

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»

Институт информатики и кибернетики

Кафедра радиотехники

Расчётная работа

”Расчёт параметров универсального активного фильтра”

Вариант 21

Студент: Согонов Е.А.

Преподаватель: Родин Д.В.

Группа: 6364-120304D

Самара 2022

## 1. Задание и исходные данные для расчёта

Рассчитать параметры универсального активного фильтра второго порядка с единичным усилением, построить график амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), и определить наклон АЧХ за пределами полосы пропускания. Тип частотной характеристики фильтра: полосовой фильтр.

Для полосового фильтра:

Нижняя граничная частота по уровню  $-3\text{дБ}$ :  $f_1 = 33 \text{ кГц}$

Верхняя граничная частота по уровню  $-3\text{дБ}$ :  $f_2 = 35.1 \text{ кГц}$

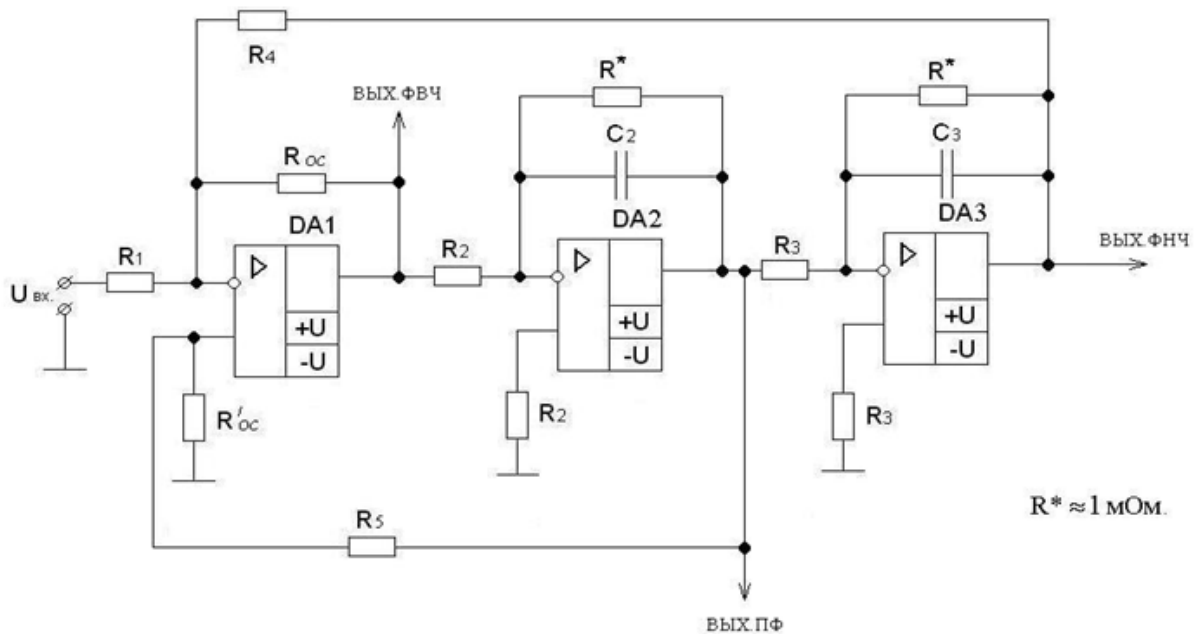


Рисунок 1 – Схема для расчета

1. Необходимо рассчитать значения сопротивлений резисторов и ёмкостей конденсаторов для схемы, показанной на рисунке 1.

2. Произвести расчёт графика амплитудно-частотной характеристики требуемого фильтра и построить график АЧХ в диапазоне частот, выходящем за пределы полосы пропускания на одну октаву. Для полосового фильтра (ПФ) диапазон частот: от  $0.5 \cdot f_{3\text{дБ}}$  до  $2 \cdot f_{3\text{дБ}}$

3. По графику АЧХ определить наклон АЧХ за пределами полосы пропускания: для ПФ – на участках  $0.5 \cdot f_1 \dots f_1$  и  $f_2 \dots 2 \cdot f_2$

## 2. Расчет

Дальнейшие вычисления были проведены в пакете Mathcad.

