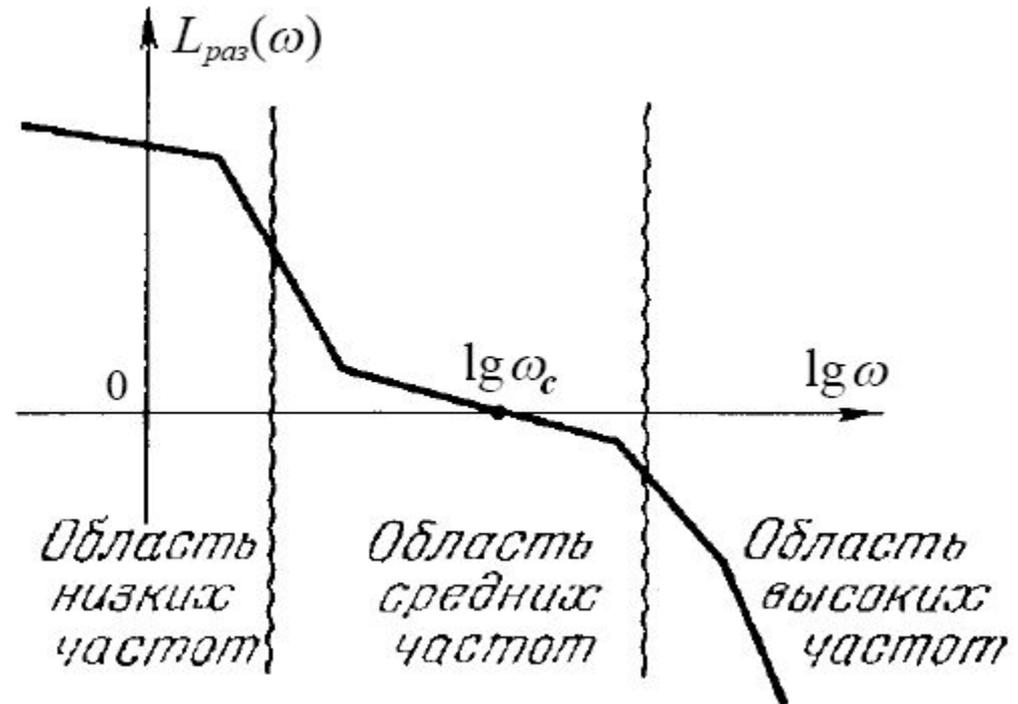
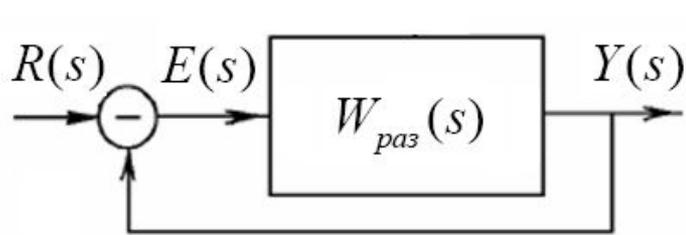

Тема 12.

Построение желаемой ЛАЧХ
разомкнутой системы в частотном
методе синтеза корректирующего
звена

Обсуждаемые вопросы

1. *Расчет коэффициента усиления корректирующего звена*
2. *Построение желаемой ЛАЧХ в области средних частот*
3. *Сопряжение желаемой ЛАЧХ в области низких и высоких частот с ЛАЧХ объекта*
4. *Построение ЛАЧХ корректирующего звена*
5. *Замечание о неоднозначности выбора вида желаемой ЛАЧХ в области высоких частот*
6. *Реализация корректирующего звена*

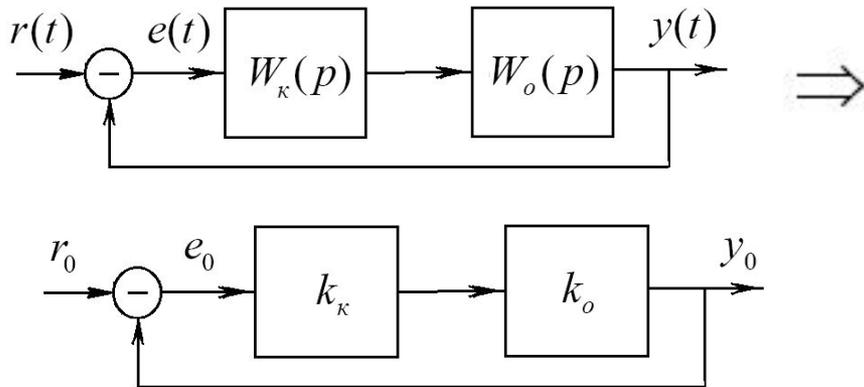
Взаимосвязь ЛАЧХ разомкнутой системы с показателями качества переходных процессов в замкнутой системе



$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = e_0$$

$$\sigma \quad t_{\Pi}$$

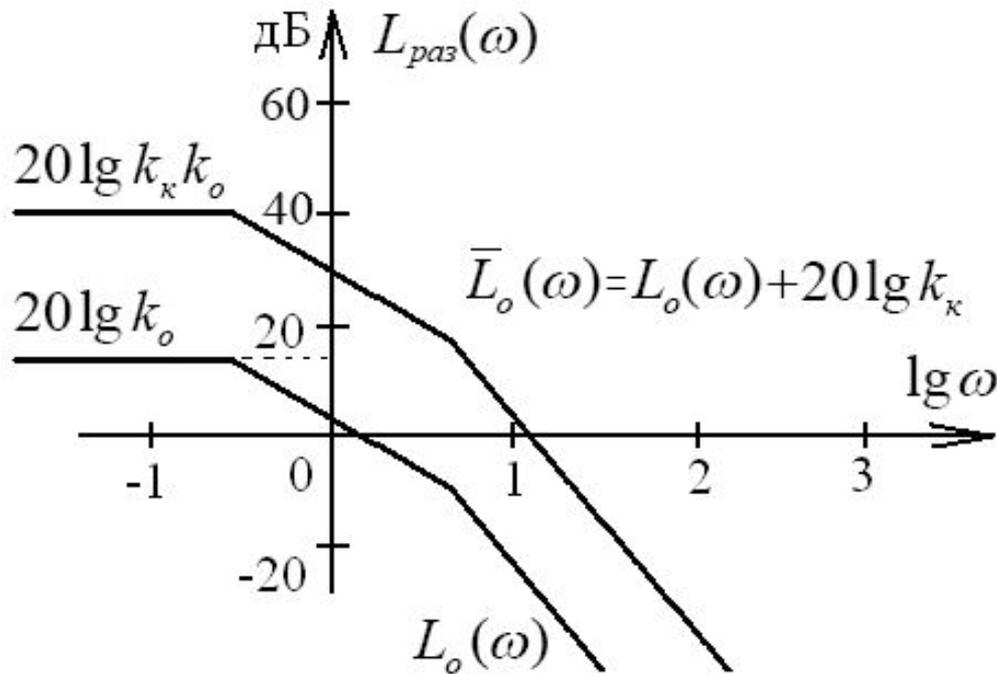
Расчет коэффициента усиления корректирующего звена (статическая система)



$$s \rightarrow 0 \Rightarrow W_o(s) \rightarrow k_o$$

$$r(t) = r_0 1(t) \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} r(t) = r_0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = y_0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = e_0$$

