

РАСЧЁТ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА

Номер варианта $N = 18$

1. Нижняя граничная частота по уровню -3дБ :

$$f_1 = (12 + N) \cdot 10^3 = 30 \times 10^3 \text{ Гц}$$

2. Верхняя граничная частота по уровню -3дБ :

$$f_2 = f_1 + 0.1N \cdot 10^3 = 31.8 \times 10^3 \text{ Гц}$$

3. Средняя частота полосы пропускания:

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = 3.089 \times 10^4 \text{ Гц}$$

4. Добротность:

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = 17.159$$

5. Значение коэффициента " α ":

$$\alpha = \frac{1}{Q} = 0.058$$

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:

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

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} = 1.718 \times 10^3 \text{ Ом}$$

$$R_5 = R \cdot (3Q - 1) = 86.702 \times 10^3 \text{ Ом}$$

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

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

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

$$K_{\Pi\Phi}(\omega) \rightarrow \frac{1.9406806 \times 10^5}{\omega \cdot \sqrt{\left(\frac{3.766241 \times 10^{10}}{\omega^2} - 1\right)^2 + \frac{1.2791007 \times 10^8}{\omega^2}}}$$

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:

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

$$\omega_1 = 2\pi \cdot 0.5 f_1 = 9.425 \times 10^4$$

$$\omega_3 = 2\pi \cdot f_2 = 1.998 \times 10^5$$

$$\omega_2 = 2\pi \cdot f_1 = 1.885 \times 10^5$$

$$\omega_4 = 2\pi \cdot 2f_2 = 3.996 \times 10^5$$

$$K_{131} = K_{\Pi\Phi}(\omega_1) = 0.635$$

$$K_{132} = K_{\Pi\Phi}(\omega_3) = 12.134$$

$$K_{231} = K_{\Pi\Phi}(\omega_2) = 12.134$$

$$K_{232} = K_{\Pi\Phi}(\omega_4) = 0.635$$

$$\text{Наклонслева} = 20 \log \left(\frac{K_{231}}{K_{131}} \right) = 25.62293$$

$$\text{Наклонсправа} = -20 \log \left(\frac{K_{132}}{K_{232}} \right) = -25.62293$$

По полученным данным в программе Graph были построен график АЧХ(рисунк 2). Хорошо видно, что наклон составляет именно 25.623дБ/октаву, как слева, так и справа.

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

$$K_{131} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_1)) = -3.943$$

$$K_{132} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_3)) = 21.68$$

$$K_{231} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_2)) = 21.68$$

$$K_{232} = 20 \cdot \log(K_{\Pi\Phi}(\omega_4)) = -3.943$$

Подъем от -3.943 до 21.68 слева и такой же спад справа составляют 25.623 дБ/октаву