## РАСЧЁТ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА

Номер варианта  $N = 21$

1. Нижняя граничная частота по уровню  $-3\text{дБ}$ :

$$f_1 = (12 + N) \cdot 10^3 = 33 \times 10^3 \text{ Гц}$$

2. Верхняя граничная частота по уровню  $-3\text{дБ}$ :

$$f_2 = f_1 + 0.1N \cdot 10^3 = 35.1 \times 10^3 \text{ Гц}$$

3. Средняя частота полосы пропускания:

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = 34.034 \times 10^3 \text{ Гц}$$

4. Добротность:

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = 16.207$$

5. Значение коэффициента " $\alpha$ ":

$$\alpha = \frac{1}{Q} = 0.062$$

6. Принимаем значения ёмкостей конденсаторов равными друг другу:

$$C_1 = C_2 = C$$

$$C = 3 \times 10^{-9} \text{ Ф}$$

7. Сопротивления всех резисторов (кроме резистора  $R_5$ ) принимаем равными друг другу:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_{\text{oc}} = R'_{\text{oc}} = R$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} = 1.559 \times 10^3 \text{ Ом}$$

$$R_5 = R \cdot (3Q - 1) = 74.229 \times 10^3 \text{ Ом}$$

8. Расчёт графика АЧХ произвести следующим образом:

$$K_{\text{ПФ}}(\omega) = \frac{K_{\text{ФВЧ}}(\omega)}{(\omega \cdot \tau)}, \text{ где } K_{\text{ФВЧ}} \text{ определяется по формуле}$$

$$K_{\text{ФВЧ}}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{1}{\omega^2 \cdot \tau^2}\right)^2 + \left(\frac{\alpha}{\omega \cdot \tau}\right)^2}}$$

где  $\omega$  - текущее значение угловой частоты  $\omega = 2\pi f$ ;

$\tau = RC$  - постоянная времени фрагментов (первого порядка) фильтра

$$K_{\text{ПФ}}(\omega) = \frac{K_{\text{ФВЧ}}(\omega)}{\omega \cdot \tau}$$

$$K_{\Pi\Phi}(\omega) \rightarrow \frac{2.1384071 \times 10^5}{\omega \cdot \sqrt{\left( \frac{4.5727851 \times 10^{10}}{\omega^2} - 1 \right)^2 + \frac{1.7409982 \times 10^8}{\omega^2}}}$$

9. Определение наклона амплитудно-частотной характеристики за пределами полосы пропускания.

Для полосового фильтра наклон следует определить как для низкочастотного спада АЧХ, так и для высокочастотного спада.

Для низкочастотного спада АЧХ следует взять два значения модуля коэффициента передачи фильтра для частот  $0,5 \cdot f_1$  и  $f_1$ .

Обозначим их  $K_{131}$  и  $K_{231}$ . Тогда искомый наклон на октаву равен:

$$20 \log \left( \frac{K_{231}}{K_{131}} \right)$$

Для высокочастотного спада АЧХ следует взять два значения модуля коэффициента передачи фильтра для частот  $f_2$  и  $2 \cdot f_2$ .

Обозначим их  $K_{132}$  и  $K_{232}$ . Тогда искомый наклон на октаву равен:

$$20 \log \left( \frac{K_{232}}{K_{132}} \right)$$

$$\omega_1 = 2\pi \cdot 0.5 f_1 = 1.037 \times 10^5$$

$$\omega_3 = 2\pi \cdot f_2 = 2.205 \times 10^5$$

$$\omega_2 = 2\pi \cdot f_1 = 2.073 \times 10^5$$

$$\omega_4 = 2\pi \cdot 2f_2 = 4.411 \times 10^5$$

$$K_{131} = K_{\Pi\Phi}(\omega_1) = 0.633$$

$$K_{132} = K_{\Pi\Phi}(\omega_3) = 11.46$$

$$K_{231} = K_{\Pi\Phi}(\omega_2) = 11.46$$

$$K_{232} = K_{\Pi\Phi}(\omega_4) = 0.633$$

$$\text{Наклонслева} = 20 \log \left( \frac{K_{231}}{K_{131}} \right) = 25.15144$$

$$\text{Наклонсправа} = -20 \log \left( \frac{K_{132}}{K_{232}} \right) = -25.15144$$

По полученным данным в программе Graph были построен график АЧХ(рисунки 2). Хорошо видно, что наклон составляет именно 25.141дБ/октаву, как слева, так и справа.

Это можно легко проверить, прологарифмировав коэффициент передачи для каждой из частот.

$$K_{131} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_1)) = -3.968$$

$$K_{132} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_3)) = 21.184$$

$$K_{231} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_2)) = 21.184$$

$$K_{232} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_4)) = -3.968$$

Подъем от -3.968 до 21.184 слева и такой же спад справа составляют 25.141 дБ/октаву



Рисунок 2 – АЧХ, построенная по передаточной функции в программе Graph

Рассчитанная схема была собрана в пакете Orcad (рисунок 4), и там же была построена АЧХ фильтра(рисунок 3).

