

О ВЛИЯНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ Т-ОБРАЗНОГО ФИЛЬТРА НА КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРАХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В НЕМ КОНДЕНСАТОРОВ

Кулаков Владимир Геннадьевич
SPIN РИНЦ: 2111-7702

Контакт с автором: kulakovvlge@gmail.com

Данная статья продолжает тему об использовании фильтров с кварцевыми резонаторами для преобразования меандра в синусоидальный сигнал. В статье рассматривается вопрос о том, каким образом емкость используемых в фильтре конденсаторов влияет на его резонансную частоту и полосу пропускания.

Резонансная частота полосового фильтра – это частота, на которой коэффициент передачи фильтра имеет максимальное значение.

Полоса пропускания – это диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра достаточно равномерна для того, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы.

Ширина полосы обычно определяется как разность верхней и нижней граничных частот участка АЧХ, на котором амплитуда колебаний равняется единице, деленной на квадратный корень из двух от максимальной (приблизительно 0,7).

История развития теории проектирования фильтров на кварцевых резонаторах может служить ярким примером проявления экстремизма при разработке технических систем: по мере совершенствования подобных фильтров их полоса пропускания становилась все более узкой, и, в итоге, сфера их применения оказалась весьма ограниченной.

При разработке полосового фильтра на кварцевых резонаторах, предназначенного для преобразования меандра в синусоидальный сигнал, важно знать, от чего зависят его резонансная частота и полоса пропускания.

Проблема с определением ширины полосы пропускания фильтров, содержащих в своем составе кварцевые резонаторы, заключается в том, что у подобных фильтров полоса пропускания очень узкая: она может составлять меньше одной десятитысячной доли от резонансной частоты фильтра. Далек не всякий лабораторный генератор сигналов может обеспечить необходимую для решения данной задачи плавность перестройки частоты, поэтому более удобным может оказаться использование в процессе экспериментов специализированного узкополосного генератора [4, 5].

Схема Т-образного полосового фильтра с кварцевыми резонаторами приведена на рисунке 1.

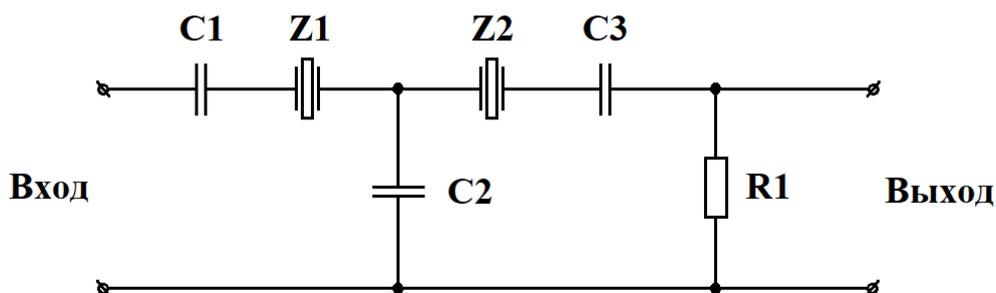


Рисунок 1. Схема Т-образного полосового фильтра с кварцевыми резонаторами

Используя специализированный узкополосный генератор, можно определить, как зависят резонансная частота и полоса пропускания Т-образного фильтра от емкости конденсаторов C1, C2 и C3.

Рассмотрим в качестве примера фильтр, в котором используются резонаторы Z1 и Z2 типа НС-49U с номинальной частотой 2 МГц.

Зададим значение сопротивления нагрузки R1 равным 5,1 кОм и проверим, как будут меняться параметры фильтра при использовании конденсаторов различной емкости.

Примечание: для упрощения процесса замены конденсаторов их можно устанавливать, например, в сменную панельку для микросхемы.

Результаты измерений зависимости резонансной частоты фильтра от емкости конденсаторов приведены в таблице 1. Для определения резонансной частоты использован частотомер, встроенный в цифровой осциллограф. Частота в ячейках таблицы указана в мегагерцах. В крайнем правом столбце таблицы указан результат замены конденсаторов C1 и C3 проволочными перемычками.

Таблица 1. Зависимость резонансной частоты Т-образного фильтра от емкости конденсаторов C1, C2 и C3

Емкость конденсатора C2, пФ	Емкость конденсаторов C1 и C3, пФ					
	100	150	200	240	300	Перемычки
30	1,99987	1,99985	1,99985	1,99984	1,99983	1,99981
47	1,99987	1,99984	1,99984	1,99983	1,99982	1,99980
75	1,99985	1,99982	1,99982	1,99981	1,99981	1,99978
100	1,99984	1,99982	1,99981	1,99980	1,99980	1,99977
150	1,99982	1,99980	1,99979	1,99979	1,99978	1,99976

Как можно видеть из таблицы 1, резонансная частота Т-образного фильтра всегда оказывается ниже номинальной частоты резонаторов, а увеличение емкости используемых конденсаторов приводит к понижению резонансной частоты.

Ширина полосы пропускания фильтра зависит только от емкости конденсатора C_2 . Результаты измерений полосы пропускания Т-образного фильтра приведены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость ширины полосы пропускания Т-образного фильтра от емкости конденсатора C_2

Емкость конденсатора C_2 , пФ	30	47	75	100	150
Ширина полосы пропускания, Гц	140	90	60	50	30

Как можно видеть из таблицы 2, полоса пропускания Т-образного фильтра очень сильно сужается при увеличении емкости конденсатора C_2 , поэтому при использовании подобного фильтра для преобразования меандра в синусоидальный сигнал нецелесообразно использовать конденсатор емкостью более 50 пФ: с учетом смещения резонансной частоты от номинальной частоты резонаторов фильтр может вообще перестать пропускать сигнал, поступающий от генератора прямоугольных импульсов.

Список использованной литературы

1. Кулаков В. Г. Простой высокочастотный генератор синусоидального сигнала. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200225082020.pdf> (дата обращения: 25.02.2020).
2. Кулаков В. Г. Простой двухфазный высокочастотный генератор синусоидальных сигналов. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200227180633.pdf> (дата обращения: 27.02.2020).
3. Кулаков В.Г. Генератор прямоугольных импульсов на основе керамического резонатора с перестройкой частоты в узком диапазоне. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200629073356.pdf> (дата обращения: 29.06.2020).
4. Кулаков В.Г. Определение ширины полосы пропускания фильтров на кварцевых и керамических резонаторах при помощи генератора на микросхеме AD9833. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200808081704.pdf> (дата обращения: 08.08.2020).
5. Кулаков В.Г. Генератор на микросхеме AD9833 с инкрементальным энкодером. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200810082331.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).