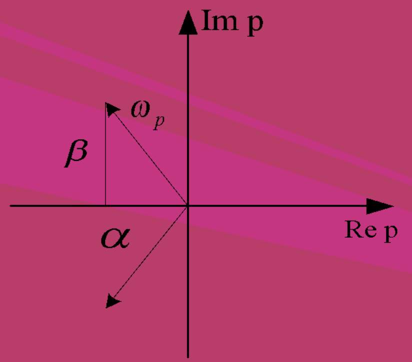
Лекция 11

Звенья второго порядка

$$H(p)=\frac{b_0+b_1p+b_2p^2}{a_0+a_1p+a_2p^2}$$

Добротности и частоты нулей и полюсов



$$a_0p^2+a_1p+a_0=0$$

$$p_{1,2}=\frac{a_1 \pm \sqrt{a_1^2-4a_2a_0}}{2a_2}$$

$4a_2a_0>a_1^2$ – для активных звеньев

Рис.1

$$p_{1,2}=-\alpha \pm j\beta,\ \omega_p=\sqrt{\alpha^2+\beta^2},\ Q_p=\frac{1}{2}\frac{\omega_p}{\alpha}$$

Если $\omega_p=\alpha$, *а* $\beta=0$, *то* $Q_{p\min}=1/2$

Если $\alpha=0$, *а* $\omega_p=\beta$, *то* $Q_p=\infty$

Частоты полюсов и нулей: $\omega_p=\sqrt{\dfrac{a_0}{a_2}}, \omega_0=\sqrt{\dfrac{в_0}{в_2}}$.

Добротности нулей и полюсов: $Q_p=\dfrac{\sqrt{a_0a_2}}{a_1}, Q=\dfrac{\sqrt{в_0в_2}}{в_1}$.