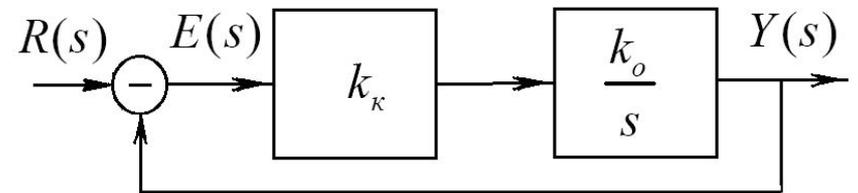
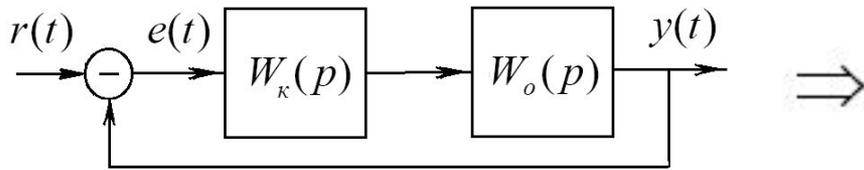


$$e_0 = \frac{1}{1 + k_k k_o} r_0 \quad \boxed{\bar{e}_0 \leq \bar{e}_0^{\max}}$$

$$\bar{e}_0 = \left| \frac{e_0}{r_0} \right| = \frac{1}{1 + k_k k_o} \leq \bar{e}_0^{\max}$$

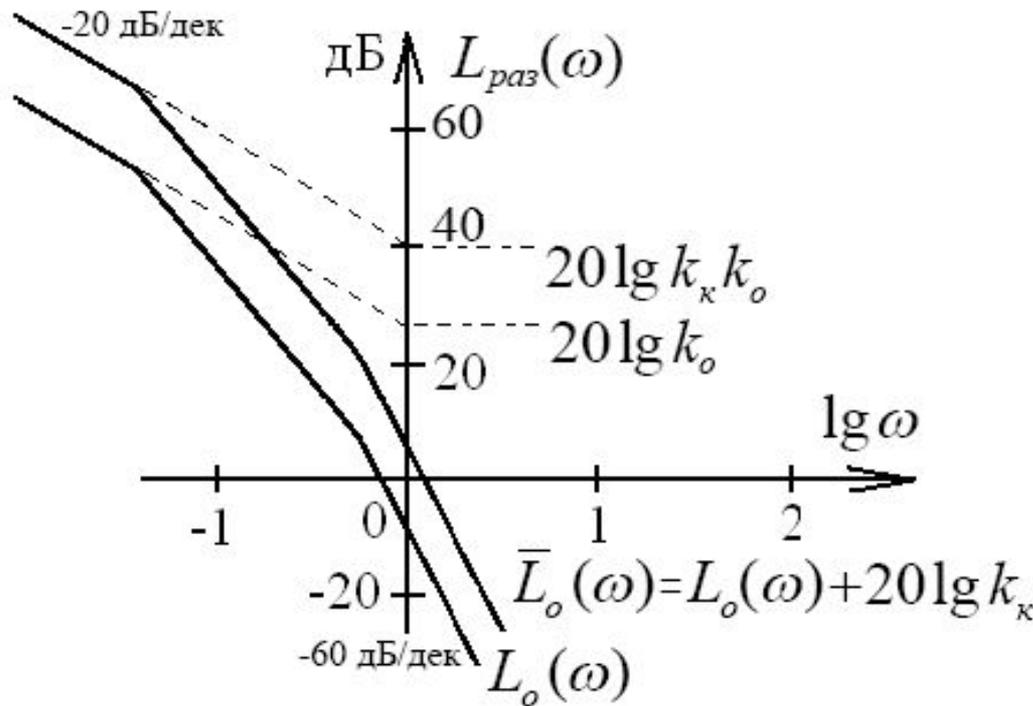
$$\boxed{k_k \geq \left(\frac{1}{\bar{e}_0^{\max}} - 1 \right) \frac{1}{k_o}}$$

Расчет коэффициента усиления корректирующего звена (астатическая система)



$$s \rightarrow 0 \Rightarrow W_o(s) \rightarrow \frac{k_o}{s}$$

$$r(t) = at1(t) \Rightarrow e_c = \frac{1}{k_k k_o} a$$

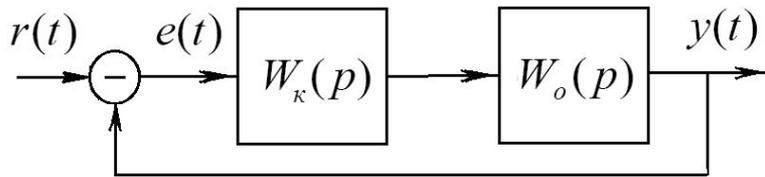


$$\bar{e}_c = \frac{1}{k_k k_o} \quad \boxed{\bar{e}_c \leq \bar{e}_c^{\max}}$$

$$\bar{e}_c = \left| \frac{e_c}{a} \right| = \frac{1}{k_k k_o} \leq \bar{e}_c^{\max}$$

$$\boxed{k_k \geq \frac{1}{\bar{e}_c^{\max} k_o}}$$

Расчет коэффициента усиления корректирующего звена с учетом требования на ошибку воспроизведения гармонического сигнала



