

Курсовая работа по РТЦИС 3 часть

Столяров С.А. гр. 14-302

1. Расчет параметров фильтров.

$$F_{\max} := 3.529 \text{ кГц} \quad F_{\min} := 1.564 \text{ кГц}$$

$$S_1 := 0.792 \text{ В}\cdot\text{мс} \quad S_2 := 0.155 \text{ В}\cdot\text{мс}$$

$$F_{\text{ц}} := \frac{F_{\min} + F_{\max}}{2} = 2.546 \text{ кГц} \quad \Delta F := F_{\max} - F_{\min} = 1.965 \text{ кГц}$$

$$K_{\text{вв}} := \frac{S_1}{S_2} = 5.11$$

Для реального фильтра найдем ω_0 , Q , K_0 , нули и полюсы.

$$\omega_0 := 2\pi \cdot F_{\text{ц}} = 16 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$Q := \frac{F_{\text{ц}}}{\Delta F} = 1.296$$

Так как $Q = \frac{\omega_0}{2\alpha}$, получаем:

$$\alpha := \frac{\omega_0}{2Q} = 6.173$$

$$\beta := \sqrt{(\omega_0)^2 - (\alpha)^2} = 14.761 \quad p_1 := -\alpha + j\cdot\beta \quad p_2 := -\alpha - j\cdot\beta$$

ЧХ будет обращаться в ноль, если $p=0$

По заданию K_0 должен быть таким, чтобы ЧХ фильтра на резонансной частоте

было равно K . Для этого решим уравнение $K = \frac{K_0 \cdot j \cdot \omega_0}{(j \cdot \omega_0)^2 + 2\alpha \cdot j \omega_0 + \omega_0^2}$

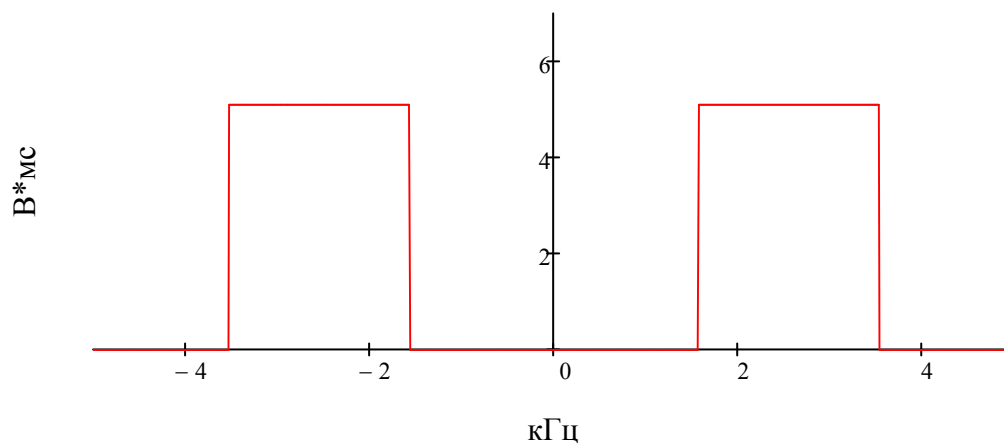
относительно K_0

$$K_0 := 2\alpha \cdot K = 63.086$$

2. ЧХ и ИХ идеального фильтра.

$$H(f) := \begin{cases} K & \text{if } F_{\min} \leq |f| \leq F_{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ЧХ идеального фильтра



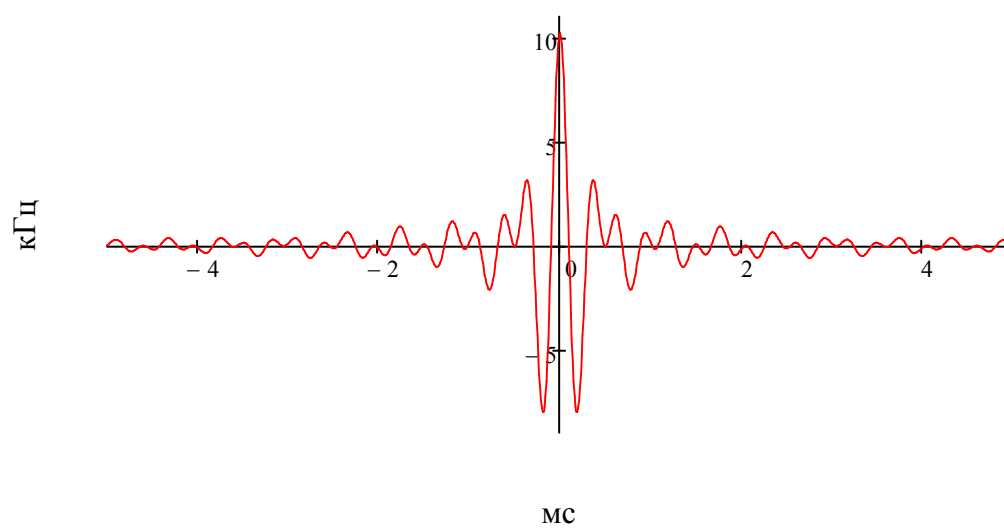
Чтобы получить ИХ надо взять обратное преобразование фурье от ЧХ. Пользуясь свойствами ПФ получим:

