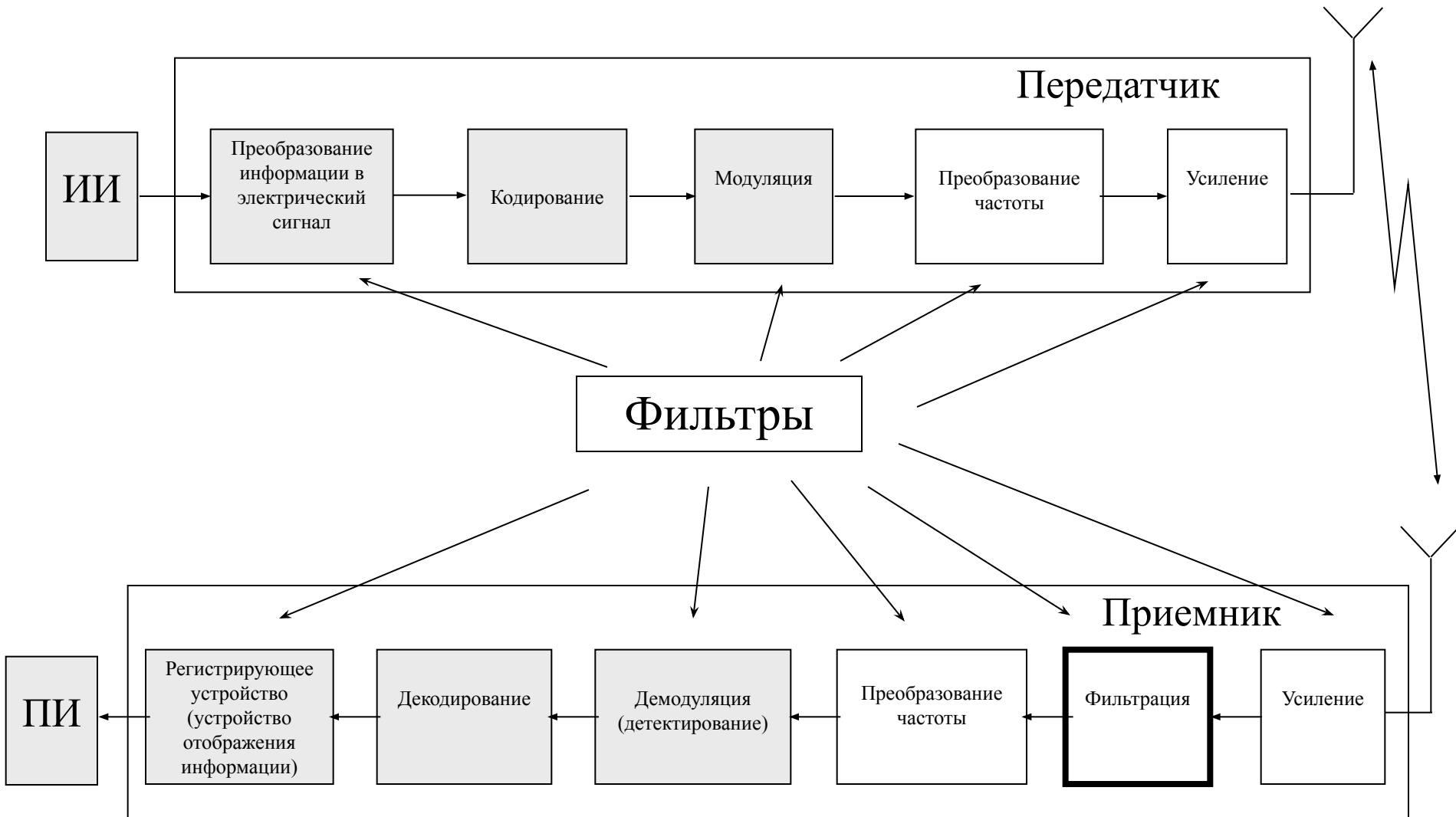


Электрические фильтры

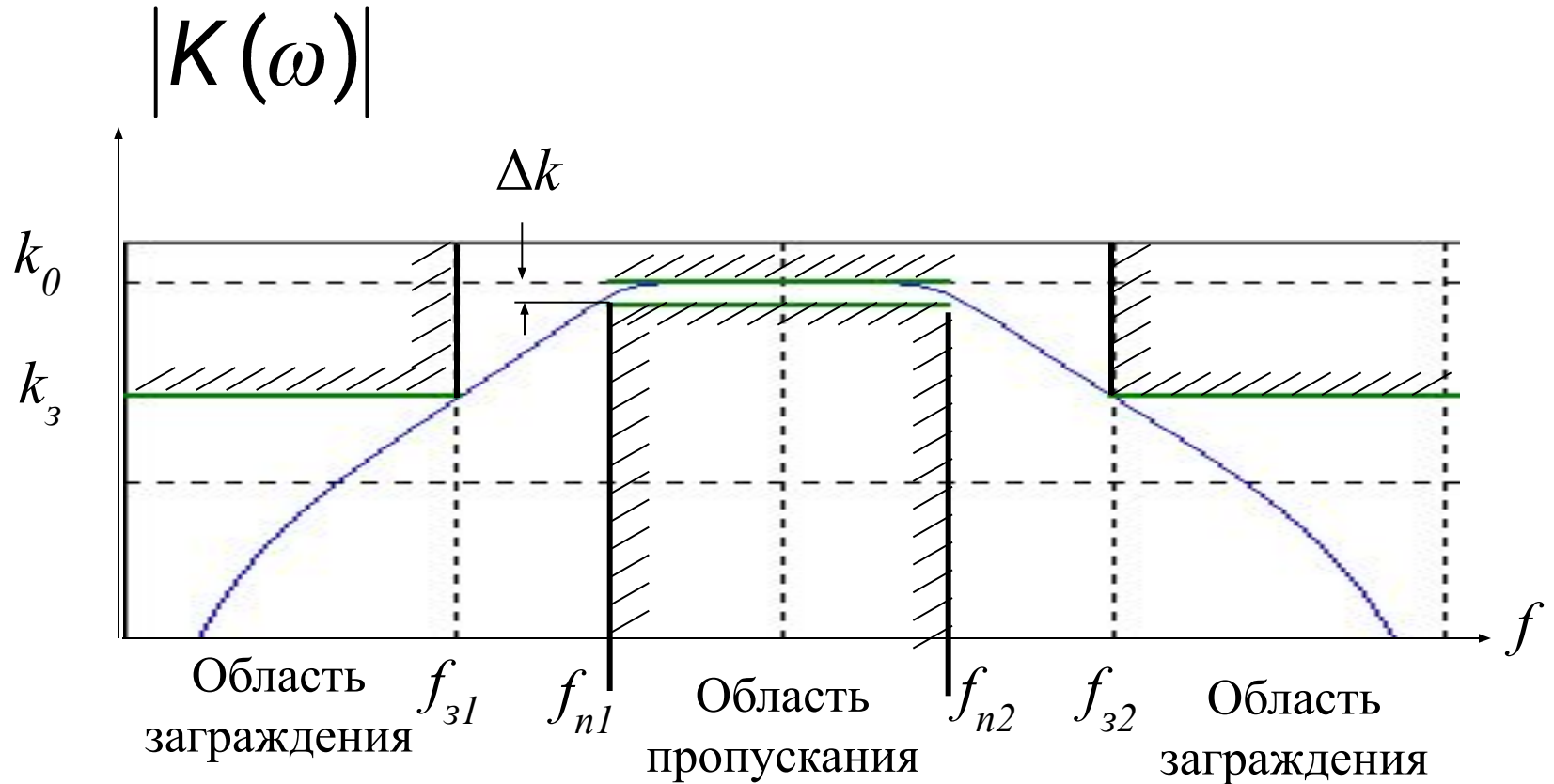
Фильтры -

частотно-избирательные устройства, пропускающие без искажения (или с минимальными искажениями) сигналы в определенной части спектра (и не пропускающие в остальной)

Области применения фильтров



Основные характеристики фильтров



Основные типы фильтров