Селективное звено

$$H(p)=\frac{b_1 p}{a_0+a_1p+a_2p^2}$$

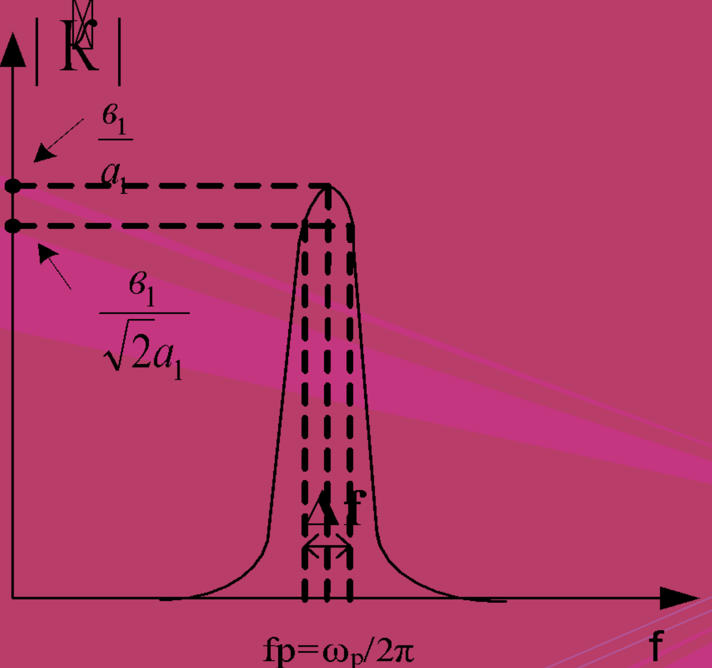


Рис.2

$$Q=\frac{f_p}{\Delta f}=Q_p$$

Режекторное звено

$$H(p)=\frac{b_0+b_2p^2}{a_0+a_1p+a_2p^2}$$

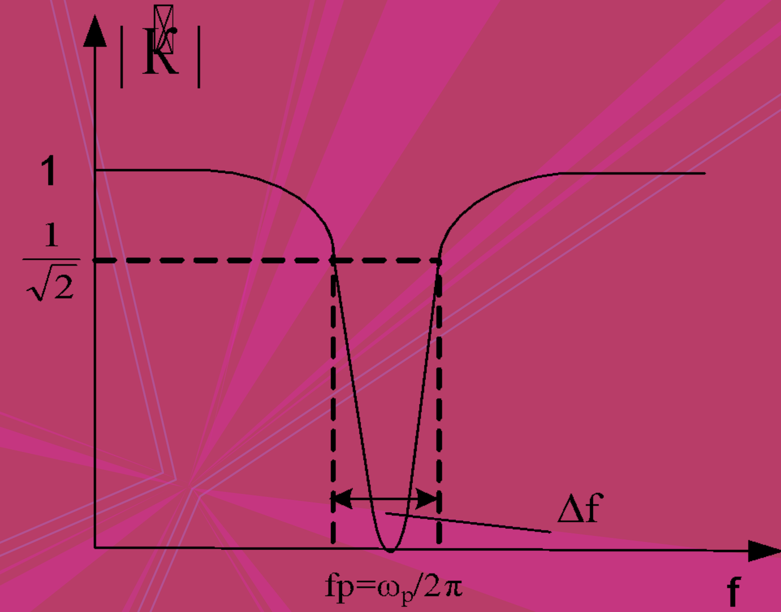


Рис.3

$$Q=\frac{f_p}{\Delta f}=Q_p$$

Типичные АЧХ звеньев второго порядка

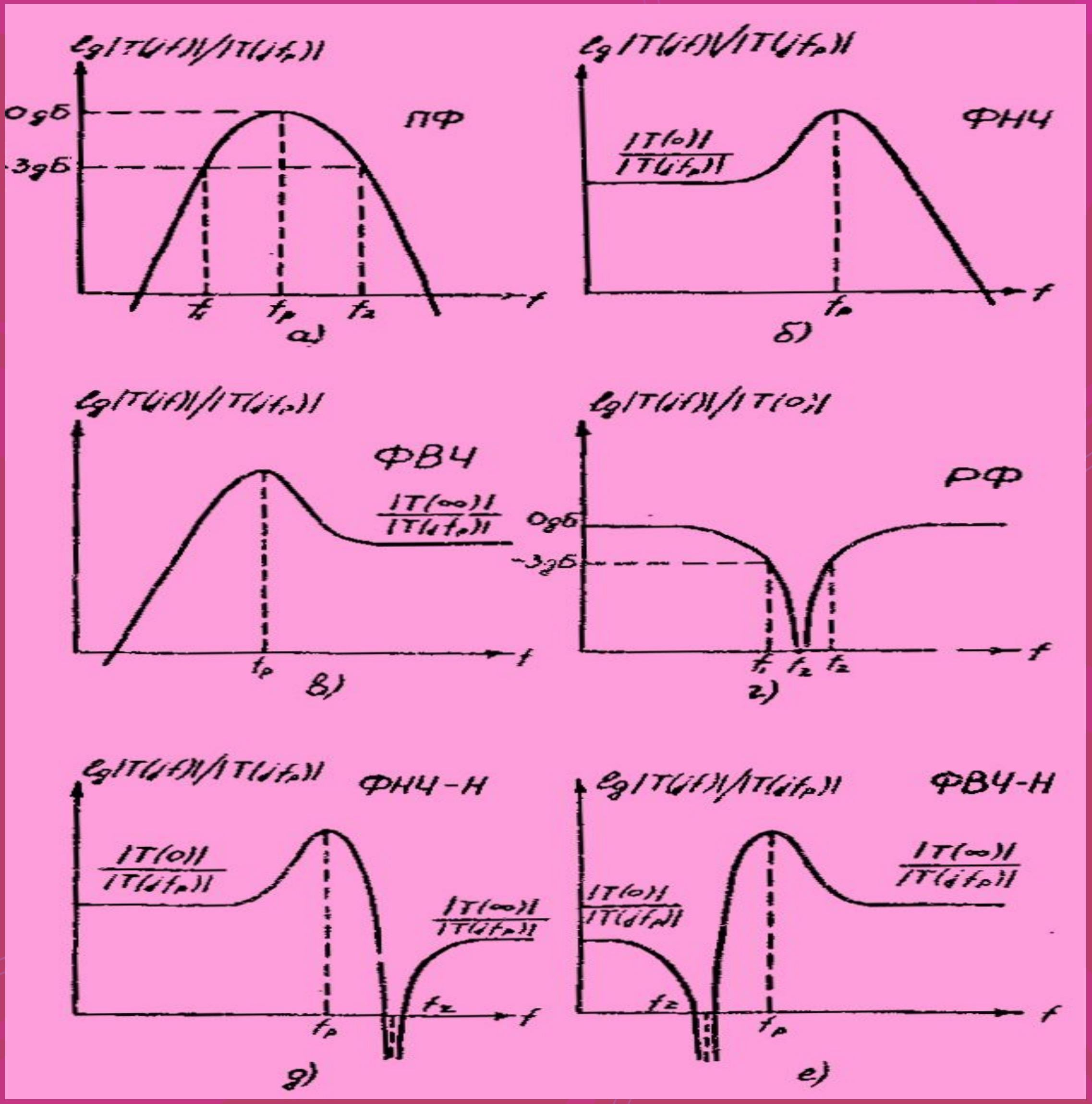


Рис.4

Потенциально устойчивые и потенциально неустойчивые звенья