$$h(t) := K \cdot \text{sinc}(\pi \cdot \Delta F \cdot t) \left(e^{j \cdot 2\pi F_{\text{ц}} \cdot t} + e^{-j \cdot 2\pi F_{\text{ц}} \cdot t} \right)$$

Применив формулу эйлера для 2-х экспонент получим:

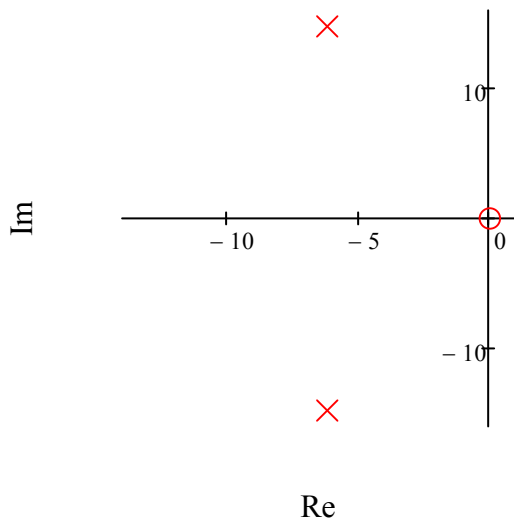
$$h(t) := K \cdot \text{sinc}(\pi \cdot \Delta F \cdot t) \cdot 2 \cdot \cos(2\pi F_{\text{ц}} \cdot t)$$

ИХ идеального фильтра



3. Реальный фильтр.

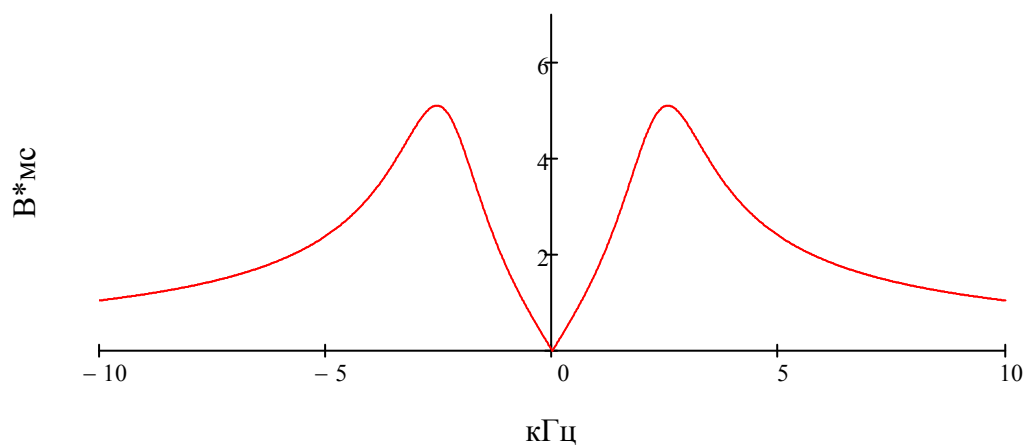
По данным, полученным в 1 пункте построим диаграмму нулей и полюсов:



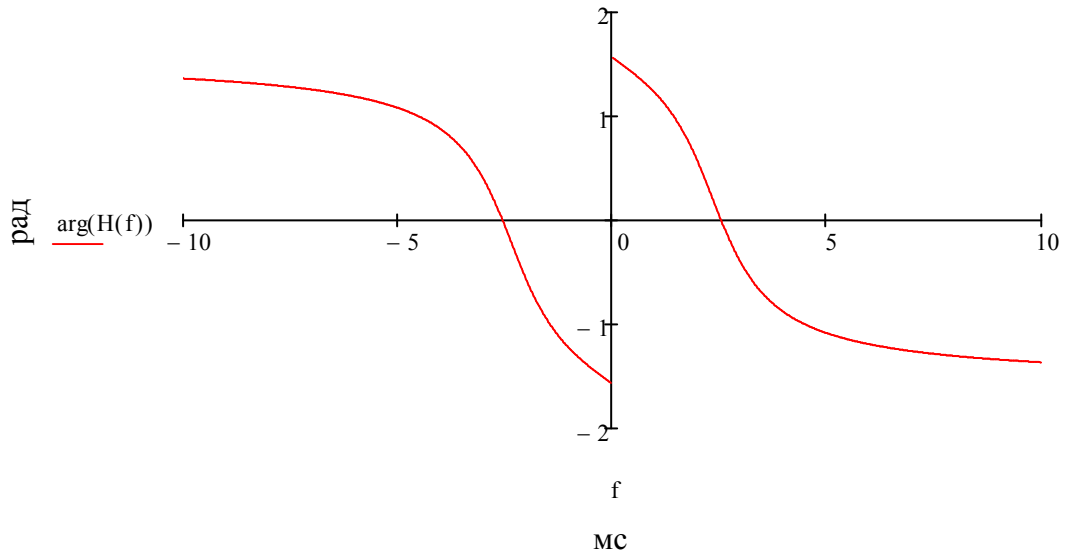
Для того чтобы найти аналитическое выражение ЧХ реального фильтра, нужно вместо $j\omega$ в его системную функцию подставить $j2\pi f$

$$H(f) := \frac{K_0 \cdot j \cdot 2\pi \cdot f}{-(2\pi \cdot f)^2 + 2\alpha \cdot j(2\pi \cdot f) + \omega_0^2}$$

Амплитудная ЧХ реального фильтра



Фазовая ЧХ реального фильтра



Для получения ИХ реального фильтра нужно выполнить обратное преобразование лапласа от системной функции.

Разложим СФ на элементарные дроби: $\underline{H}(p) := \frac{K_0 \cdot p}{(p - p_1)(p - p_2)} =$

$$\frac{C}{p - p_1} + \frac{C^*}{p - p_2},$$

где $C = [H(p) \cdot (p - p_1)]_{p=p_1}$

$$C := K_0 \cdot \frac{-\alpha + j \cdot \beta}{-\alpha + j \cdot \beta + \alpha + j \cdot \beta}$$

Приведем подобные и домножим на комплексно сопряженное знаменателю.

$$\underline{C} := K_0 \cdot \left(\frac{1}{2} + j \cdot \frac{\alpha}{2\beta} \right)$$

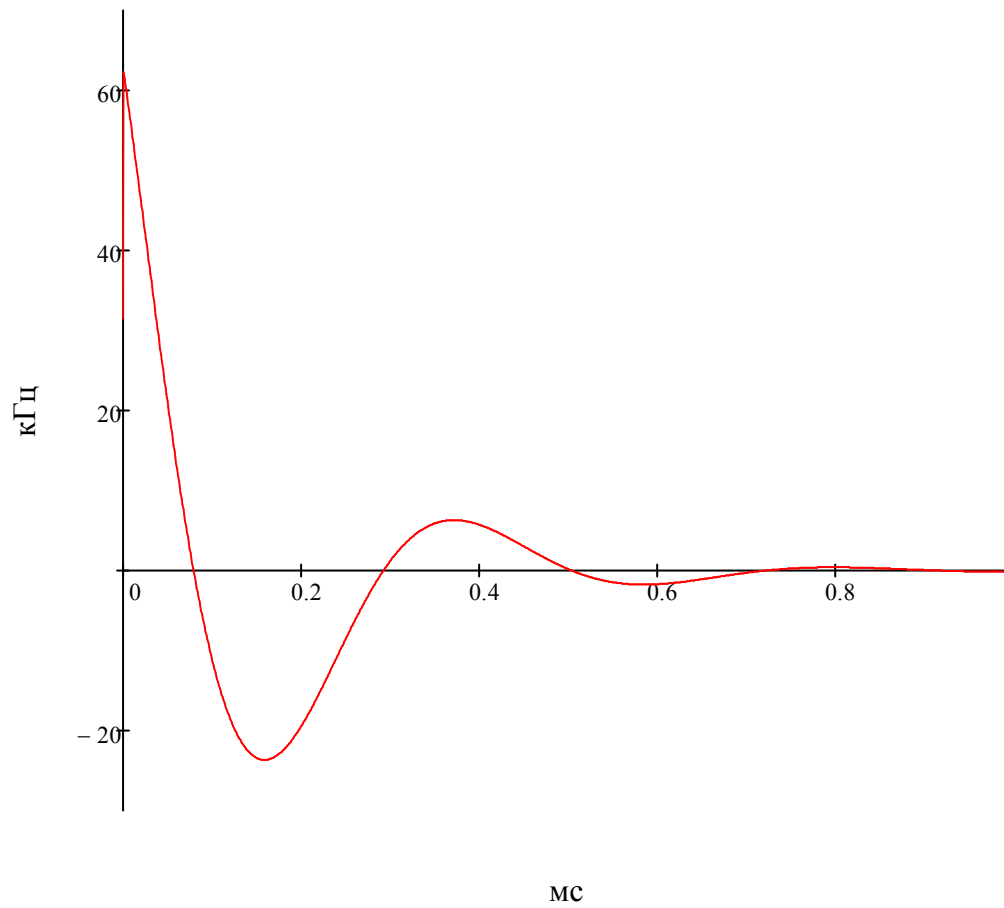
$$\underline{H}(p) := K_0 \cdot \frac{\frac{1}{2} + j \cdot \frac{\alpha}{2\beta}}{p - p_1} + K_0 \cdot \frac{\frac{1}{2} - j \cdot \frac{\alpha}{2\beta}}{p - p_2}$$