ФНЧ - фильтр нижних частот

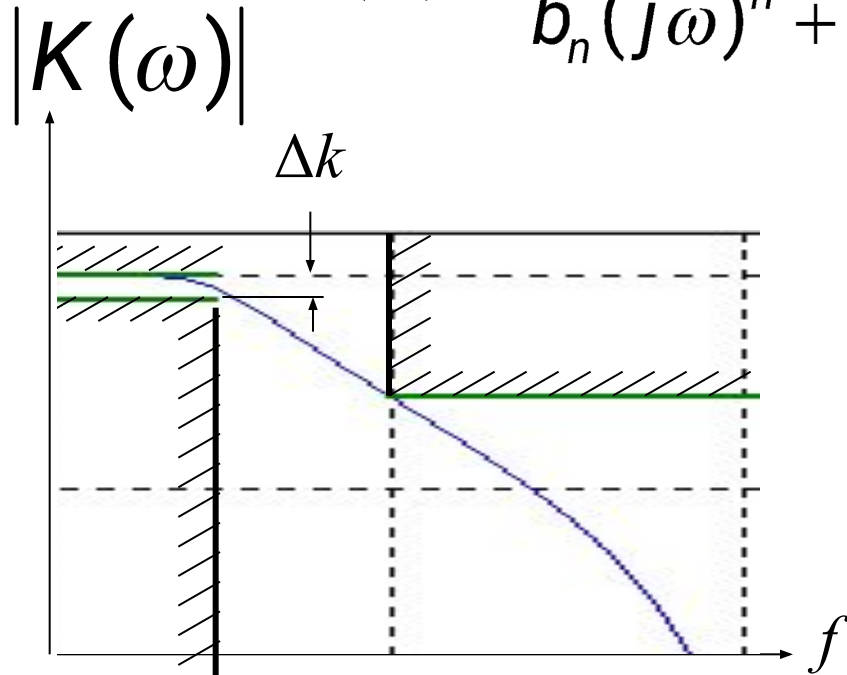
ФВЧ - фильтр верхних частот

ППФ - полосно-пропускающий фильтр

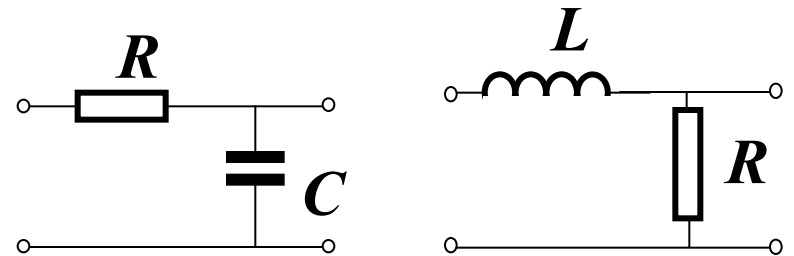
ПЗФ - полосно-заграждающий фильтр

Фильтры нижних частот

$$K(\omega) = \frac{k_0}{b_n(j\omega)^n + b_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + b_1(j\omega) + 1}$$