Схема с мостом Вина- потенциально неустойчивое звено.

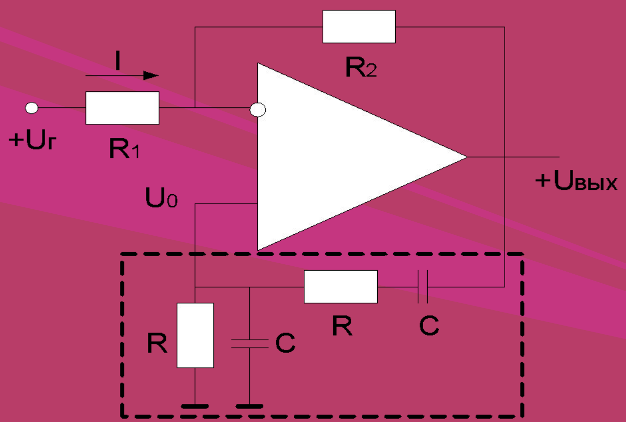
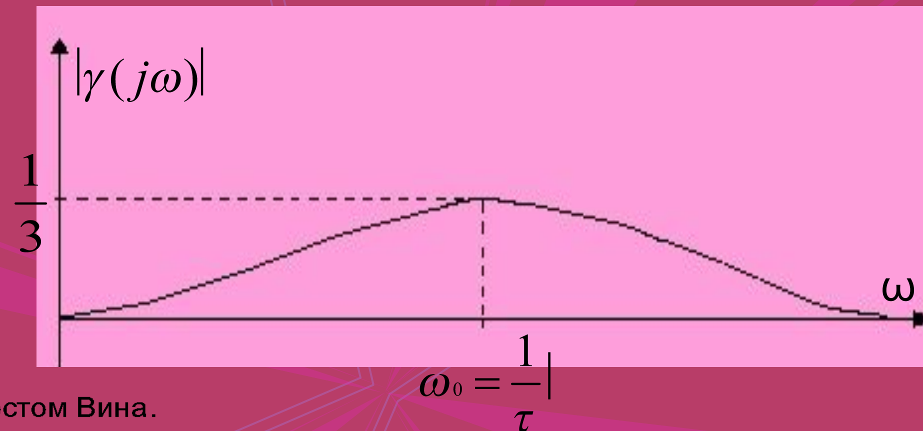


рис. 2.23 Схема избирательного RC-усилителя с мостом Вина.



$$\gamma(j\omega)=\frac{U_0}{U_{вых}}=\frac{j\omega\tau}{1+3j\omega\tau-\omega^2\tau^2}$$

$$I=\frac{U_Г-\gamma(j\omega)U_{вых}}{R_1}=\frac{\gamma(j\omega)U_{вых}-U_{вых}}{R_2}$$