$$\underline{h}(t) := \left[K_0 \cdot \left(\frac{1}{2} + j \cdot \frac{\alpha}{2\beta} \right) \cdot e^{(-\alpha + j \cdot \beta)t} + K_0 \cdot \left(\frac{1}{2} - j \cdot \frac{\alpha}{2\beta} \right) \cdot e^{(-\alpha - j \cdot \beta)t} \right] \cdot \Phi(t)$$

$$\underline{h}(t) := \frac{K_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t}}{2} \cdot \left[\left(e^{j \cdot \beta \cdot t} + e^{-j \cdot \beta \cdot t} \right) + \frac{j \cdot \alpha}{\beta} \cdot \left(e^{j \cdot \beta \cdot t} - e^{-j \cdot \beta \cdot t} \right) \right] \cdot \Phi(t)$$

$$h(t) := K_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t} \cdot \left(\cos(\beta \cdot t) - \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sin(\beta \cdot t) \right) \cdot \Phi(t)$$

ИХ реального фильтра

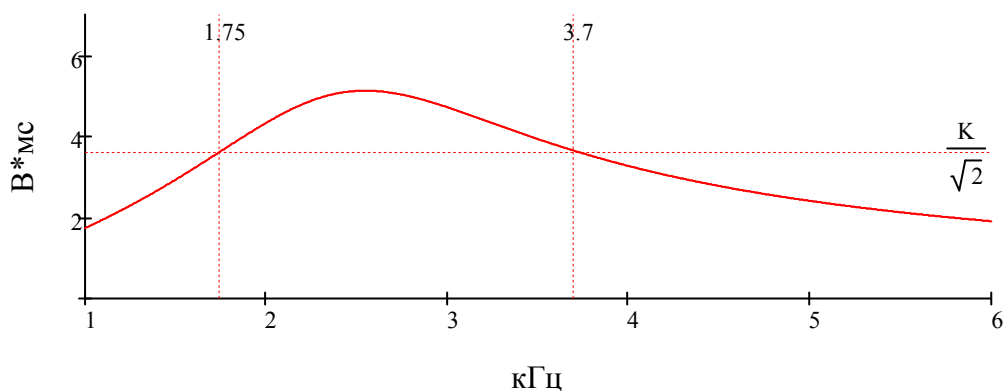


4. Сравнение характеристик идеального и реального ППФ.

У обоих фильтров одинаковая центральная частота. Также на этой частоте значения ЧХ совпадают. Как видно из графика АЧХ реального вильтра его полоса пропускания примерно равна 1,95 кГц, а идеального 1,965 кГц. Приняв во внимание погрешность определения ΔF можно сказать, что полосы пропускания идеального и реального фильтров равны.

$$H(f) := \frac{K_0 \cdot j \cdot 2\pi \cdot f}{-(2\pi \cdot f)^2 + 2\alpha \cdot j(2\pi \cdot f) + \omega_0^2}$$

Амплитудная ЧХ реального фильтра



Импульсная характеристика реального ППФ затухает значительно быстрее, чем у идеального. Это связано с тем, что выбрана широкая полоса пропускания фильтра, следовательно добротность колебательного контура должна быть мала. Амплитуда ИХ реального фильтра значительно больше, чем у ИХ идеального

