**Техническое задание.**

Вариант №21.

1. Коэффициент усиления фильтра на нулевой частоте – 5;
2. Верхняя граничная частота ФНЧ – 800 Гц;
3. Частота задерживания - 1600 Гц;
4. Допустимая неравномерность АЧХ в полосе пропускания – 3 дб;
5. Затухание при частоте, большей частоты задержки – 70 дб.

**Общие сведения. Характеристики и параметры фильтров.**

Одними из усилителей, имеющих избирательные свойства, являются фильтры низких частот. Эти фильтры пропускают только низкие частоты.

Для получения у усилителей избирательных свойств в области низких частот

(ниже 20 кГц) широко применяют RC-цепи интегрирующего или дифференцирующего. Они включаются на входе и выходе усилителя и охватывают его частотно-зависимой зависимостью.

Под активными фильтрами понимаются обычно электронные усилители, содержащие RC-цепи, включенные так, что у усилителя появляются избирательные свойства. При их применении удается обойтись без громоздких, дорогостоящих и нетехнологичных катушек индуктивности и создать низкочастотные фильтры в микроэлектронном исполнении, в которых основные параметры могут быть изменены с помощью навесных резисторов и конденсаторов.

На практике наиболее часто используют операционные усилители с цепями ОС, работа которых описывается уравнениями второго порядка. При необходимости повысить избирательность системы отдельные фильтры второго порядка включают последовательно.

Активные RC фильтры (ARCФ) каскадного типа на дискретных элементах используется в диапазоне частот от десятков-сотен герц до десятков килогерц.

ARCФ обладает следующими достоинствами:

- отсутствием индуктивных элементов;

- возможностью одновременного с селекцией усиления сигнала;

- более простой настройкой фильтра (в сравнении с лестничной структурой).

В данном проекте рассматривается расчет фильтра нижних частот полиномиального типа с амплитудно-частотной характеристикой типа Чебышева.

Свойства фильтра полностью описываются его передаточной характеристикой, которая для ФНЧ полиномиального типа имеет следующий вид:

,

здесь  и  - положительные действительные числа;

N-количество звеньев фильтра; - коэффициент усиления i-го звена фильтра на нулевой частоте; - передаточная характеристика i-го звена.

В частотной области ,

,

- верхняя граничная частота, - текущее значение частоты, нормированное по граничной, - амплитудно - и фазовочастотные характеристики фильтра.

В данной работе рассматривается проектирование фильтра по параметрам АЧХ.

Для АЧХ ФНЧ полиномиального типа

.

Коэффициенты  и  определяются порядком фильтра, типом и степенью неравномерности АЧХ. Для описания свойств звеньев фильтра вводится понятие добротности полюсов его передаточной характеристики, определяемой соотношением

. Значение добротности звена используется при выборе схемы звена. Проектирование ФНЧ ведется по следующим параметрам АЧХ:

- -коэффициент усиления фильтра на нулевой частоте;

- - верхняя граничная частота;

- - частота, на которой коэффициент усиления уменьшается в заданное число раз в сравнении с ;

-- относительная неравномерность АЧХ в полосе пропускания, выражается в децибелах и определяется соотношением ;

-  - затухание при частоте, большей частоты задержки.

В данной работе =5, =\*800 Гц, =\*1600 Гц, =3 дб, =70 дб.

**Расчет фильтра**

**1.Определение требуемого типа и порядка фильтра**

Тип фильтра определяется допустимой неравномерностью его АЧХ в полосе пропускания. Поскольку 0, то тип проектируемого фильтра – тип Чебышева.

Необходимый порядок фильтра определяется шириной переходной области , минимальным затуханием на частоте заграждения и допустимой неравномерностью в полосе пропускания .

.

= для ФНЧ.

Количество звеньев определяется соотношением = 3.

Таким образом, в проекте рассматривается каскадная реализация фильтра 6-го порядка в виде соединения взаимонезависимых звеньев 2-го порядка(n- четное).

