Министерство Образования Российской Федерации

Уральский Государственный Технический Университет

##### Оценка\_\_\_\_\_\_\_

Курсовая работа

Расчет полосового фильтра

Преподаватель: Шилов Ю. В.

Студент: Тренихин В.А.

Группа: Р-209

#### Екатеринбург 2007

Содержание

1. Введение

2. Пассивные LC-фильтры

3. Пассивные LC-фильтры лестничной структуры

4. Этапы проектирования фильтра

5. Полосовой фильтр

6. Задание на курсовую работу

7. Расчет фильтра

8. Приложение

9. Заключение

Введение

Электрические фильтры – четырехполюсники, обладающие избирательными свойствами; они пропускают токи в определенной полосе частот с наибольшим затуханием (полоса пропускания, или прозрачности), а токи с частотами, лежащими вне этой полосы, - с большим затуханием (полоса затухания или задерживания).

В современной радиотехнике под фильтрацией сигналов на фоне помех понимают любое выделение параметров случайных процессов, отражающих полезную информацию (сообщение). Вместе с тем сохраняется и традиционное, более узкое представление о фильтрации, связанное с частотной селекцией сигналов.

Под электрическим фильтром в традиционном смысле понимается цепь, обладающая избирательностью реакции на внешнее воздействие. Характеристики фильтра могут задаваться во временной или частотной областях, в последнем случае требования к фильтру обычно подразумевают определенную избирательность в заданном диапазоне частот.

Электрические фильтры можно классифицировать по различным признакам. По способу построения и используемой элементной базе различаются следующие типы фильтров: фильтры на сосредоточенных элементах (*LC-*фильтры), кварцевые и керамические, электромеханические фильтры, фильтры на отрезках длинных линий (СВЧ-фильтры), активные *RC-*фильтры на сосредоточенных и распределенных элементах, коммутируемые и цифровые фильтры, фильтры на поверхностных акустических волнах. В данной курсовой работе представлена задача проектирования пассивного LC-фильтра лестничной структуры.

**Пассивные LC-фильтры**

Под пассивным фильтром далее подразумевается реактивный четырехполюсник (четырехполюсник без потерь), нагруженный со стороны выходных зажимов на сопротивление нагрузки R2, а со стороны входных – на внутреннее сопротивление генератора R1(рис. 1).

R1

Реактивный ЧП

E U0 U1 R2U2

Рис.1.Реактивный четырехполюсник.

При расчете таких фильтров для их описания вводят два коэффициента – коэффициент передачи мощности и коэффициент отражения, определяемые по формулам:

Ku(jw)=Uвых(jw)/Uвх(jw)

Kp(jw)=Ku(jw)\*Ku(-jw)=|Ku(jw)|^2

**Пассивные LC-фильтры лестничной структуры**

Существует несколько методов реализации заданной передаточной функции пассивной цепью. Наибольшее распространение получили фильтры лестничной структуры. Пример такой схемы приведен на рисунке 2.

Z1I1 Z3I3 Z5I5 Z2n-1I2n-1

1 1 2 3 2

1к  2к 3к Nк

E U2 Y2 U4  Y4 U6 Y6  U2n=Uвых Y2n

1. 2

Рис.2. Лестничная цепь.

Лестничные схемы обладают важным преимуществом, вытекающим из следующего свойства: нуль передачи на лестничной цепи достигается на тех частотах, на которых полное сопротивление последовательной ветви или полная проводимость параллельной ветви равны бесконечности. Из этого следует, что каждой ветвью обусловлен нуль передачи (полюс затухания). Это делает настройку лестничного фильтра относительно простой. Также благодаря этому нули передачи (полюса затухания) менее чувствительны к изменению параметров элементов, по сравнению со схемами, в которых частота полюса определяется условием баланса моста.