$$r(t) = A_r \sin(\omega t)$$

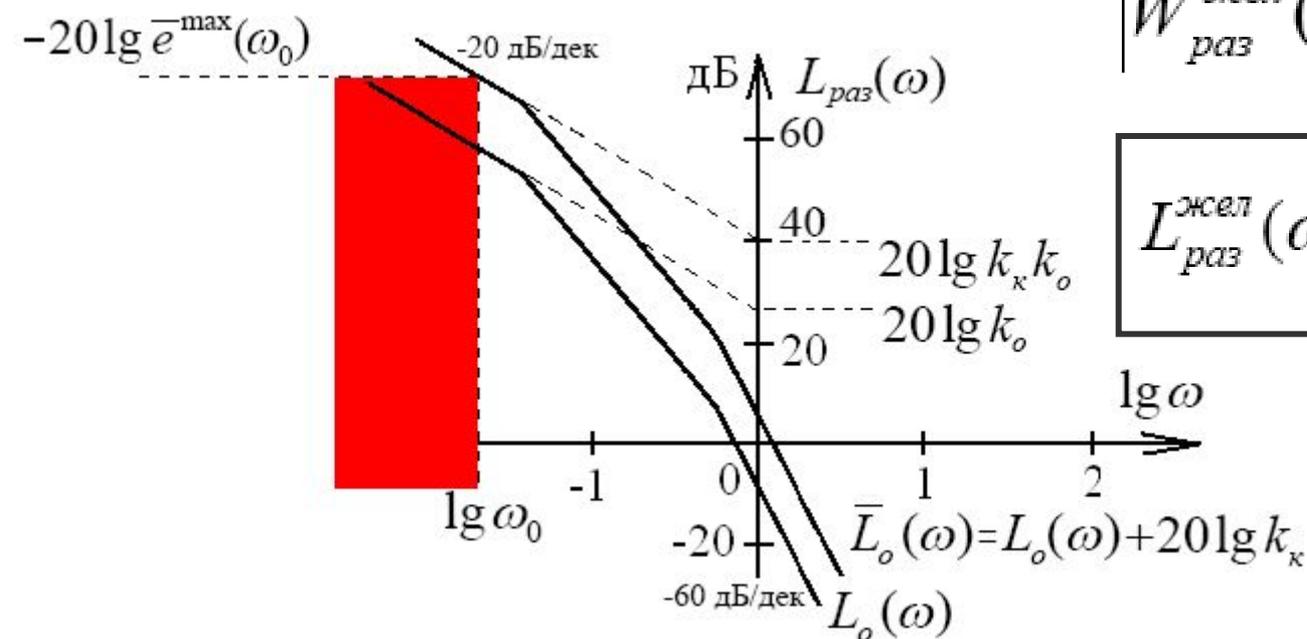
$$e(t) = A_e \sin(\omega t + \varphi_e)$$

$$\frac{A_e}{A_r} = \bar{e}(\omega) \approx \frac{1}{|W_{раз}^{жел}(j\omega)|}$$

$$\bar{e}(\omega_0) \leq \bar{e}^{\max}(\omega_0)$$

$$|W_{раз}^{жел}(j\omega_0)| \geq \frac{1}{\bar{e}^{\max}(\omega_0)}$$

$$L_{раз}^{жел}(\omega_0) \geq 20 \lg \frac{1}{\bar{e}^{\max}(\omega_0)}$$



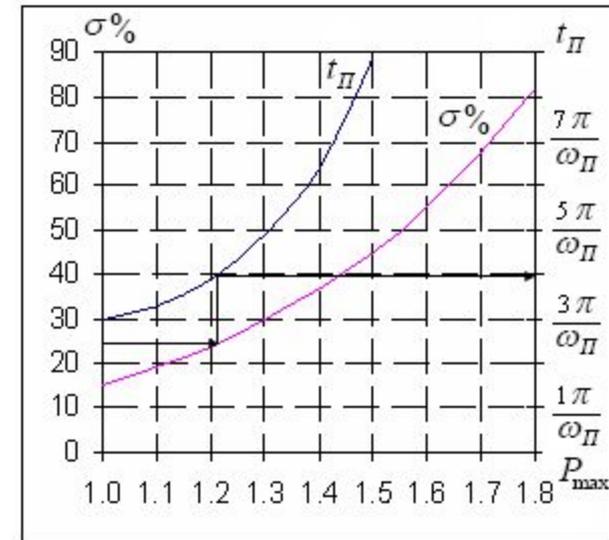
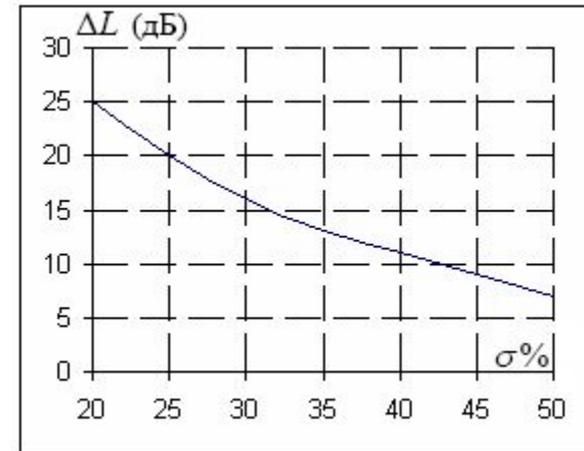
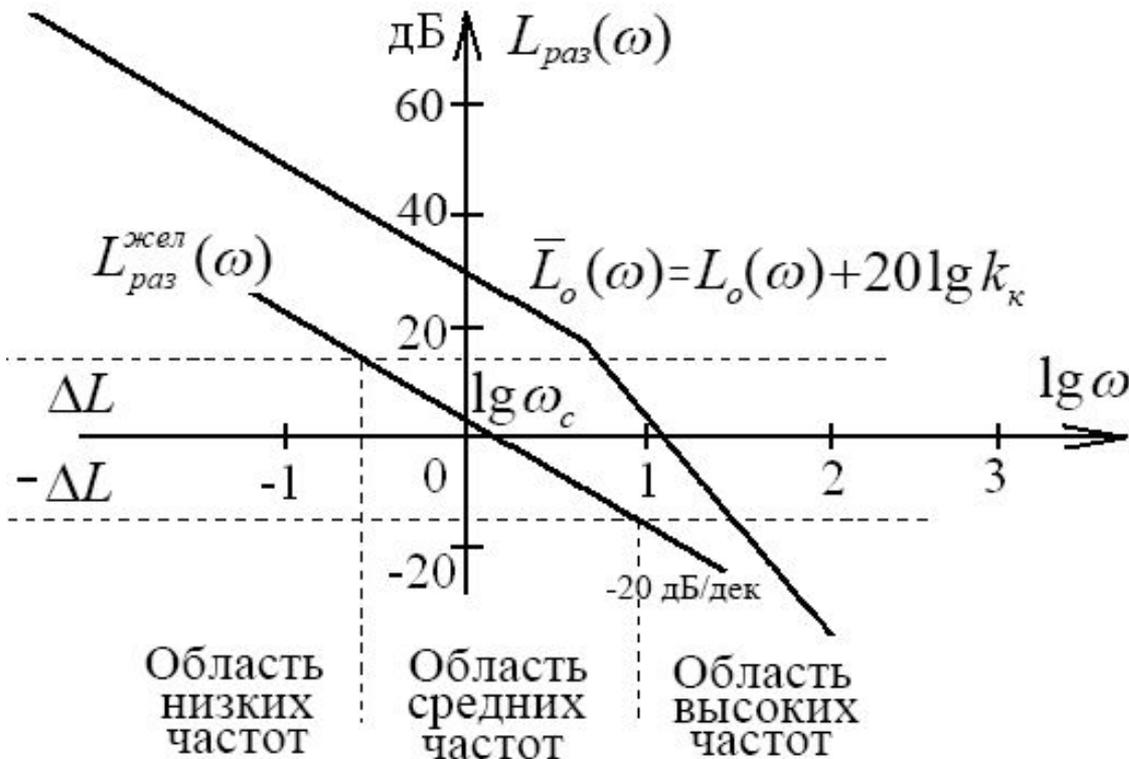
Построение желаемой ЛАЧХ в области средних частот