**2. Расчет коэффициентов  и  и добротности звеньев обобщенной АЧХ фильтра.**

Численное значение этих коэффициентов зависит от типа фильтра, его порядка, допустимой неравномерности АЧХ в полосе пропускания и рассчитываются из соотношений:

n=6

,

, i=1,2,…..,N

здесь , добротности рассчитываются по формуле .

Таким образом, для полиномиальных коэффициентов и добротностей получаем следующую таблицу

При 

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |
| 1 | 3,50613 | 10,0073 | 0,9022 |
| 2 | 0,4816 | 1,8763 | 2,8442 |
| 3 | 0,0972 | 1,0352 | 10,8303 |

**3. Выбор и расчет звеньев фильтра.**

Перед расчетом разделим общий коэффициент усиления, требуемый от ARCФ, между звеньями .

Для расчета звеньев необходимы значения верхней граничной частоты и полиномиальных коэффициентов.

Обобщенное выражение передаточных характеристики звеньев ФНЧ второго порядка имеют вид: .

Для первого звена возьмем звено ФНЧ второго порядка на повторителе. Оно содержит минимальное количество элементов.

Выбираем номинальное значение емкости , близкое к значению , получим

0.0133 мкФ. При этом значении , подбираем , согласно условию

получим 0.00398 мкФ.

Конденсаторы для этих номиналов подобраны следующие

для  - К10-17а-М47-13000пФ5%, для - К10-17а- П33-3900пФ5%.

Теперь рассчитаем значения сопротивлений для первого звена.

, .

Получим следующие приблизительные значения

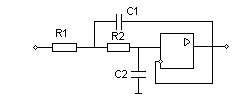
. Резисторы для этих значений подобраны следующие

для - С2-29В-0.125-104кОм1%А, для - С2-29В-75кОм%А.

Для исключения влияния параметров реального ОУ на АЧХ, выбирая ОУ, исходим из следующих требований:- частота единичного усиления, величина резисторов во входных цепях должна быть существенно меньше входного сопротивления ОУ, а в выходных не менее допустимой величины нагрузки ОУ.

Поэтому подобран ОУ – 140УД6А

Схема звена ФНЧ на повторителе имеет вид



Передаточная характеристика для звена на повторителе имеет следующий вид

.

Для второго и третьего звеньев возьмем порядка с многопетлевой ООС. Это звено обеспечивает усиление сигнала. Этому выбору способствовали значения следующих соотношений для этих двух звеньев

Поскольку в этом звене на операционном усилителе инверторный вход, то коэффициенты усиления на нулевой частоте отрицательны.



Итак, для второго звена значение =0.0133 мкФ. По таблице номинальных значений возьмем следующий конденсатор со следующим номинальным значением

К10-17а-М47-13000пФ5%.

Такой же конденсатор для  возьмем и для третьего звена.

Далее , по таблице номинальных значений подберем следующий конденсатор со следующим номинальным значением

К10-17а-П33-130пФ5%.

Аналогично вычисляя для второго звена, получим , и, подобрав конденсатор по справочнику, возьмем следующий со следующим номинальным значением

К10-17а-П33-5.1пФ5%.

Теперь рассчитаем значения сопротивлений для резисторов первого и второго звеньев по следующим формулам

,

**,**

.

Получим следующие приблизительные значения сопротивлений для второго звена

.

Подобрав по справочнику возьмем следующие резисторы со следующими номинальными значениями:

для - С2-29В-0.125-162кОм1%А, для - С2-29В-0.125-324кОм%А,

для - C2-29В-0.125-0,149МОм1%А.

Проведя аналогичный расчет для третьего звена, получим следующие приблизительные значения

.

Однако с такими значениями невозможно подобрать резисторы для реализации звена.

Поэтому уменьшаем каждое из значений сопротивлений в десять раз.

