синтез цепей широкополосного согласования и фильтрации с повышенной равномерностью группового времени запаздывания : дис. канд. техн. наук: 05.12.04 / В.Н. Шашок – Минск, 2013. – 142 л.
2. Yarman, B.S. Design of ultra wideband antenna matching networks / B.S. Yarman. – Istanbul: Springer, 2008. – 308 p.