ΔL - запас устойчивости по модулю

$\sigma\% \Rightarrow \Delta L$ (дБ)

$$\sigma\%, t_{\Pi} \Rightarrow \omega_{\Pi} = \frac{N\pi}{t_{\Pi}}$$

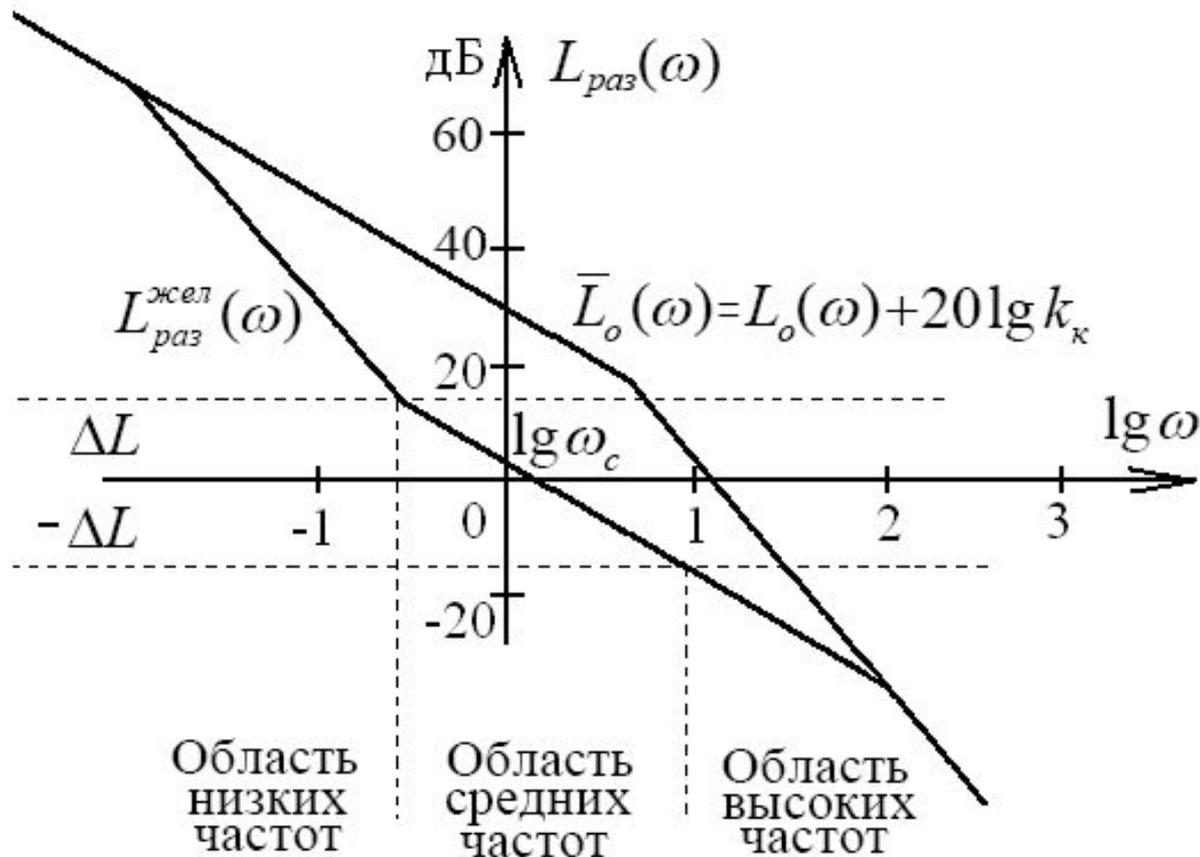
$$\omega_c \in [0.6\omega_{\Pi}, 0.9\omega_{\Pi}]$$



Сопряжение желаемой ЛАЧХ в области низких и высоких частот с ЛАЧХ

$$\bar{L}_o(\omega) = L_o(\omega) + 20 \lg k_k$$

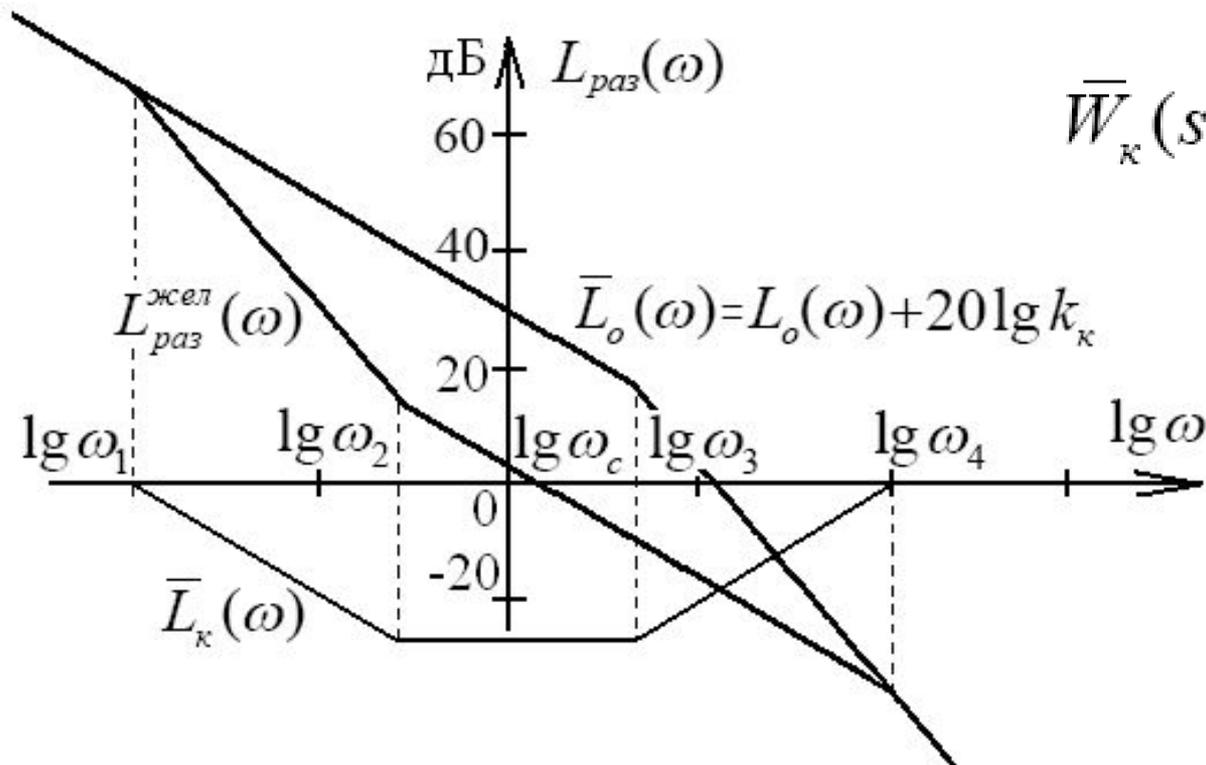
$$\omega \rightarrow 0 \Rightarrow L_{раз}^{жел}(\omega) = \bar{L}_o(\omega) \quad \omega \rightarrow \infty \Rightarrow L_{раз}^{жел}(\omega) = \bar{L}_o(\omega)$$