# Этапы проектирования фильтра

Проектирование фильтра начинается с задания технических характеристик фильтра в виде требований к АЧХ в полосе пропускания и полосе подавления, ширине переходной полосы, требований к ФЧХ или характеристики группового времени запаздывания а также другим параметрам, например, к сопротивлению нагрузки0 внутреннему сопротивлению источника , уровню сигнала и т.п.

На втором этапе решается задача нахождения подходящей передаточной функции, удовлетворяющей заданным требованиям. Эта задача сводится к выбору аппроксимирующей функции. То есть к выбору фильтра соответствующего типа.

Третий этап – схемная реализация выбранной на втором этапе передаточной функции. Решение этой задачи для основных типов фильтров (Баттерворта, Чебышева, эллиптических ), реализуемых как в виде пассивных LC ***–*** схем, так и в виде активных четырехполюсников на базе операционных усилителей (ОУ). Тем самым в инженерных приложениях второй и третий этапы сводятся к виду типа фильтров (вида аппроксимирующей функции) и определению по таблицам и графикам соответствующих коэффициентов передаточной функции, определяющих в конечном итоге параметры элементов фильтра.

Четвертый этап – анализ фильтра, то есть исследование его характеристик на соответствие требуемым допускам, чувствительность к изменению параметров схемы, возможностям настройки и т.п.

Сначала такой анализ выполняется при номинальных значениях параметров, чтобы проверить правильность расчетов, проведенных на втором и третьем этапах. Затем учитываются погрешности элементов. Необходимость этого объясняется следующими причинами. При изготовлении спроектированного фильтра невозможно абсолютно точно подобрать его элементы. Разброс параметров реальных резисторов. Конденсаторов и катушек индуктивности обычно находится в пределах нескольких процентов. В связи с этим анализ должен дать ответ о допустимом разбросе параметров элементов фильтра при котором еще выполняется техническое задание на проектирование.

Кроме того, в процессе эксплуатации неизбежно изменение параметров элементов фильтра за счет старения. Изменения климатических условий и т.п. Анализ позволяет учесть и этот фактор и принять соответствующие меры для стабилизации характеристик фильтра.

При достаточно большом числе элементов фильтра такой анализ выполнять вручную весьма сложно, а порой и просто невозможно (например, при попытках учесть случайный характер ухода параметров элементов). Поэтому эти расчеты и моделирование выполняют на ЭВМ.

На следующей стадии проектирования осуществляется сравнение технических требований с характеристиками, рассчитанными на этапе анализа. Если требования не выполняются, необходимо изменить параметры фильтра выбрать другой тип или снизить требования к характеристикам и повторить расчеты.

После получения удовлетворительных характеристик переходят к этапу экспериментальных работ.

## Полосовой фильтр

Полосовым фильтром называют фильтр, полоса пропускания которого находится на отрезке частот от fc1 до fc2 (рис. 3).

*K(w)*

1

0

*fc1 fc2 f*

Рис.3. АЧХ идеального полосового фильтра.

Передаточные функции полосовых фильтров могут быть найдены, если применить к передаточным функциям фильтров-прототипов нижних частот преобразование частоты. Соответствующая преобразовывающая функция в области нижних частот должна вести себя так же, как и комплексная переменная *p* фильтра верхних частот, т.е*. p*∞ ,если *p’0*, а в области верхних частот – как комплексная переменная фильтра нижних частот, т.е. если *p*∞, то и *p*∞. В пределах же полосы пропускания преобразованного фильтра комплексная переменная *p* должна изменяться так же, как и переменная в полосе пропускания фильтра-прототипа нижних частот.

Простейшая преобразующая функция, которая удовлетворяет этим требованиям, представляет собой сумму комплексных переменных фильтров нижних и верхних частот.