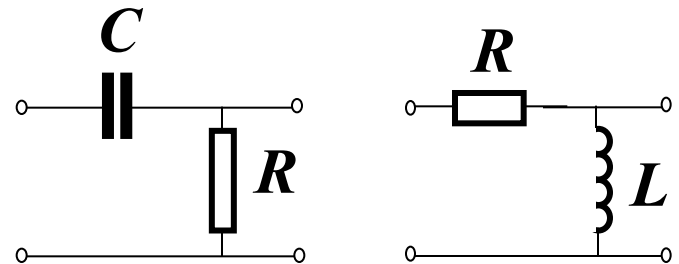
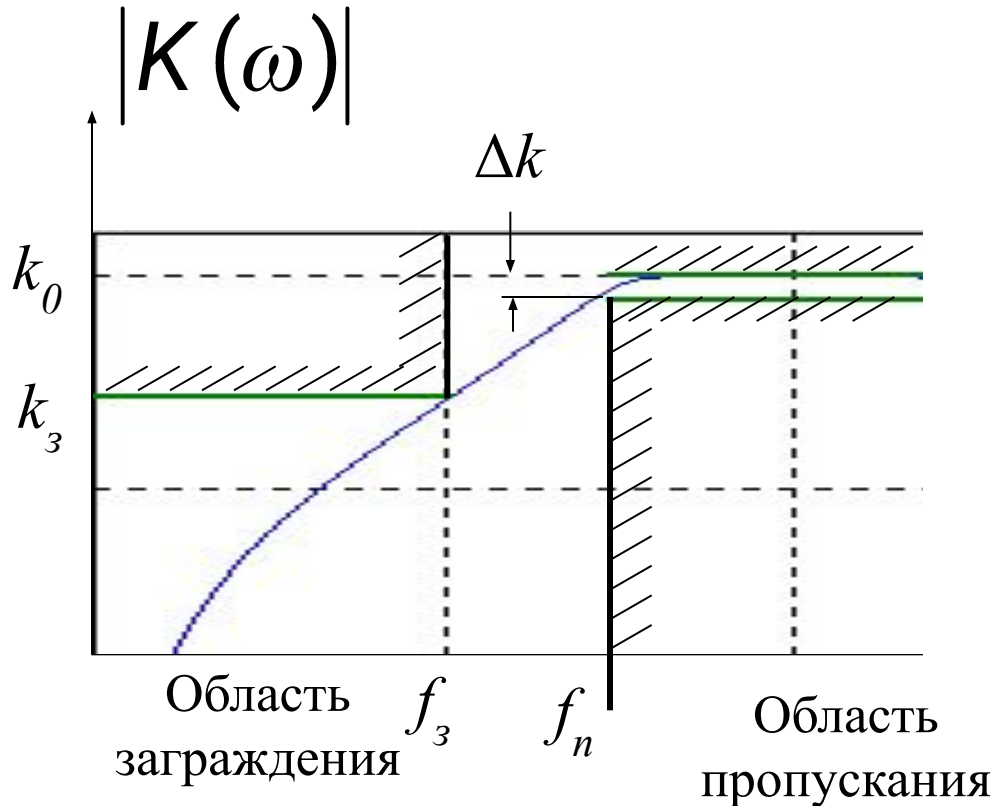
Область пропускания f_n f_3 Область заграждения