Построение ЛАЧХ корректирующего звена

$$\bar{L}_\kappa(\omega) = L_{раз}^{жел}(\omega) - \bar{L}_o(\omega) \Rightarrow \lg \omega_1, \lg \omega_2, \lg \omega_3, \lg \omega_4 \Rightarrow$$

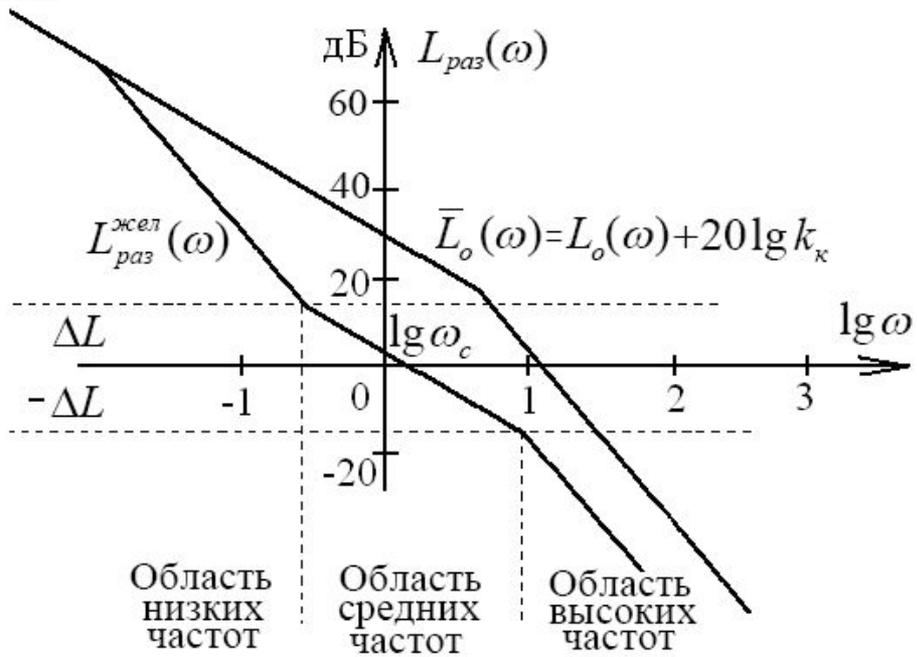
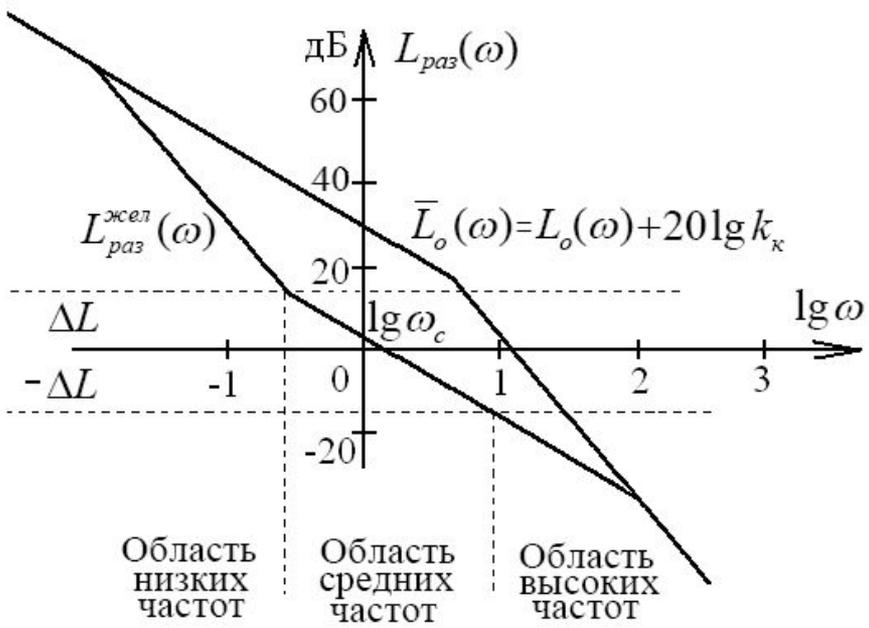
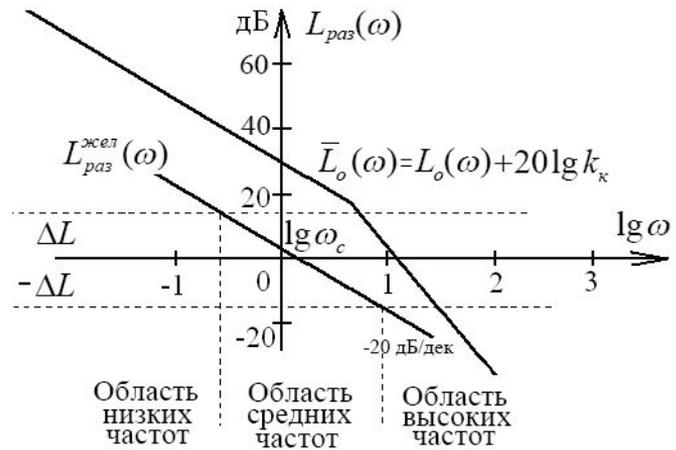
$$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4 \Rightarrow T_1 = \frac{1}{\omega_1}, T_2 = \frac{1}{\omega_2}, T_3 = \frac{1}{\omega_3}, T_4 = \frac{1}{\omega_4}$$