***p=p’+(w0’)2/p’***

Если фильтром-прототипом нижних частот служит *LC –* фильтр, то преобразование переводит каждую индуктивность фильтра нижних частот с сопротивлением *Zk=pLk* в реактивный двухполюсник с сопротивлением *Zk’=p’Lk+(w0’)2Lk/p’* , т.е. в последовательный колебательный контур без потерь с той же индуктивностью *Lk’=Lk,* емкостью *Сk’=1/(w0’)2Lk* и резонансной частотой *w0’*, а каждую емкость *Cl* с проводимостью *Yl=pCl* – в двухполюсник с проводимостью *Yl’=p’Cl+(w0’)2Cl/p’* , т.е. в параллельный колебательный контур без потерь с той же емкостью *Cl’=Cl*, индуктивностью *Lk’=1/(w0’)2Ck* и той же резонансной частотой. Таким образом, исходная цепь преобразуется в другую, также физически реализуемую *LC*-цепь.

**полосовой фильтр сигнал помеха**

**Задание на курсовую работу (вариант 4.4)**

**F0=10000 кГц,**

**Fсв=11000 кГц,**

**Fсн=9090 кГц,**

**Fsв=11800 кГц,**

**A=50 дБ,**

**A=0.03 дБ,**

**R=75 Ом,**

**Q0=150,**

**δQ=5%.**

Задание. Проанализировать влияние на характеристики затухания потерь в катушках индуктивности, если их добротность на центральной частоте равна Q0 ,а в процессе изготовления возможен разброс параметров на величину ±δQ%.

**Расчет фильтра.**

По данным задачи находим Fsн:

Fsн=F02/Fsв=100002/11800=8475 кГц.

Далее находим нормированную частоту Ω:

Ω=ΔFs/ΔFc=3325/1910=1.74.

По справочнику, используя данные и полученное значение Ω, определяем фильтр-прототип. В данном случае фильтром-прототипом является фильтр 8-ого порядка Чебышева Т 08-08 ΔA=0.028дБ. Со значениями нормированных параметров:

C1’=0.8788,

L2’=1.487,

C3’=1.791,

L4’=1.792,

C5’=1.792,

L6’=1.791,

C7’=1.487,

L8’=0.8788.

Получаем значения коэффициентов, необходимые для расчета реальных параметров фильтра:

KL=R/(2πF0)=1.194\*10-6 мкГн,

KC=1/(2πRF0)=0.2123 нФ,

KA=F0/FC=5.2356.

Производим расчет реальных значений элементов:

C1=9,768\*10-10 Ф,

L1=2,595\*10-7 Гн,

C2=2,727\*10-11 Ф,

L2=9,295\*10-6 Гн,

C3=1,99\*10-9 Ф,

L3=1,273\*10-7 Гн,

C4=2,262\*10-11 Ф,

L4=1,12\*10-5 Гн,

C5=1,991\*10-9 Ф,

L5=1,272\*10-7 Гн,

C6=2,264\*10-11 Ф,

L6=1,119\*10-5 Гн,

C7=1,652\*10-9 Ф,

L7=1,533\*10-7 Гн,

C8=4,614\*10-11 Ф,

L8=5,494\*10-6 Гн.

Исследование фильтра, расчет частотных характеристик и изучение влияния добротности производим в пакете программ Microcap V v1.0.

Для исследования влияния добротности в схему последовательно индуктивности включаем сопротивления:

Ri=2πF0Li/Q, где I=1,2…8.

R1(R3)=0.108,

R2(R7)=3.893,

R3(R4)=0.053,

R4(R8)=4.69,

R5(R5)=0.053,

R6(R9)=4.68,

R7(R6) =0.064,

R8(R10)=2.3,

обозначения приведенные в скобках даны на схеме.

Графики исследований и схемы приведены в ПРИЛОЖЕНИИ.

## Заключение

В результате работы была разработана схема полосового фильтра, соответствующего заданным требованиям, исследовано влияние добротности и разброса параметров фильтра. В результате исследования выяснилось, что при повышении значений добротности АЧХ сглаживается, соответствующее изменение наглядно демонстрируется на АЧХ, приведенных в отчете.