$$K(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega\tau}$$

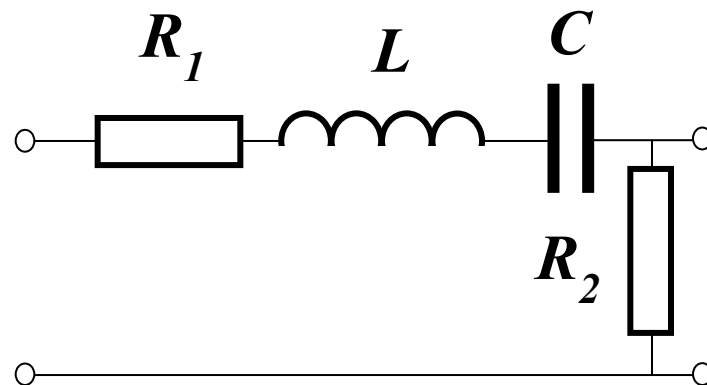
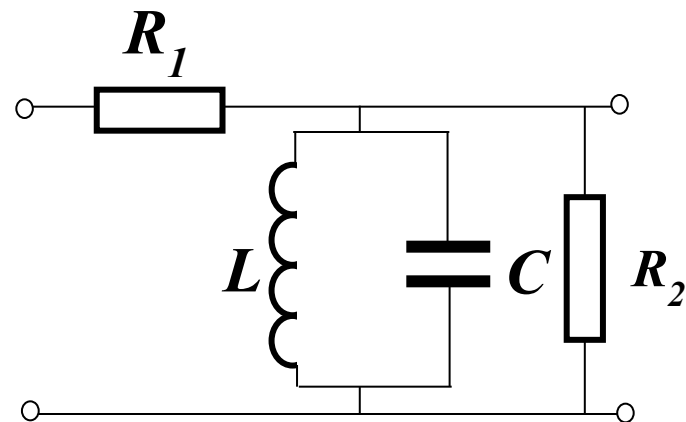
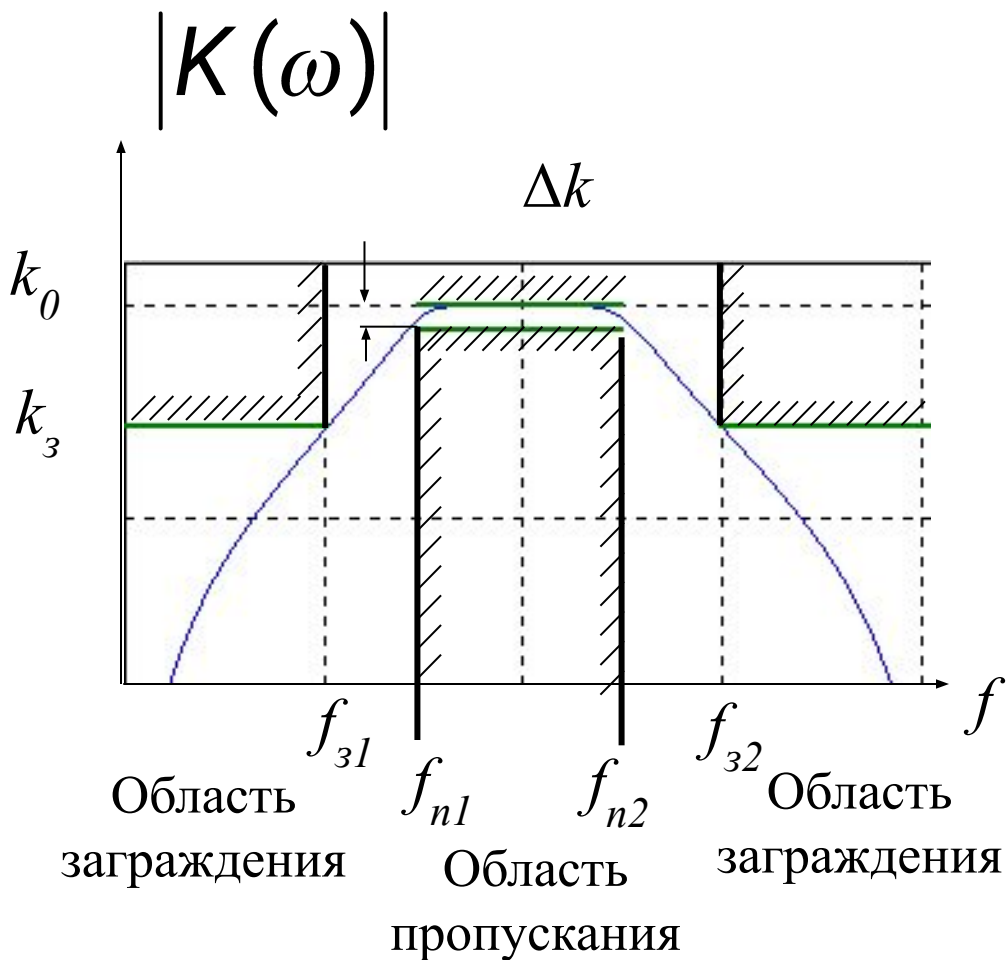
Фильтры верхних частот

$$K(\omega) = \frac{k_0(j\omega)^n}{(j\omega)^n + b_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + b_1(j\omega) + b_0}$$



$$K(\omega) = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}$$

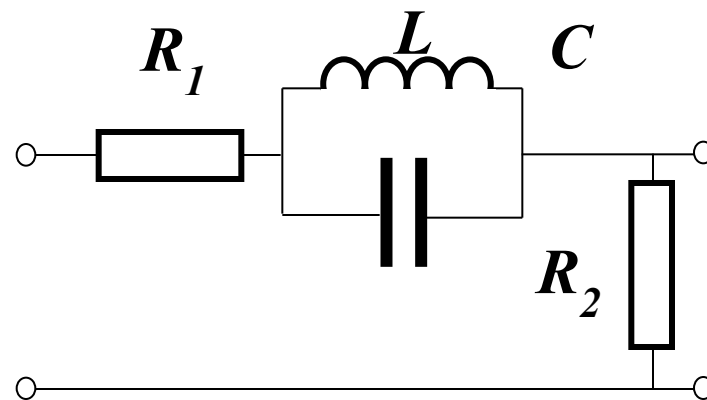
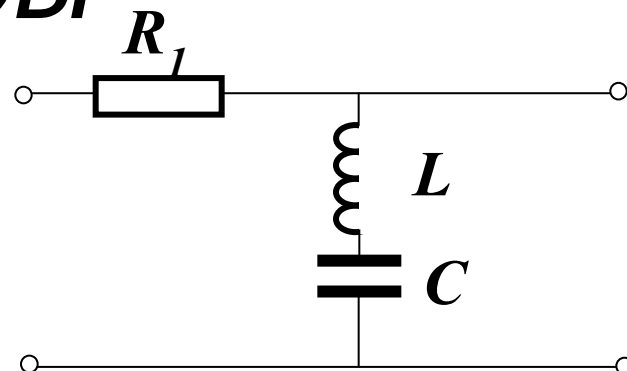
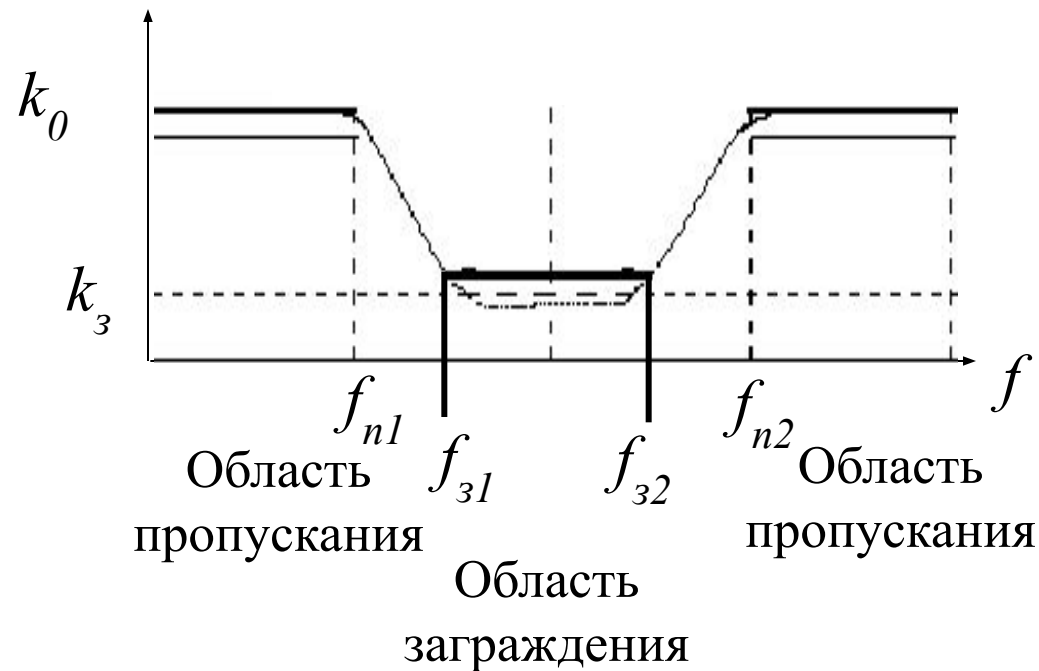
Полосно-пропускающие фильтры