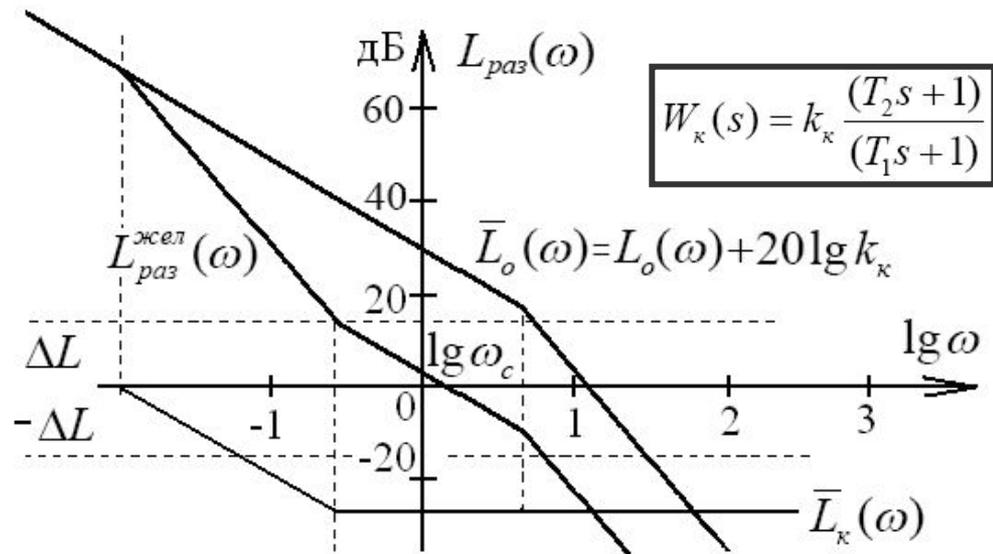
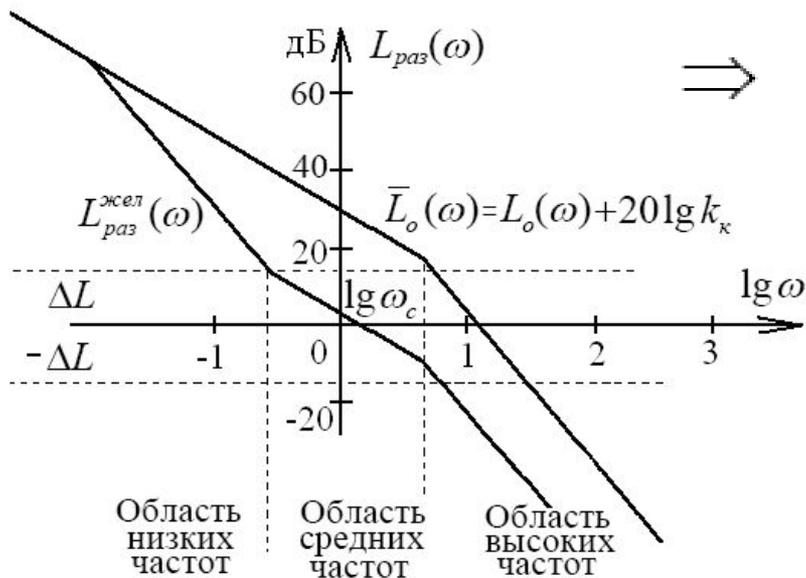
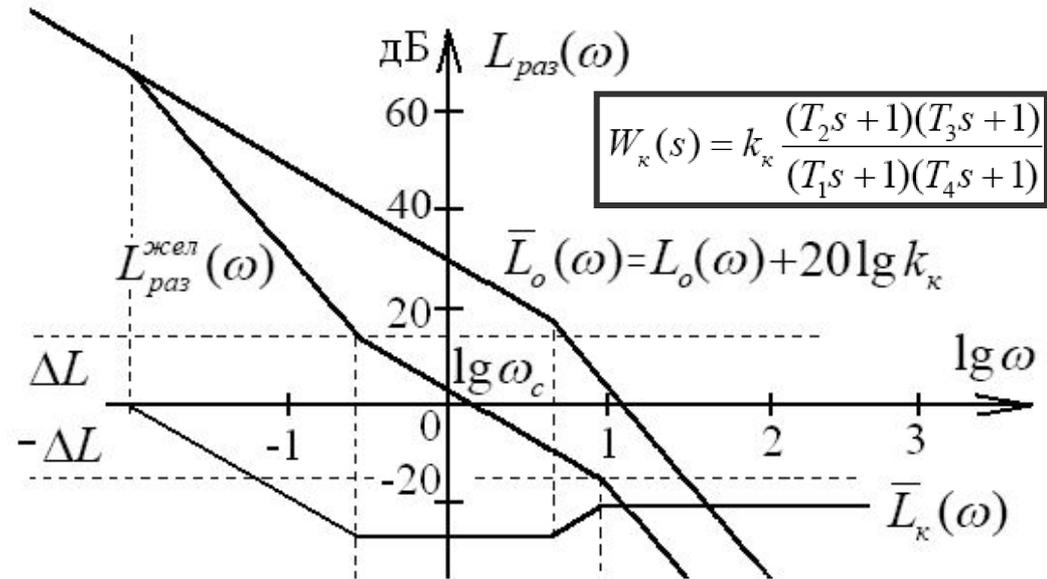
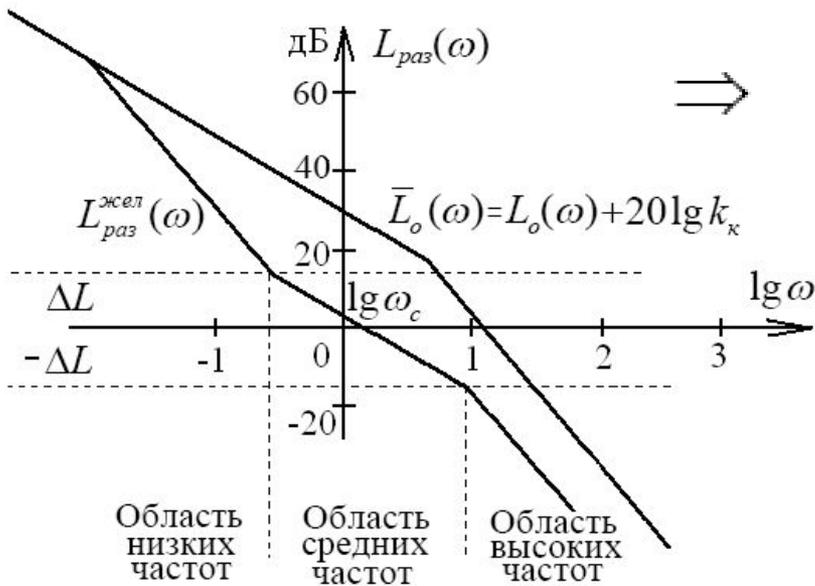


$$\bar{W}_\kappa(s) = \frac{(T_2 s + 1)(T_3 s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_4 s + 1)}$$

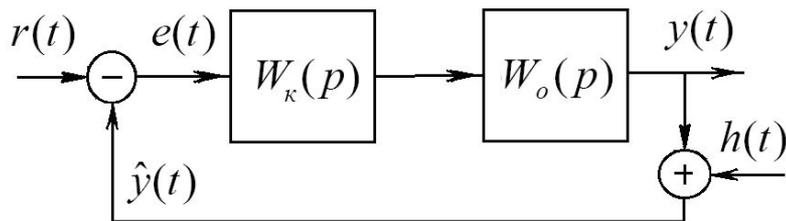
$$W_\kappa(s) = k_\kappa \bar{W}_\kappa(s)$$