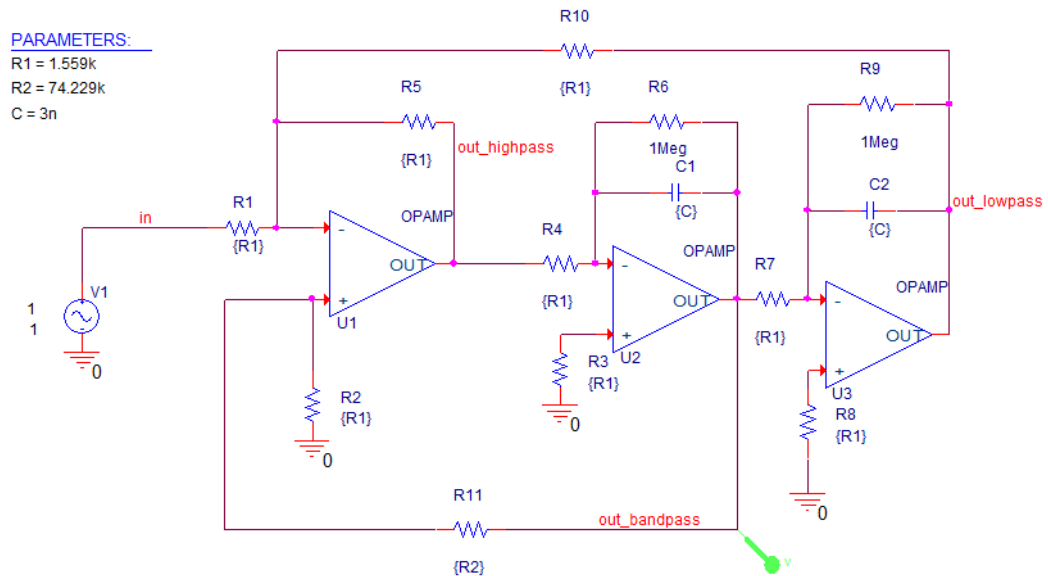


Рисунок 3 – Схема фильтра, собранная в пакете Orcad

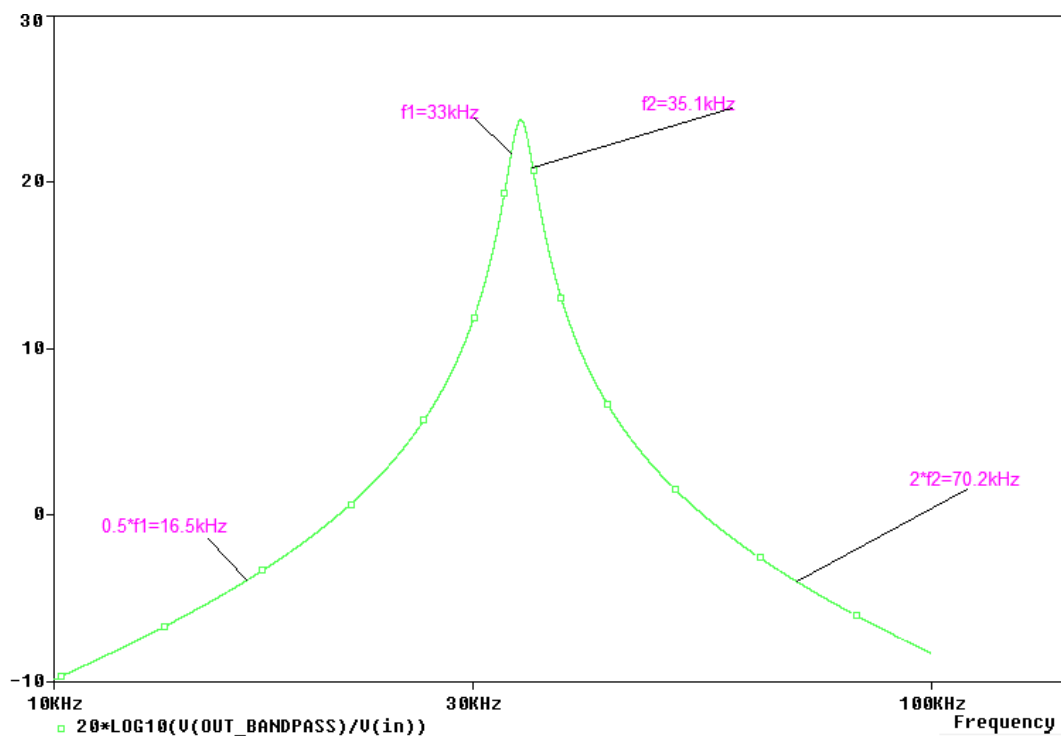


Рисунок 4 – АЧХ, построенная в пакете Orcad

Таким образом, результаты расчета и симуляции схемы полностью совпадают.