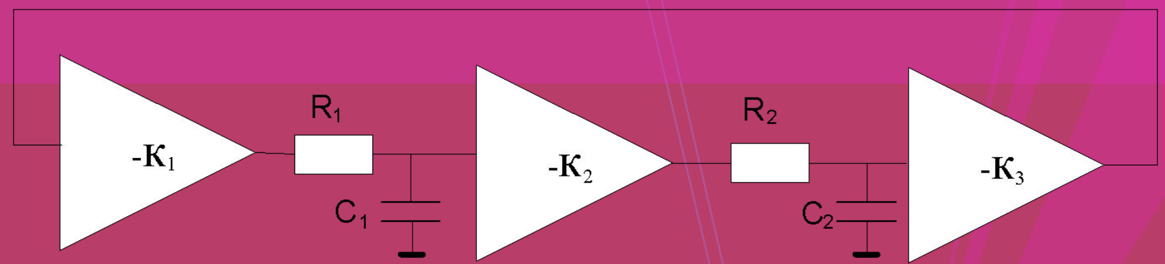
$$K_{oc}(j\omega)=\frac{-U_{вых}}{U_Г}=-\frac{\frac{R_2}{R_1}}{1-\gamma(j\omega)\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

$$K_{oc}(j\omega)=-\frac{R_2}{R_1}\,\frac{1+3j\omega\tau-\omega^2\tau^2}{1+\left(2-\frac{R_2}{R_1}\right)j\omega\tau-\omega^2\tau^2}$$

$$K_{oc}(j\omega_o)=-\frac{R_2}{R_1}\,\frac{3}{2-\frac{R_2}{R_1}}$$

$$Q=\frac{\sqrt{a_0a_2}}{a_1}\qquad Q=\frac{1}{2-\frac{R_2}{R_1}}\qquad K_{oc}(j\omega_o)=-\frac{R_2}{R_1}3Q$$

Потенциально устойчивое звено



$$K_{oc}(p)=\frac{K_0(p)}{1+\gamma K_0(p)},\quad \gamma=1,\quad K_0(p)=K_1\frac{1}{1+p\tau_1}K_2\frac{1}{1+p\tau_2}K_3=\frac{K_0}{(1+p\tau_1)(1+p\tau_2)},\ где\ K_0=K_1K_2K_3$$

$$K_{oc}(p)=\frac{K_0}{(1+p\tau_1)(1+p\tau_2)+K_0}\quad a_0=1+K_0,a_1=\tau_1+\tau_2,a_2=\tau_1\tau_2;\omega_p=\frac{\sqrt{1+K_0}}{\sqrt{\tau_1\tau_2}},Q_p=\frac{\sqrt{(1+K_0)\tau_1\tau_2}}{\tau_1+\tau_2}$$

Найдем чувствительность $S^{Q_p}_{\Sigma_x}$, где $x=\{R_1,R_2,C_1,C_2\}$ $Q_p=\frac{\sqrt{(1+K_0)y}}{1+y}$, где н $=\frac{\tau_2}{\tau_1}$.

$$\frac{dQ_p}{dy}=\frac{\sqrt{1+K_0}\frac{1}{2\sqrt{y}}(1+y)-\sqrt{y}}{(1+y)^2}=\frac{\sqrt{1+K_0}(1-y)}{2\sqrt{y}(1+y)^2}$$

$$S_y^{Q_p}=\frac{\frac{dQ_p}{Q_p}}{\frac{dy}{y}}=\frac{dQ_p}{dy}\frac{e}{Q_p}=\frac{\sqrt{1+K_0}(1-y)(1+y)y}{2\sqrt{y}(1+y)^2\sqrt{1+K_0}\sqrt{y}}=\frac{1-y}{2(1+y)}$$

$$S^{Q_p}_{\Sigma_x}=\left|S^{Q_p}_{R_1}\right|+\left|S^{Q_p}_{R_2}\right|+\left|S^{Q_p}_{C_1}\right|+\left|S^{Q_p}_{C_2}\right|=2\frac{1-y}{1+y}$$

При $y=1$ $S^{Q_p}_{\Sigma_x}=0$. *Для схемы с мостом Вина* $S^{Q_p}_{\Sigma_x}=8Q_p$.