Замечание о неоднозначности выбора вида желаемой ЛАЧХ в области высоких частот



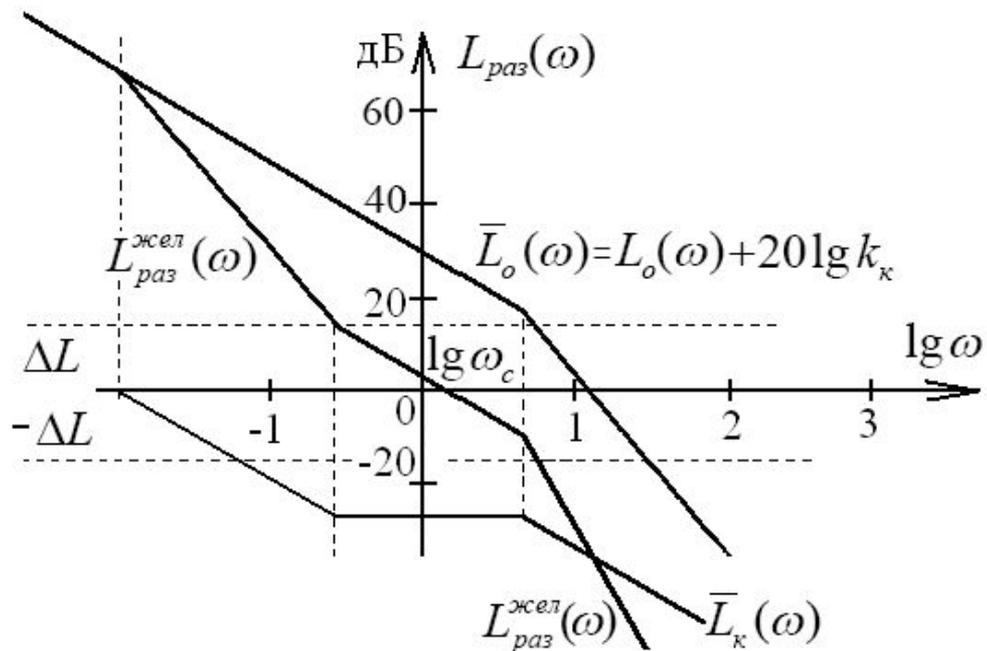
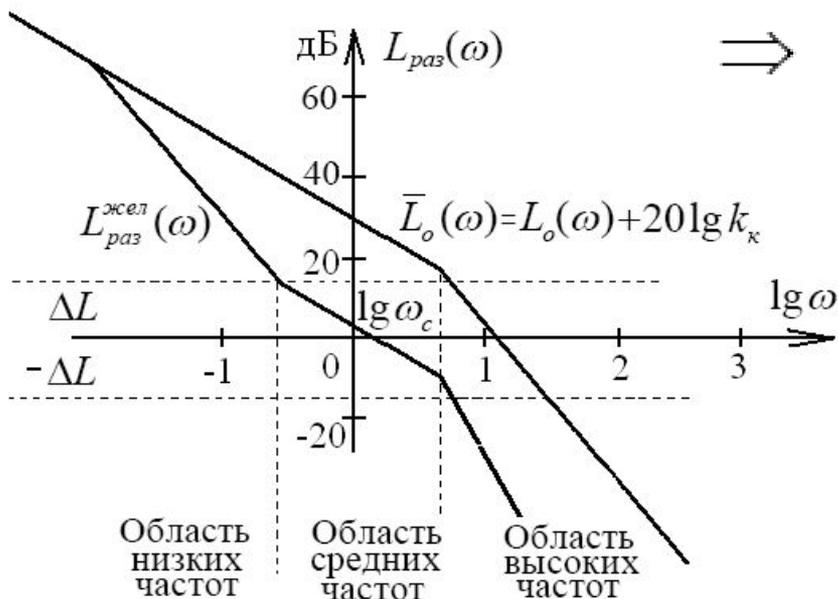


Фильтрация помех измерения в области высоких частот



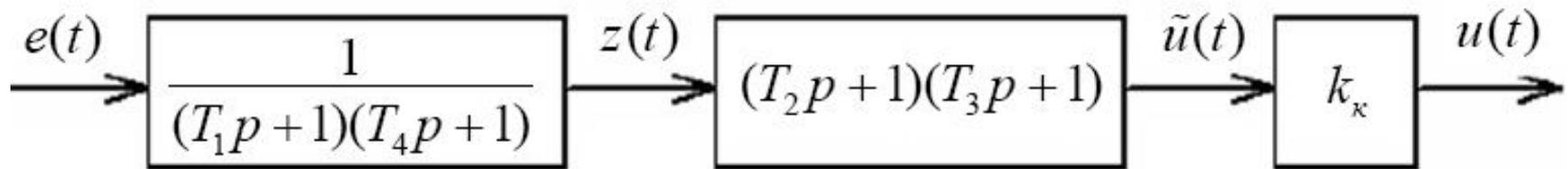
$$\hat{y}(t) = y(t) + h(t)$$

$$W_k(s) = k_k \frac{(T_2 s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_3 s + 1)}$$



Реализация корректирующего звена (управляемое каноническое представление)¹³

$$u(t) = W_{\kappa}(p)e(t) \qquad W_{\kappa}(p) = k_{\kappa} \frac{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)}$$



$$u(t) = k_{\kappa} \tilde{u}(t)$$

$$\tilde{u}(t) = (T_2 p + 1)(T_3 p + 1) z(t)$$

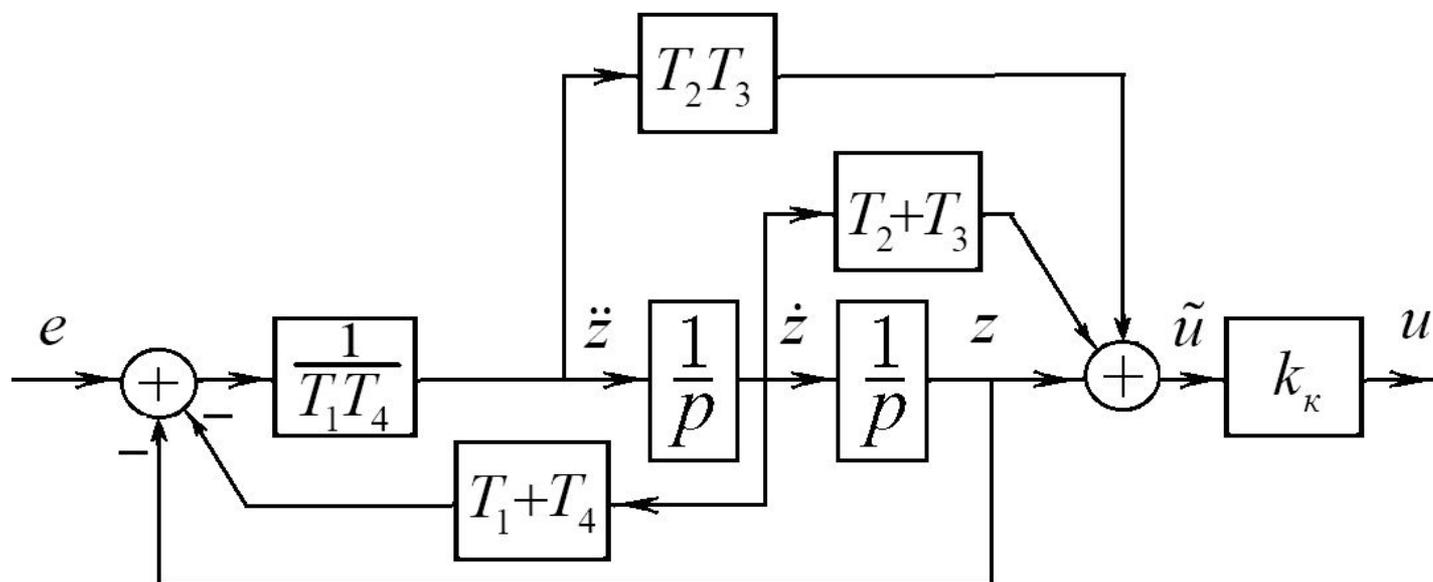
$$z(t) = \frac{1}{(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)} e(t)$$

