

Лабораторная работа №10 по курсу «Радиотехнические устройства и системы» Моделирование кварцевого фильтра

Кузнецов В.В., доцент кафедры ЭИУ1-КФ

28 февраля 2015 г.

1 Цель работы

Цель данного руководства — рассмотрение способов использования подсхем и моделирования с помощью них устройств функциональной электроники в Qucs.

Данная программа основана на вновь разработанном ядре схемотехнического моделирования (разработка совместно с Берлинским институтом высокочастотной техники) и работает под управлением операционных систем (ОС) Linux и Windows. В данной программе возможно моделирование аналоговых и цифровых схем, моделирование на постоянном и переменном токе и моделирование переходного процесса. Недостатком программы является разделение аналогового и цифрового моделирования.

Родной операционной системой для Qucs является Linux, и при работе на этой системе следует ожидать наибольшей производительности. Настоятельно рекомендуется использовать для работы программы ОС Linux.

Версию Qucs для Linux можно установить в один клик, используя пакетный менеджер, а версию для Windows можно скачать бесплатно с сайта разработчика <http://qucs.sourceforge.net>.

2 Лестничные кварцевые фильтры

Для того чтобы получить требуемую в однополосных приемопередатчиках узкую полосу пропускания широко применяют кварцевые фильтры. В них в качестве элементов используются кварцевые резонаторы. Рассмотрим кратко основные типы таких фильтров.

Если параллельно кварцу включить катушку индуктивности, кривая активного сопротивления будет иметь второй параллельный резонанс. Влияние параллельной индуктивности на частотные свойства широко используется в мостовых фильтрах. Типовая схема такого фильтра показана на рис. 1. В таком фильтре частота резонаторов в последовательных плечах на несколько килогерц ниже частоты резонаторов в параллельных плечах. Полоса пропускания такого фильтра приблизительно в 1.2 раза больше разности между частотами кварцевых резонаторов. В связи с тем, что частоты кварцевых резонаторов различны для реализации этой схемы фильтра требуется применение кварцевых резонаторов изготовленных на заказ, либо подгонка частоты кварцевых резонаторов путем механической обработки кварцевой пластины. Это является основным недостатком данного типа фильтров.

Другим типом фильтров являются лестничные кварцевые фильтры на одинаковых резонаторах. Типовая схема четырехрезонаторного лестничного кварцевого фильтра показана на рис.2. Такой фильтр получается из полосового фильтра-прототипа на LC-контурах

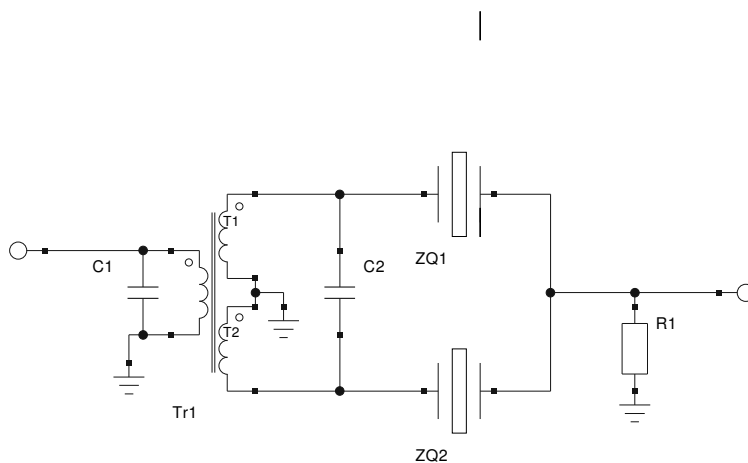


Рис. 1. Схема мостового кварцевого фильтра

(см. рис.3) заменой в нем последовательных колебательных контуров на кварцевые резонаторы. Разброс частот кварцевых резонаторов в данной схеме не должен превышать 10% от полосы пропускания фильтра. Таким образом для полосы пропускания 3кГц разброс частот должен быть ± 150 Гц.

Число кварцевых резонаторов в таких схемах может быть как большим, так и меньшим.

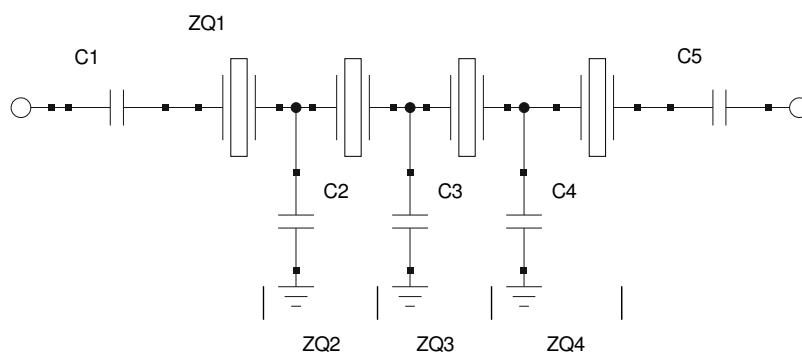


Рис. 2. Схема лестничного кварцевого фильтра $C1 = C3 = C5 = C_{2,3}$, $C2 = C4 = C_{1,2}$

При расчете кварцевых фильтров обычно используют фильтры-прототипы либо с Чебышевской, либо с Баттервортовской характеристикой затухания. Характеристика Чебышева имеет колебательный характер в полосе затухания и монотонный в полосе задерживания. Характеристика Баттерворта — монотонный в полосе пропускания и в полосе задерживания. Для приемопередающей аппаратуры предпочтительнее фильтры с характеристикой Чебышева, так как коэффициент прямоугольности АЧХ у них выше чем у

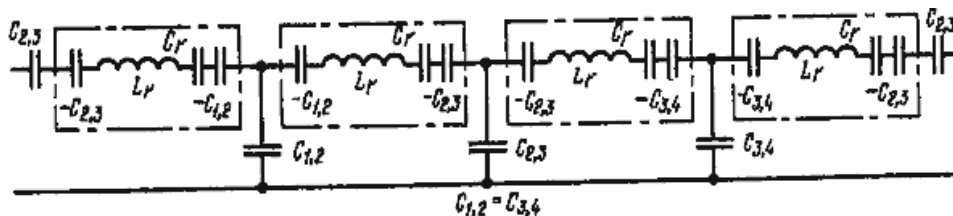


Рис. 3. Схема фильтра-прототипа

фильтров Баттерворта.