$$K(\omega) = \frac{k_0}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

Полосно-заграждающие фильтры

$|K(\omega)|$



$$K(\omega) = \frac{k_{\infty} jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

Основные характеристики фильтров

$$\bar{K}(\omega) = \frac{K(\omega)}{k_0} \quad \text{- нормированный коэффициент передачи} \quad |\bar{K}(\omega)| \leq 1$$

$$L(\omega) = \frac{1}{\bar{K}(\omega)} \quad \text{- затухание} \quad |L(\omega)| \geq 1$$

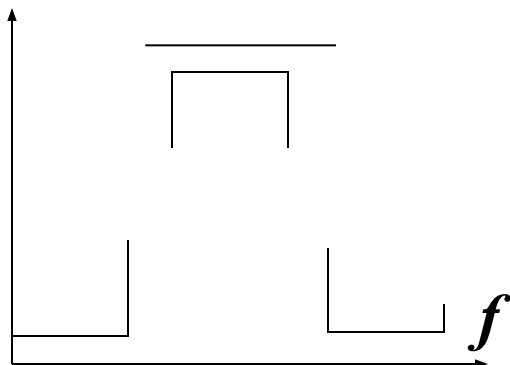
$$k_{пр} = \frac{f_{з2} - f_{з1}}{f_{п2} - f_{п1}} \quad \text{- коэффициент прямоугольности}$$

$$k_{изб} = \sqrt{\frac{L_з - 1}{L_п - 1}} \quad \text{- коэффициент}$$
$$\left(L_п = \frac{k_0}{k_0 - |\Delta k|} \right)$$

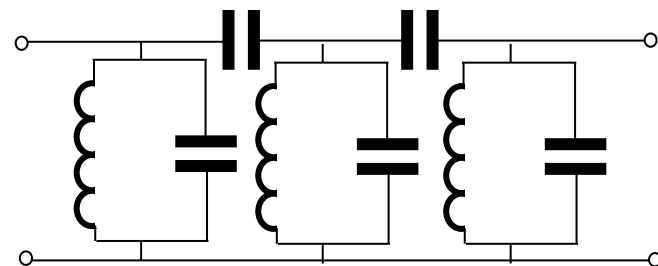
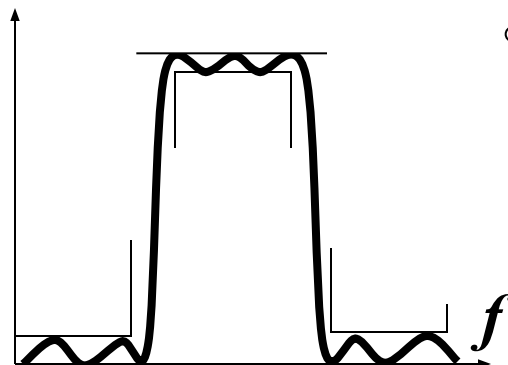
Этапы проектирования фильтров