Далее, подобрав по справочнику, возьмем следующие резисторы со следующими номинальными значениями:

для - С2-29В-0.125-2.43кОм1%А, для - С2-29В-0.125-9.76кОм%А,

для - C2-29В-0.25-2.84МОм1%А.

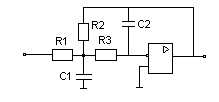
При выборе ОУ необходимо руководствоваться теми же аспектами, что и в случае с первыми двумя звеньями.

Таким образом, для второго и третьего звеньев подходит ОУ 140УД6А.

Передаточная характеристика звена с многопетлевой ООС имеет вид

.

Схема звена имеет вид



АЧХ звеньев в зависимости от , где , имеют вид

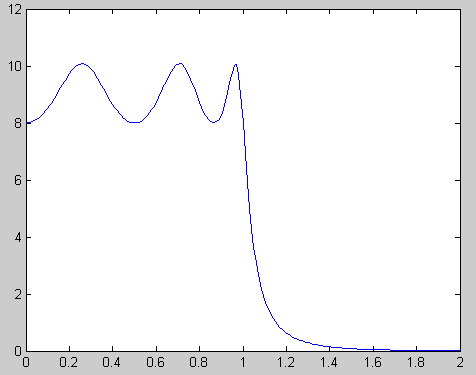
,

,

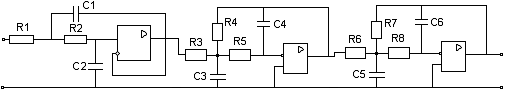


АЧХ всего фильтра имеет вид произведения АЧХ каждого из звеньев k=k1\*k2\*k3.

Ниже представлен график этой зависимости



Итак, схема активного фильтра нижних частот имеет вид



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Перв. примен. |  | Поз. | | Наименование | | | | | | Кол. | | | Примеч. | |
|  | | Конденсаторы | | | | | |  | | |  | |
| С1,С3,С5 | | К10-17а-M47-13000пФ±5%ОЖО.460.107 | | | | | | 3 | | |  | |
| С2 | | К10-17а-П33-3900пФ±5% ОЖО.460.107 | | | | | | 1 | | |  | |
| С4 | | К10-17а-П33-130пФ±5% ОЖО.460.107 | | | | | |  | | |  | |
| С6 | | К10-17а-П33-5.1пФ±5% ОЖО.460.107 | | | | | |  | | |  | |
| Справ. №№ |  |  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  | | **Резисторы** | | | | | |  | | |  | |
| R1 | | C2-29B-0.125-104кОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
| R2 | | C2-29B-0.125-75кОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
| R3 | | C2-29B-0.125-162кОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
| R4 | | C2-29B-0.125-324кОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
| R5 | | C2-29B-0.125-0.149МОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
|  | | R6 | | C2-29B-0.125-2.43кОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
| R7 | | C2-29B-0.125-9.76кОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
| R8 | | C2-29B-0.125-2.85МОм±1%А ОЖО.467.099 ТУ | | | | | | 1 | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
| Подп. и дата |  |  | | **Операционные усилители** | | | | | |  | | |  | |
| D1,…,D3 | | K140УД6А ОЖО.435.085 ТУ | | | | | | 3 | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
| Инв.№ дубл. |  |  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
| Взам.инв.№ |  |  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  | |  | | | | | |  | | |  | |
| Подп.и дата |  |  | |  | | | | | |  | | |  | |
|  |  |  |  |  |  | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Инв.№№подл. |  |  | |  |  |  | Активный фильтр нижних частот на операционном усилителе(спецификация) |  | | | | Лист | | Листов |
|  | |  |  |  |  |  | |  | 1 | | 1 |
|  | |  |  |  |  | | | | | | |

**Список литературы:**

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника

M.: Мир, 1982.

1. Резисторы: Справочник . Под ред. Четверткова И. И. и Терехова В. М.

М.:Радио и связь, 1987.

3. Справочник по электрическим конденсаторам. Под ред. Четверткова И. И. и Смирнова В. В.

М.: Радио и связь, 1983.