*федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования*

|  |  |
| --- | --- |
| **Gerb-BMSTU_01** | ***«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»******(МГТУ им. Н. Э. Баумана)*** |

|  |  |
| --- | --- |
| ФАКУЛЬТЕТ | Информатика и системы управления |
|  |  |
| КАФЕДРА | Проектирование и технология производства ЭА |

**ОТЧЕТ ПО КЛАССНОЙ РАБОТЕ №3**

по курсу          Системотехника электронно-вычислительных средств

на тему          Разработка активного фильтра на базе операционного усилителя

Студент В. С. Климачев

 (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Преподаватель Б. В. Артемьев

 (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Москва, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc83927298)

[1. Выбор фильтра 4](#_Toc83927299)

[1.1 Реализация фильтра 4](#_Toc83927300)

[1.2 Усовершенствование фильтра 5](#_Toc83927301)

[2. Моделирование фильтра в Multisim 7](#_Toc83927302)

[2.1 Частотный анализ фильтра 7](#_Toc83927303)

[3.2 Настройка фильтра 8](#_Toc83927304)

[3.3 Моделирование во временной области 9](#_Toc83927305)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 12](#_Toc83927306)

# ВВЕДЕНИЕ

В данной работе будет разработан активный фильтр нижних частот на базе операционного усилителя. Частота среза фильтра составляет 370 Гц. Будет проведено моделирование и исследование работы фильтра в Multisim в частотной и временной области.

# 1. Выбор фильтра

## 1.1 Реализация фильтра

Согласно заданию, необходимо реализовать фильтр с частотой среза 370 Гц. Будем реализовывать активный фильтр нижних частот (ФНЧ) на базе операционного усилителя (ОУ). В качестве фильтра будем использовать фильтр низких частот Чебышева 3-го порядка, принципиальная схема которого изображена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Фильтр Чебышева 3-го порядка на операционном усилителе

В полосе пропускания коэффициенты передачи звена равен 0,5 [1]. Рассчитать компоненты схемы можно приняв, что R1 = R2 = R3 = R4 = R, тогда значения емкостей конденсаторов можно рассчитать по формулам (1 – 3).

$$C\_{1}=m\_{1}C\_{0}, (1)$$

$$C\_{2}=m\_{2}C\_{0}, (2)$$

$$C\_{3}=m\_{3}C\_{0}, (3)$$

Значение расчетной емкости C0 для ФНЧ можно определить исходя из значения сопротивления R и граничной частоты fср по формуле (4)

$$C\_{0}=\frac{1}{2πf\_{ср}R} \left(4\right)$$

Тогда выбрав значение сопротивления R = 10 кОм, для частоты среза соответствующей fср = 370 Гц, рассчитаем значение емкости C0 по формуле (4)

$$C\_{0}=\frac{1}{2π∙370∙1000}=43,04 нФ $$

Для фильтра Чебышева 3-го порядка коэффициенты m1, m2, m3 будут равны соответственно 4,21 5,84 0,16. Определим значения емкостей С1, С2, С3 по формулам (1-3)

$$С\_{1}= 4,21∙43,04 ∙10^{-9}=181,198 нФ $$

$$С\_{2}=5,84∙43,04 ∙10^{-9}=251,353 нФ $$

$$С\_{3}=0,16∙43,04 ∙10^{-9}=6,88 нФ $$

Подберем стандартные значения емкости согласно ряду Е24, C1= 180 нФ, С2 = 270 нФ, С3 = 6,8 нФ.

В качестве операционного усилителя будем использовать микросхему LM358 [2], микросхема содержит в себе сразу два операционных усилителя.

## 1.2 Усовершенствование фильтра

 Первый ОУ можем использовать в качестве фильтра, а второй в качестве инвертирующего усилителя для компенсации просадки АЧХ в полосе пропускания, принципиальная схема которого изображена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Инвертирующий усилитель

Рассчитать значение резисторов R1, R2 можно из формуле (31), задав предварительно желаемый коэффициент усиления. Для нашего случая возьмем коэффициент усиления 2 раза.

$$K\_{u}=-\frac{R\_{2}}{R\_{1}} (31)$$

Тогда приняв, что R2 = 10 кОм, рассчитаем значение R1:

$$R\_{1}=\frac{10^{4}}{2}=5 кОм$$

Чтобы получить такое сопротивление, используя стандартный ряд, можно использовать два параллельных резистора на 10 кОм.

# 2. Моделирование фильтра в Multisim

## 2.1 Частотный анализ фильтра

Рассчитав все необходимые параметры компонентов, соберем модель фильтра на операционном усилителе в Multisim, также добавим на рабочее поле осциллограф и bode blotter для возможности исследования сигнала во временной и частотной областях (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Модель фильтра на операционных усилителях

Посмотрим на АЧХ (рисунок 3.2) и ФЧХ (рисунок 3.3) фильтра. Используя курсоры найдем значение -3дБ и посмотрим при какой частоте наблюдается спад АЧХ.



Рисунок 3.2 – АЧХ фильтра



Рисунок 3.3 – ФЧХ фильтра

Таким образом частота среза получившегося фильтра составляет 407,86 Гц. Это отличается от ожидаемой частоты среза 370 Гц, поэтому необходимо внести поправки в схеме фильтра.

## 3.2 Настройка фильтра

Необходимо уменьшить частоту среза фильтра, для этого нужно увеличить постоянную времени RC цепи. Допустим увеличим сопротивление резистора в первой RC цепочке до 12 кОм. Конечный вид схемы представлен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Исправленная модель фильтра

Запустим моделирование в частотной области и так же найдем точку где спад характеристики составляет -3 дБ (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – АЧХ исправленного фильтра



Рисунок 3.5 – ФЧХ исправленного фильтра

После исправления фильтра, его частота среза составляет 374,577 Гц, что отличается от ожидаемой на 1,237 % и является допустимым отклонением.

## 3.3 Моделирование во временной области

Запустим моделирование во временной области при 3х разных случаях. В первом случае с сигналом на частоте 50 Гц, чтобы он попадал в полосу пропускания фильтра (рисунок 3.5), во втором случае на частоте среза 370 Гц (рисунок 3.6) и в полосе задержания при 1кГц (рисунок 3.7)



Рисунок 3.5 – Результаты моделирования при 50 Гц



Рисунок 3.6 – Результаты моделирования при 370 Гц



Рисунок 3.7 - Результаты моделирования при 1кГц

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Схемотехника аналоговых устройств [Текст] : курс лекций / М-во образования и науки Российской Федерации, Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого ; [авт.-сост. Н. П. Корнышев]. - Великий Новгород : НовГУ, 2011. - 152 с.

 2. https://www.ti.com/product/LM358