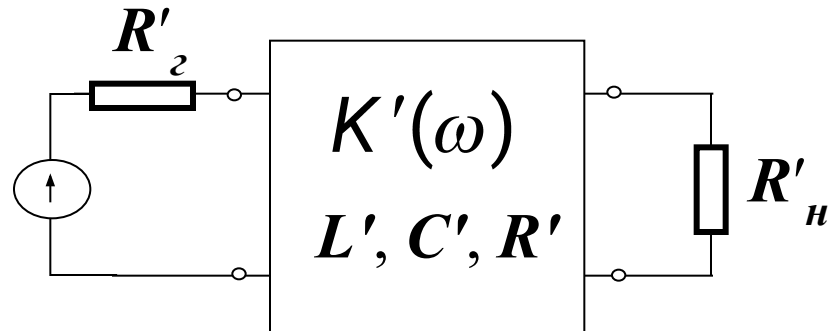
$|K(f)|$



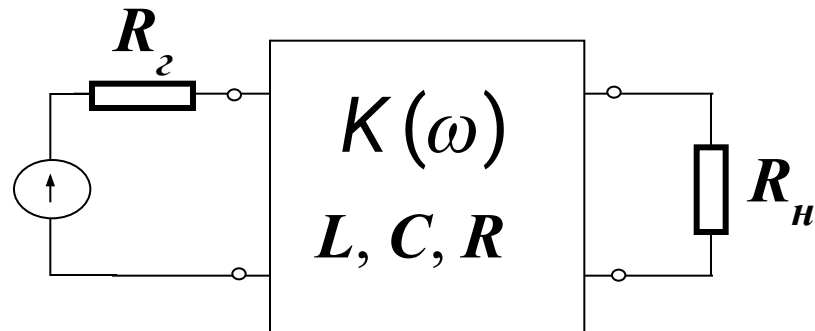
$|K(f)|$



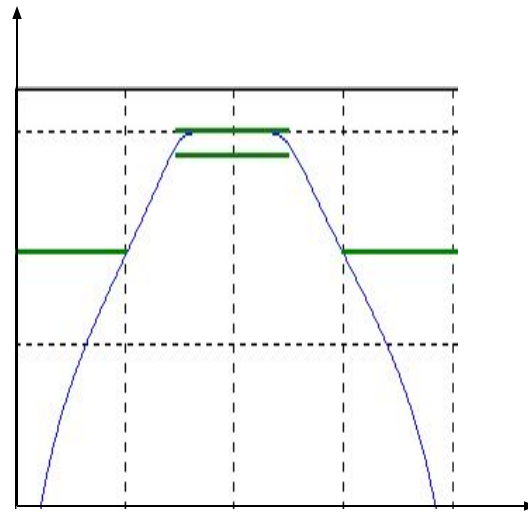
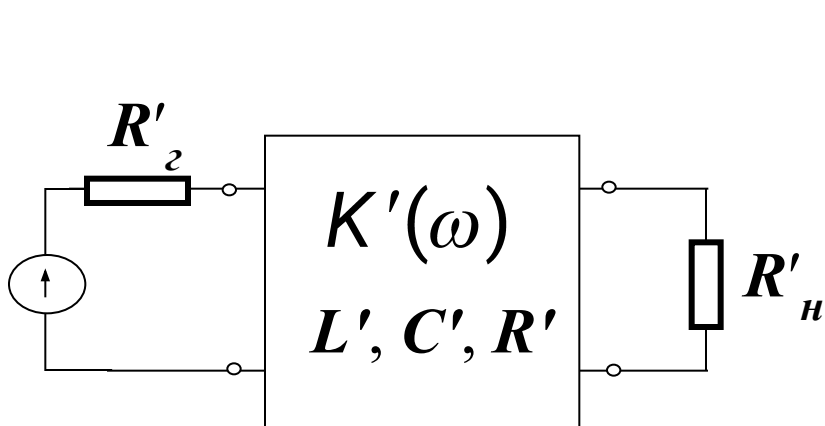
Нормировка сопротивлений



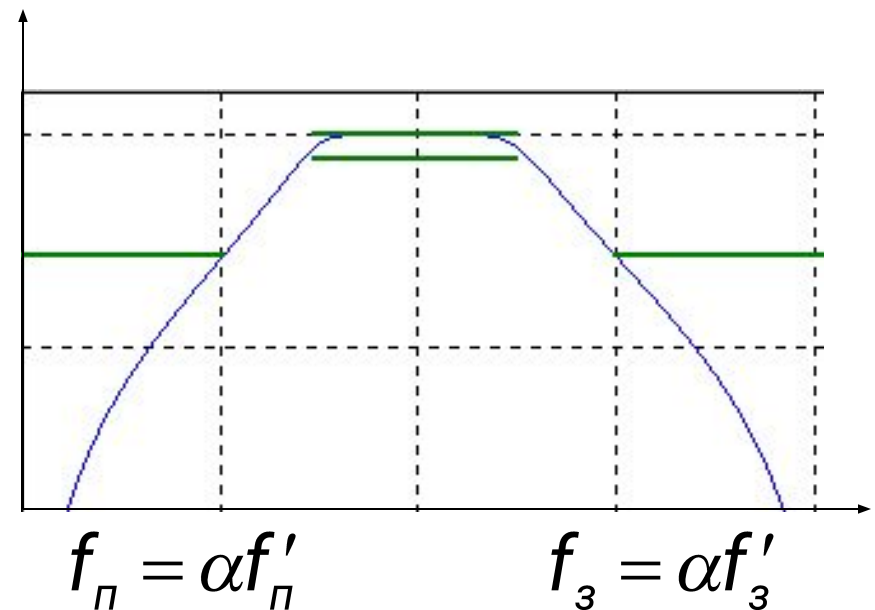
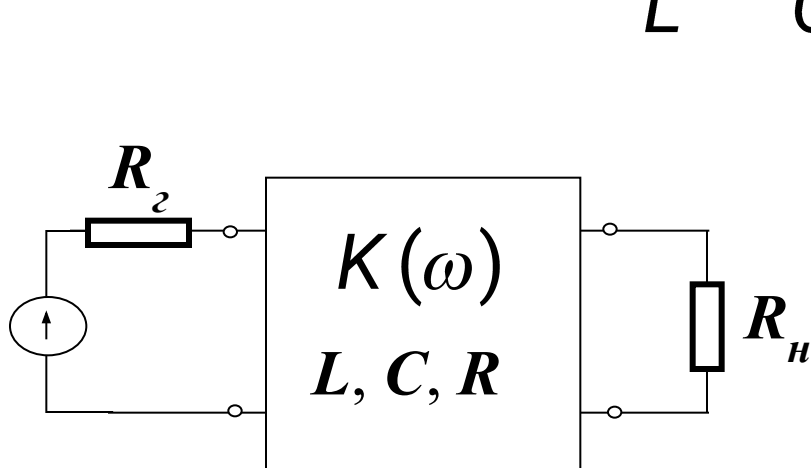
Если $\frac{R'}{R} = \frac{L'}{L} = \frac{C}{C'}$, то $K'(\omega) = K(\omega)$