Уравнение для расчета K(p)

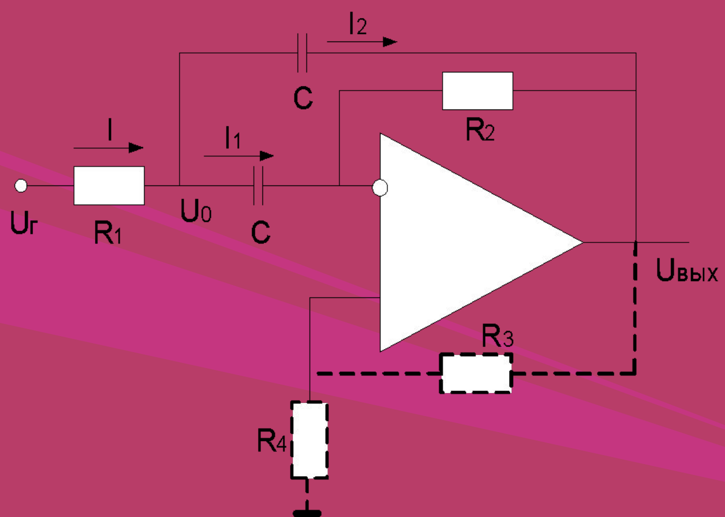


Рис.8

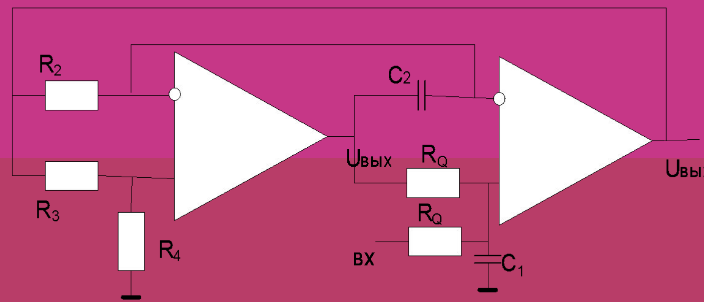
$$U_Г - U_0 = IR, U_0 = I_1 Z, U_0 - U_{вых} = I_2 Z, U_{вых} = -I_1 R_2,$$

$$I = I_1 + I_2, \text{ где } Z = \frac{1}{pC}.$$

$$K(p) = \frac{p\tau_2}{1 + 2p\tau_1 + p^2\tau_1\tau_2}, \text{ где } \tau_1 = R_1 C, \tau_2 = R_2 C.$$

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{\tau_1\tau_2}}, Q_p = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau_2}{\tau_1}}, |K(\omega_p)| = \frac{1}{2}\frac{\tau_2}{\tau_1}$$

Положительная обратная связь через R3 и R4 увеличивает добротность.



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

$$C_1 = C_2 = C$$

$$\omega_p = \frac{1}{RC}, Q_p = \frac{R_Q}{R}, \left|T(j\omega_p)\right| = 2$$

$$T(p) = \frac{K\dfrac{\omega_p}{q_p}p}{p^2 + \dfrac{\omega_p}{q_p}p + \omega_p{}^2}$$

Рис.9

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5$$

$$C_1 = C_2 = C$$

$$\omega_p = \frac{1}{RC}, Q_p = \frac{1+\dfrac{R_Q}{R}}{2}, \left|T(j\omega_p)\right| = \frac{R_Q}{R}$$

$$T(p)_c = \frac{\dfrac{R_2}{R_1}\dfrac{\omega_p}{q_p}p}{p^2 + \dfrac{\omega_p}{q_p}p + \omega_p{}^2}$$

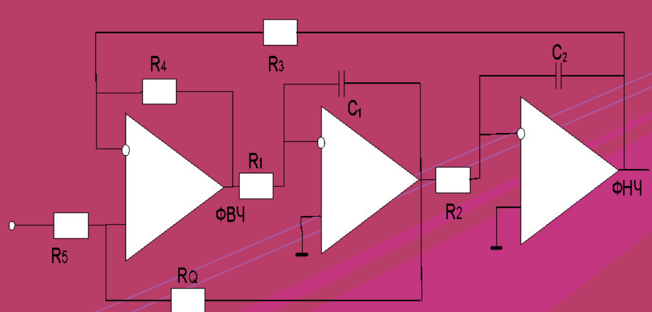


Рис.10

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5$$

$$C_1 = C_2 = C$$

$$\omega_p = \frac{1}{RC}, Q_p = \frac{1+\dfrac{R_Q}{R}}{2}, \left|T(j\omega_p)\right| = \frac{R_Q}{R}$$

$$T(p)_c = \frac{\dfrac{R_2}{R_1}\dfrac{\omega_p}{q_p}p}{p^2 + \dfrac{\omega_p}{q_p}p + \omega_p{}^2}$$