Реализация корректирующего звена (управляемое каноническое представление) 14

$$z(t) = \frac{1}{(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)} e(t) \Rightarrow [T_1 T_4 p^2 + (T_1 + T_4) p + 1] z = e$$

$$T_1 T_4 z^{(2)} + (T_1 + T_4) z^{(1)} + z = e \Rightarrow z^{(2)} = \frac{1}{T_1 T_4} [e - (T_1 + T_4) z^{(1)} - z]$$

$$\tilde{u}(t) = (T_2 p + 1)(T_3 p + 1) z(t) \Rightarrow \tilde{u} = T_2 T_3 z^{(2)} + (T_2 + T_3) z^{(1)} + z$$



Реализация корректирующего звена (наблюдаемое каноническое представление) 15

$$u(t) = W_{\kappa}(p)e(t) \quad W_{\kappa}(p) = k_{\kappa} \frac{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

$$u(t) = k_{\kappa} \tilde{u}(t) \quad \tilde{u}(t) = \bar{W}_{\kappa}(p)e(t) \quad \bar{W}_{\kappa}(p) = \frac{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

$$[T_1 T_4 p^2 + (T_1 + T_4)p + 1]\tilde{u}(t) = [T_2 T_3 p^2 + (T_2 + T_3)p + 1]e(t)$$

$$T_1 T_4 \ddot{\tilde{u}} + (T_1 + T_4)\dot{\tilde{u}} + \tilde{u} = T_2 T_3 \ddot{e} + (T_2 + T_3)\dot{e} + e$$

$$T_1 T_4 \ddot{\tilde{u}} + (T_1 + T_4)\dot{\tilde{u}} - T_2 T_3 \ddot{e} - (T_2 + T_3)\dot{e} = e - \tilde{u} = \dot{z}_1$$

$$T_1 T_4 \dot{\tilde{u}} + (T_1 + T_4)\tilde{u} - T_2 T_3 \dot{e} - (T_2 + T_3)e = z_1$$

$$T_1 T_4 \dot{\tilde{u}} - T_2 T_3 \dot{e} = z_1 - (T_1 + T_4)\tilde{u} + (T_2 + T_3)e = \dot{z}_2$$

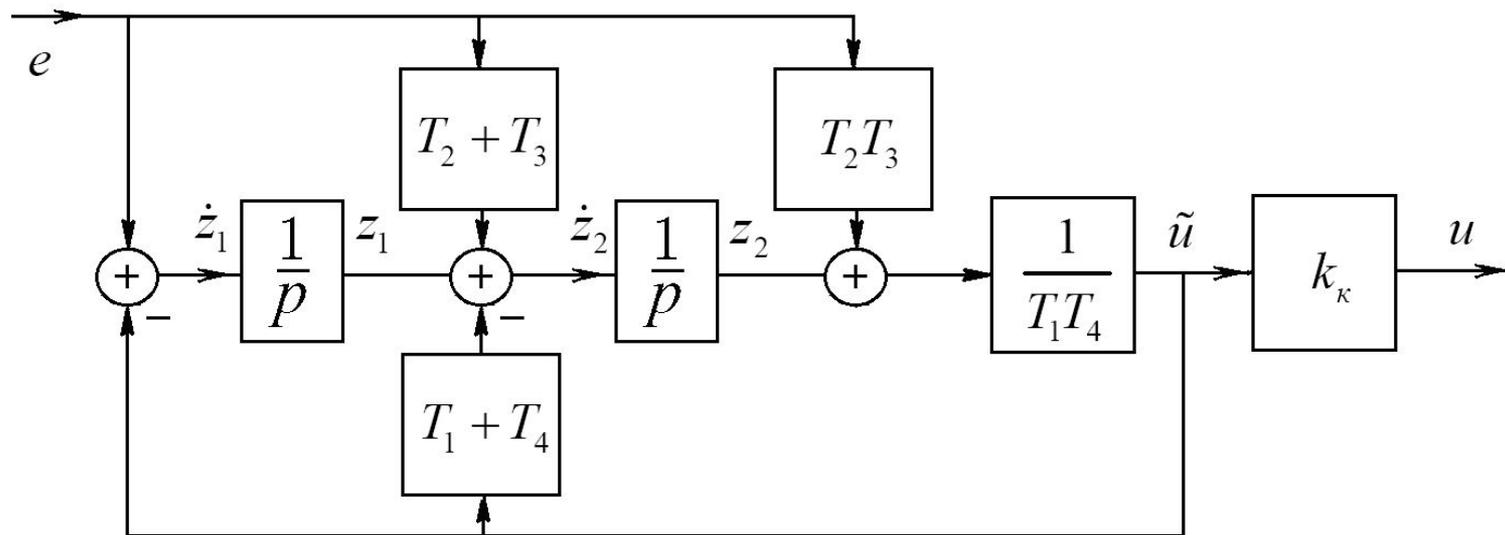
$$T_1 T_4 \tilde{u} - T_2 T_3 e = z_2 \quad \longrightarrow \quad \tilde{u} = \frac{1}{T_1 T_4} (z_2 + T_2 T_3 e)$$

Реализация корректирующего звена (наблюдаемое каноническое представление) ¹⁶

$$\dot{z}_1 = e - \tilde{u}$$

$$\dot{z}_2 = z_1 - (T_1 + T_4)\tilde{u} + (T_2 + T_3)e$$

$$\tilde{u} = \frac{1}{T_1 T_4} (z_2 + T_2 T_3 e)$$



Тема 13.

Модальный метод синтеза непрерывных систем