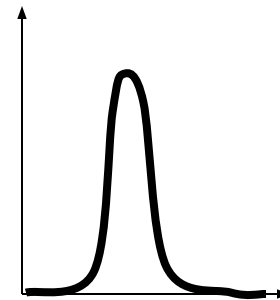
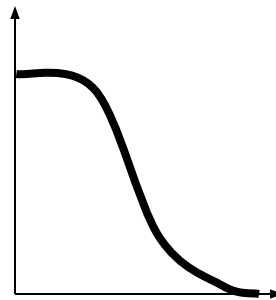
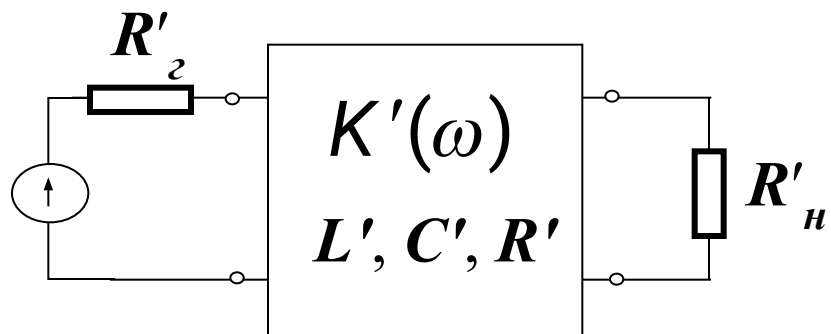
Нормировка частоты



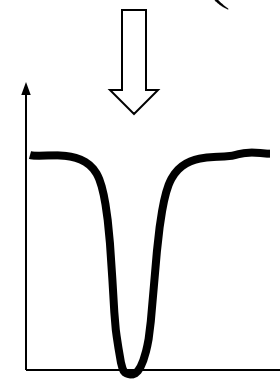
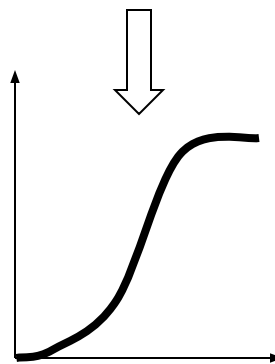
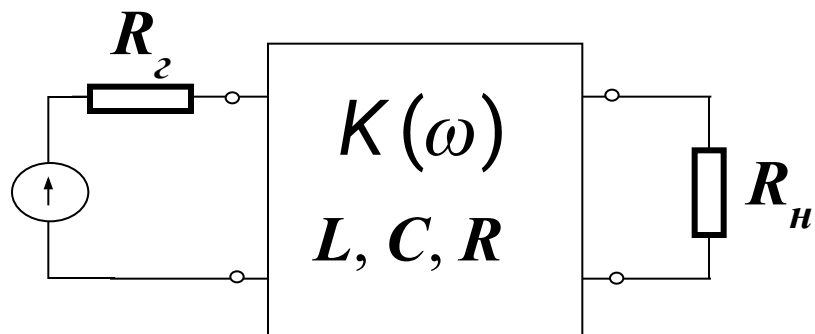
Если $R' = R$, $\frac{L'}{L} = \frac{C'}{C} = \alpha$, то $K'(\omega) = K(\alpha\omega)$