Неравномерность АЧХ в полосе пропускания выбирают исходя из назначения фильтра и требований к его сложности.

Номиналы конденсаторов (в пикофарадах) в приведенной схеме для фильтра с Чебышевской характеристикой и неравномерностью в полсе пропускания 0.28 дБ рассчитываются по следующим формулам :

$$C_{1,2} = \frac{33354}{(f_s + \Pi/2)L_{\text{кв}}\Pi} \quad (1)$$

$$C_{2,3} = 1.149C_{1,2} \quad (2)$$

Сопротивления нагрузки фильтра, Ом:

$$R_{\text{ф}} = 5.48 \cdot L_{\text{кв}}\Pi \quad (3)$$

Где f_s — частота последовательного резонанса кварца, Гн;

Π — полоса пропускания фильтра, кГц;

3 Моделирование кварцевого фильтра

Промоделировать лестничный кварцевый фильтр Чебышева с полосой пропускания 2700 Гц и центральной частотой 8864 кГц (характеристическое сопротивление фильтра 210 Ом) на четырёх резонаторах (рис.4), используя эквивалентную схему кварцевого резонатора из предыдущей лабораторной работы. Сначала смоделировать фильтр на одинаковых резонаторах.

Произвести моделирование схемы в частотной области. Построить графики частотной зависимости коэффициента прямой передачи S_{21} и КСВН.

Затем изменить установить выходное сопротивление источника P1 равным 50 Ом и затем 500 Ом. Как изменится КСВН схемы? Чем это вызвано?

Снова установить выходное сопротивление источника равным 200 Ом. Модифицировать параметры кварцевых резонаторов согласно таблице 1. Снова провести моделирование схемы. Как изменилась форма АЧХ фильтра?

В отчёте привести АЧХ для исходной и модифицированной схем.

Таблица 1. Параметры кварцевых резонаторов

№Резонатора	f_s , Гц	L_q , Гн	C_s , пФ
ZQ1	8863910	0.01428	6.21
ZQ2	8863880	0.01461	5.58
ZQ3	8863860	0.01467	5.69
ZQ4	8863850	0.01431	6.48

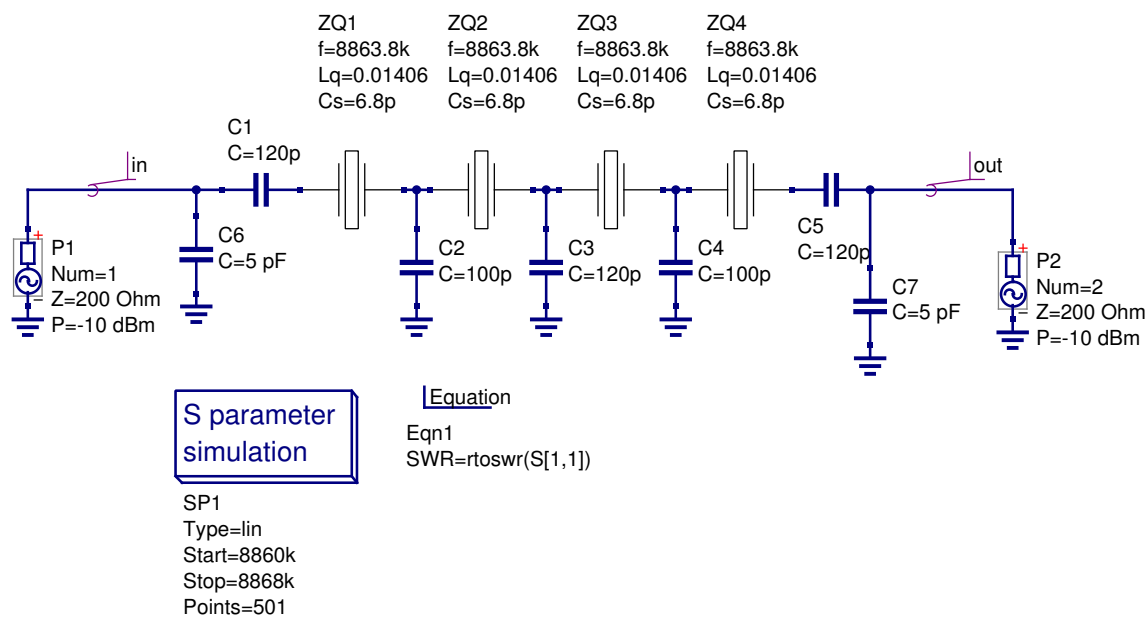


Рис. 4. Лестничный кварцевый фильтр на четырёх резонаторах

4 Выводы

В результате выполнения лабораторной работы произведено моделирование кварцевого лестничного фильтра с использованием эквивалентных схем. Произведено исследования влияния отклонений параметров отдельных резонаторов на параметры фильтра в частотной области.