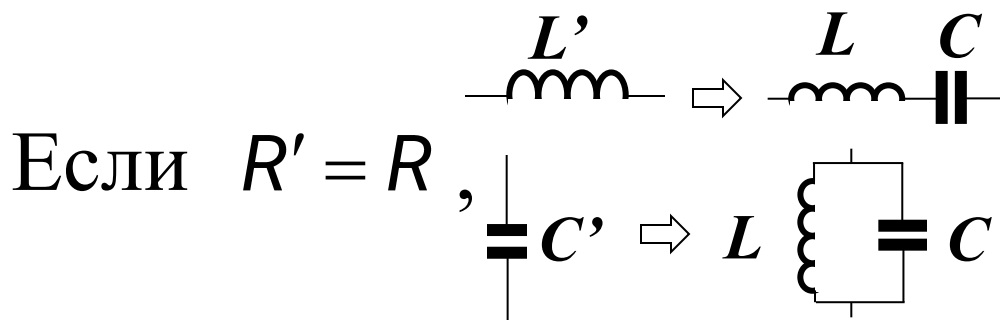
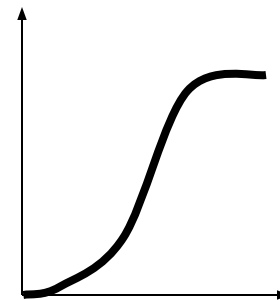
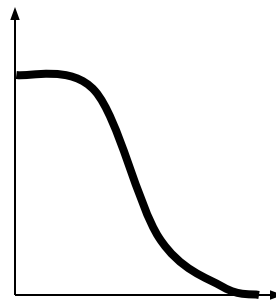
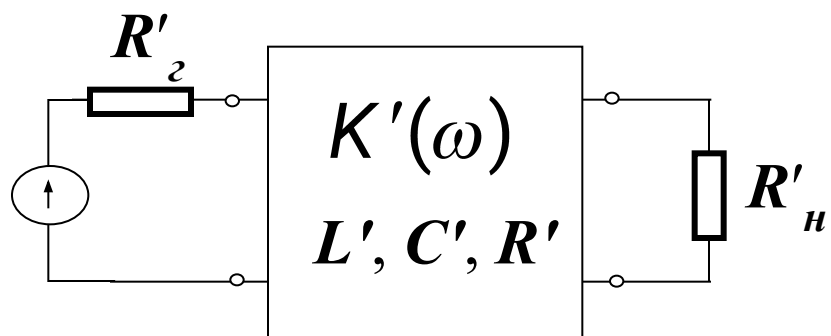
Преобразование частоты



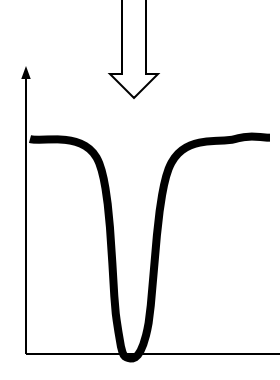
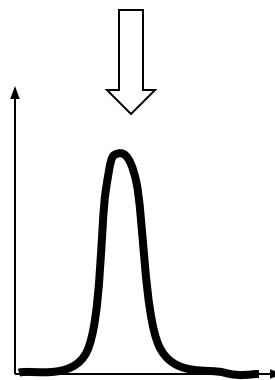
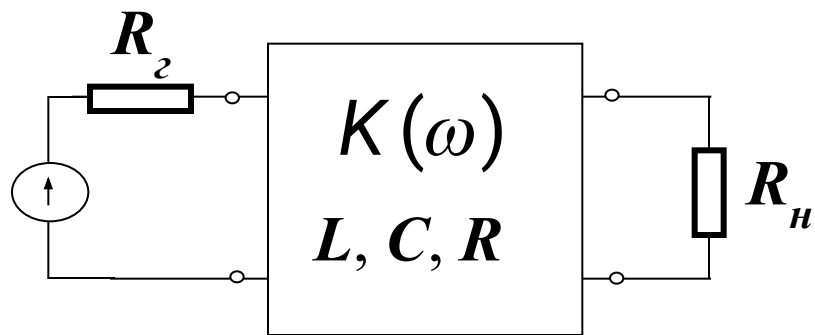
Если $R' = R$, $L = \frac{\alpha}{C'}$, $C = \frac{\alpha}{L'}$, то $K'(\omega) = K\left(\frac{1}{\alpha\omega}\right)$



Преобразование частоты

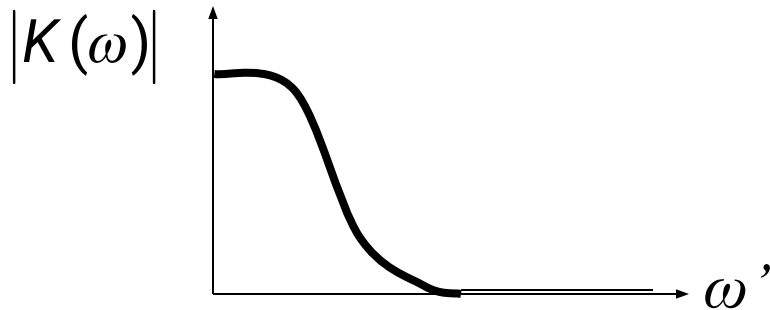


$$K'(\omega) = K \left\{ \alpha \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right\}$$



Порядок расчета фильтров

Фильтр – прототип НЧ



ФНЧ

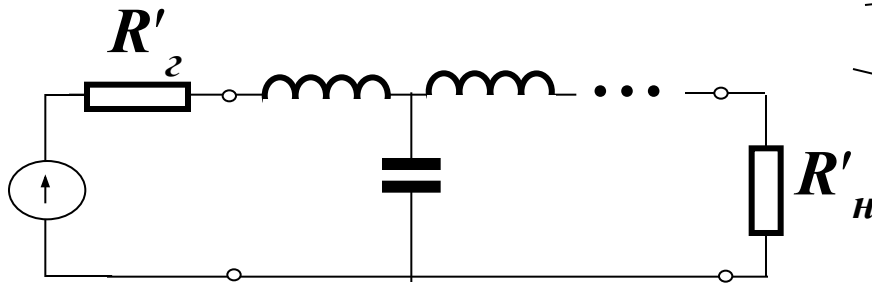
ФВЧ

ППФ

ПЗФ

Исходные данные

$K_{пр}$ $K_{изб}$



На этапе аппроксимации определяются порядок и значения элементов фильтра-прототипа: