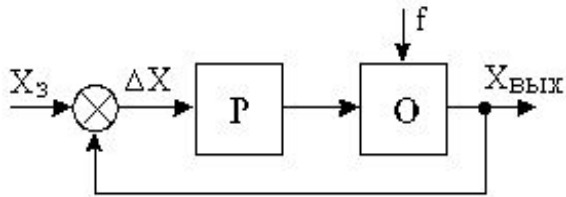


Оптимизация контуров регулирования

Цель оптимизации- поиск регулятора при котором выходной сигнал контура будет способен повторять задающее воздействие без больших колебаний, а действие возмущения будет нейтрализовано.

Оптимизация контуров регулирования



При единичной обратной связи

$$W_3^3(p) = \frac{X_{\text{вых}}(p)}{X_{\text{вх}}(p)} = \frac{W^p(p)}{1 + W^p(p)} = \frac{W_p W_o}{1 + W_p W_o}$$

При наличии датчика обратной связи

$$W_3^3(p) = \frac{W_{\text{ПК}}(p)}{1 + W^p(p)} = \frac{W_p W_o}{1 + W_p W_o W_{\text{дос}}}$$

Идеальный режим

$$\frac{X_{\text{ВЫХ}}(p)}{X_3(p)} = 1 \quad W_3^3(p) = 1$$

$$\frac{X_{\text{ВЫХ}}(p)}{X_{\text{ВОЗМ}}(p)} = 0 \quad W_{\text{ВОЗМ}}^3(p) = 0$$

Решение идеальной задачи ступает в противоречие с техническими возможностями и экономической целесообразностью. На практике инерционность объекта компенсируют настолько это возможно и настолько это целесообразно. В контуре оставляют малую инерционность для сохранения помехоустойчивости контура.

Оптимизация контуров регулирования

Передаточные функции замкнутых систем АЭП

1.

$$|W_3^3(j\omega)| = \frac{b_0}{\sqrt{(a_0 - \omega^2 a_2)^2 + \omega^2 a_1^2}} = \frac{b_0}{\sqrt{a_0^2 - \omega^2(a_1^2 - 2a_0 a_2) + \omega^4 a_2^2}}$$
$$W_3^3(p) = \frac{b_0}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2}$$
$$|W_3^3(j\omega)| \rightarrow 1 \quad \text{при } 2a_0 a_2 = a_1^2$$

2.

$$W_3^3(p) = \frac{b_0 + b_1 p}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3}$$
$$|W_3^3(j\omega)| \rightarrow 1 \quad \text{при } 2a_0 a_2 = a_1^2 \quad 2a_1 a_3 = a_2^2$$

Оптимизация контуров регулирования

Оптимизация на модульный оптимум.

1. Объект контура содержит большую (T_o) и малую (T_μ) инерционности:

$$W_o(p) = \frac{k_o}{(T_o p + 1)(T_\mu p + 1)}$$

Для компенсации большой инерционности и для придания контуру астатических свойств нужен ПИ

регулятор $W_p(p) = k_p \frac{T_{из} p + 1}{T_{из} p}$, у которого: $T_{из} = T_o$, а $K_p = ?$

Найдем

$$W^p(p) = W_o(p)W_p(p) = \frac{k_o}{(T_o p + 1)(T_\mu p + 1)} \frac{k_p (T_{из} p + 1)}{T_{из} p} = \frac{k_o k_p}{T_o p (T_\mu p + 1)}$$

Оптимизация на модульный оптимум

Передаточная функция замкнутого контура:

$$W_3^3(p) = \frac{W_{\text{ПК}}(p)}{1 + W_{\text{ПК}}(p)W_{\text{ОС}}(p)} = \frac{W_p^P(p)}{1 + W_p^P(p)} = \frac{\frac{k_o k_p}{T_o p (T_\mu p + 1)}}{1 + \frac{k_o k_p}{T_o p (T_\mu p + 1)}} = \frac{k_o k_p}{k_o k_p + T_o p + T_o T_\mu p^2}$$

где $k_o k_p = b_o = a_o; T_o = a_1; T_o T_\mu = a_2.$

Из условия оптимизации на модульный оптимум: $2a_o a_2 = a_1^2$,

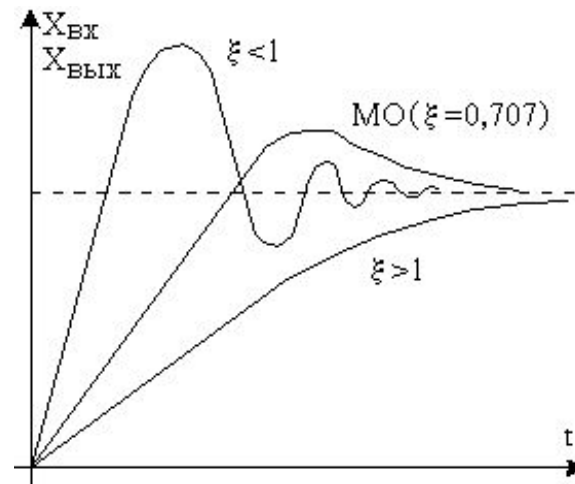
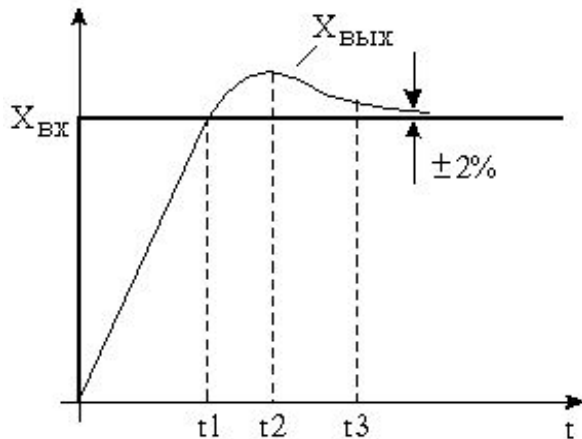
запишем $2k_p k_o T_o T_\mu = T_o^2;$ Откуда находим: $k_p = \frac{T_o}{2k_o T_\mu}$

После подстановки имеем:

$$W_3^3(p) = \frac{k_o \frac{T_o}{2k_o T_\mu}}{k_o \frac{T_o}{2k_o T_\mu} + T_o p + T_o T_\mu p^2} = \frac{1}{1 + 2T_\mu p + 2T_\mu^2 p^2}$$

Оптимизация на модульный оптимум

Осциллограммы выходного сигнала при скачке задания



$\epsilon = 4.3 \%$, $T_1 = 4,7 T_{\mu}$, $T_2 = 6,3 T_{\mu}$, $T_3 = 8,4 T_{\mu}$
 $\xi = 0,707$.

$$W_3^3(p) = \frac{1}{1 + \beta p + \alpha p^2}$$

$$r_{1,2} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}}{2\alpha}$$

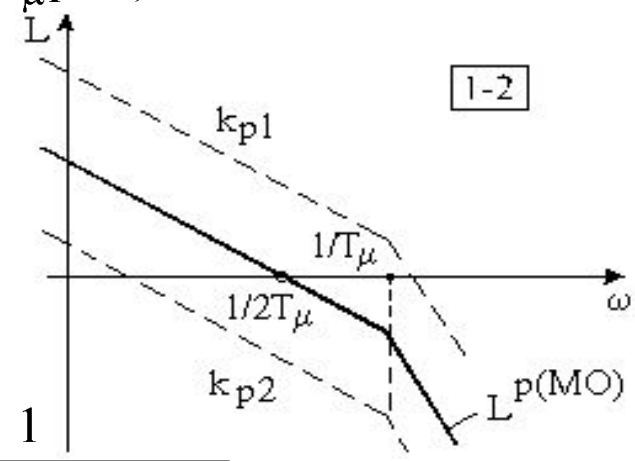
$$\xi = \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}}$$

Оптимизация на модульный оптимум

ЛАЧХ контура, оптимизированного на МО.

$$W^{p(MO)}(p) = \frac{k_o}{(T_o p + 1)(T_\mu p + 1)} k_p \frac{T_{из} p + 1}{T_{из} p} = \frac{k_o}{(T_o p + 1)(T_\mu p + 1)} \times$$

$$\times \frac{T_o}{2k_o T_\mu} (T_o p + 1) = \frac{1}{2T_\mu p (T_\mu p + 1)};$$



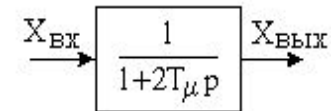
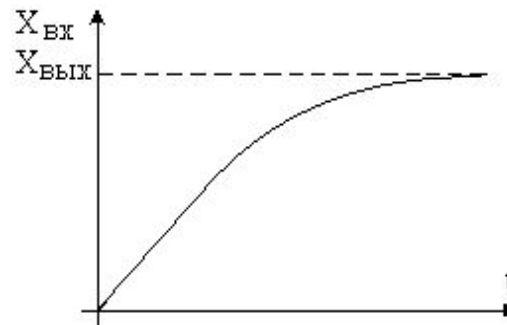
$$W_3^{3(MO)}(p) = \frac{W^{p(MO)}(p)}{1 + W^{p(MO)}(p)} = \frac{\frac{1}{2T_\mu p (T_\mu p + 1)}}{1 + \frac{1}{2T_\mu p (T_\mu p + 1)}} = \frac{1}{1 + 2T_\mu p + 2T_\mu^2 p^2}$$

$$W_3^{3(MO)}(p) \approx \frac{1}{1 + 2T_\mu}$$

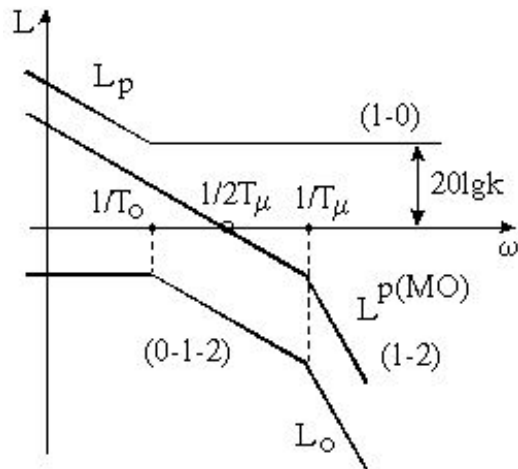
Оптимизация на модульный оптимум

Замкнутый контур, оптимизированный на МО

$$W_3^{3(MO)}(p) \approx \frac{1}{1 + 2T_\mu p}$$



Оптимизация на МО с использованием ЛАЧХ

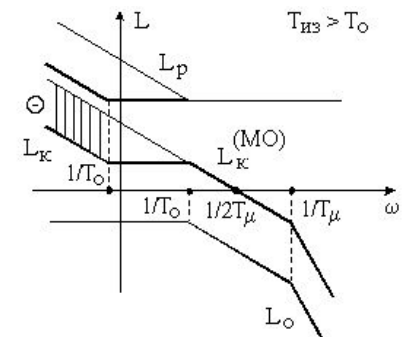
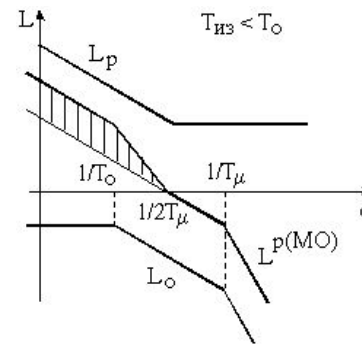
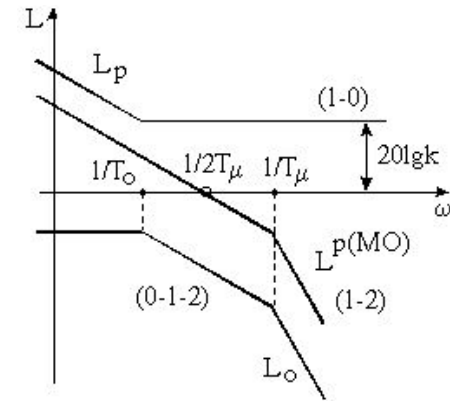
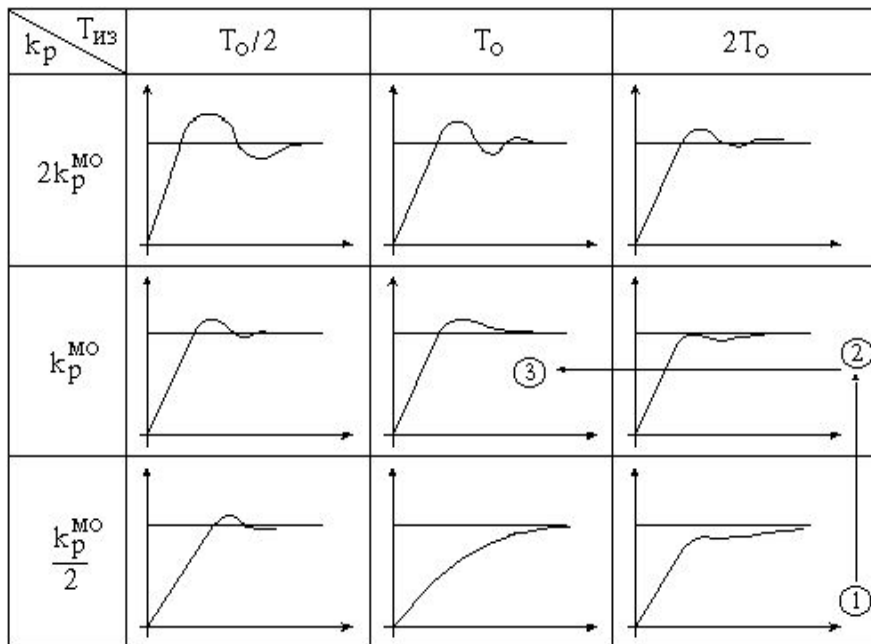


$$W^{P(MO)}(p) = W_p(p)W_o(p) = \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)}$$

$$W_p(p) = \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)W_o(p)}$$

Оптимизация на модульный оптимум

Осциллограммы сигналов при различных настройках



Оптимизация на модульный оптимум

Ошибка регулирования при настройке на МО

$$W_{\text{ош}}(p) = \frac{\Delta X(p)}{X_{\text{вх}}(p)} = \frac{X_{\text{вх}}(p) - X_{\text{вых}}(p)}{X_{\text{вх}}(p)} = 1 - W_3^3(p) = 1 - \frac{1}{1 + 2T_{\mu}p + 2T_{\mu}^2 p^2} =$$
$$= \frac{2T_{\mu}p + 2T_{\mu}^2 p^2}{1 + 2T_{\mu}p + 2T_{\mu}^2 p^2}; \quad \lim_{p \rightarrow 0} W_{\text{ош}}(p) = 0$$

$$\Delta X(p) = W_{\text{ош}}(p) \cdot X_{\text{вх}}(p).$$

Оптимизация на модульный оптимум

2. Оптимизация контура на МО в объекте которого интегрирующее звено и звено с малой постоянной времени

$$W^P(p) = W_p(p)W_o(p) = W_p(p) \frac{k_o}{T_o p(T_\mu p + 1)} = \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)} \quad W_p(p) = \frac{T_o}{2k_o T_\mu} = k_p$$

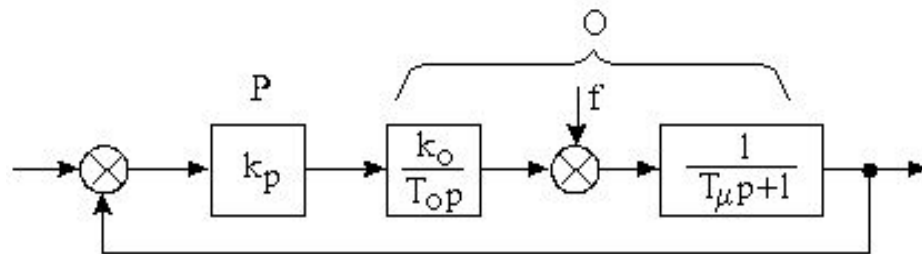
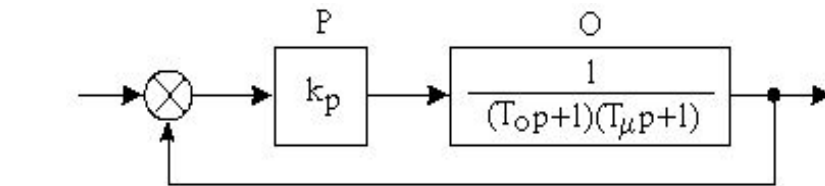
Получили регулятор П типа, при котором контур в общем случае -статический.

По заданию контур –астатический (т.к. есть интегрирующее звено в объекте).

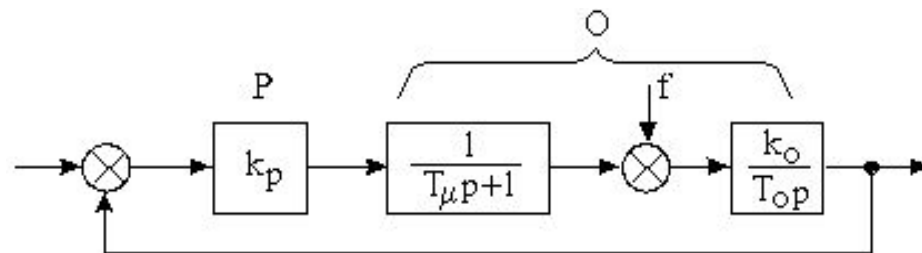
По возмущению –м.б. как статическим, так и астатическим.

Оптимизация на модульный оптимум

Варианты реализации контура регулирования



- астатический



- статический

Помнить!!! На входе звена с интегральной частью в установившемся режиме 0 !!!

Оптимизация контура на симметричный оптимум

Построение астатической контура в объекте которого интегрирующее звено и звено с малой постоянной времени.

Надо применить ПИ – регулятор: $W_p = k_p \frac{T_{из}p + 1}{T_{из}p}$

$$W^p(p) = k_p \frac{T_{из}p + 1}{T_{из}p} \frac{k_o}{T_o p (T_{\mu}p + 1)}$$

$$2a_0 a_2 = a_1^2 \rightarrow 2k_p k_o T_{из} T_o = k_p^2 k_o^2 T_{из}^2 \rightarrow 2T_o = k_p k_o T_{из};$$

$$2a_1 a_3 = a_2^2 \rightarrow 2k_p k_o T_{из}^2 T_o T_{\mu} = T_{из}^2 T_o^2 \rightarrow 2k_p k_o T_{\mu} = T_o;$$

$$W^3(p) = \frac{W^p}{1 + W^p} = \frac{\frac{k_p k_o (T_{из}p + 1)}{T_{из} T_o p^2 (T_{\mu}p + 1)}}{1 + \frac{k_p k_o (T_{из}p + 1)}{T_{из} T_o p^2 (T_{\mu}p + 1)}} =$$

$$k_p = \frac{T_o}{2k_o T_{\mu}}$$

$$2T_o = \frac{T_o}{2k_o T_{\mu}} k_o T_{из} \quad T_{из} = 4T_{\mu};$$

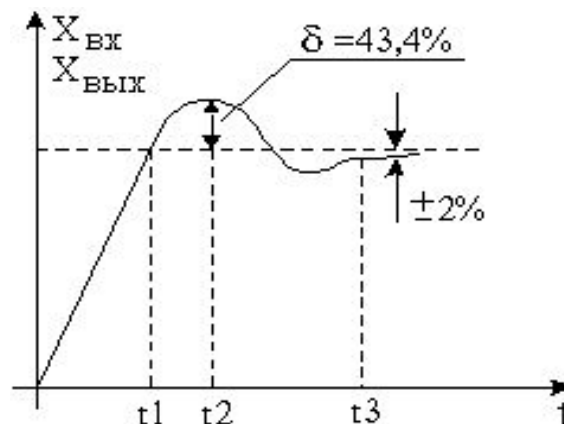
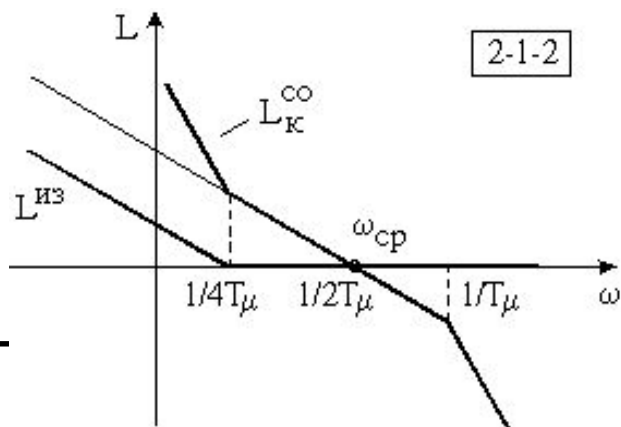
$$= \frac{k_p k_o + k_p k_o T_{из}p}{k_p k_o + k_p k_o T_{из}p + T_{из} T_o p^2 + T_{из} T_o T_{\mu} p^3};$$

Оптимизация контура на симметричный оптимум

Подстановка полученных K_p и $T_{из}$ позволяют получить:

$$W^p(p) = \frac{T_o}{2k_o T_\mu} \cdot \frac{4T_\mu p + 1}{4T_\mu p} \cdot \frac{k_o}{T_o p (T_\mu p + 1)} = \frac{4T_\mu p + 1}{4T_\mu p} \cdot \frac{1}{2T_\mu p (T_\mu p + 1)}$$

$$W_3^3(p) = \frac{1 + 4T_\mu p}{1 + 4T_\mu p + 8T_\mu^2 p^2 + 8T_\mu^3 p^3}$$



$$T_1 = 3,1 T_\mu, T_2 = 5,8 T_\mu, T_3 = 16,5$$

Название настройки – по виду ЛАЧХ

(частота среза симметрична частотам

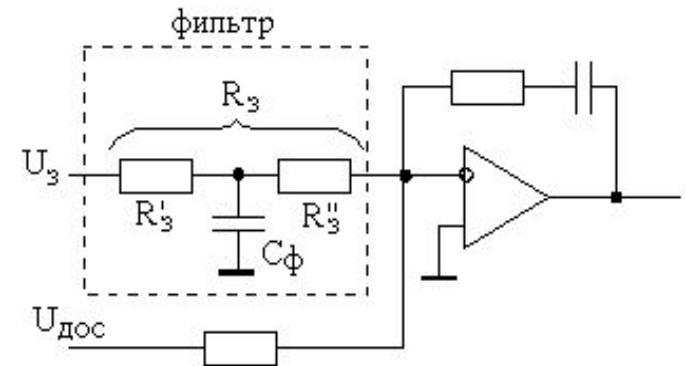
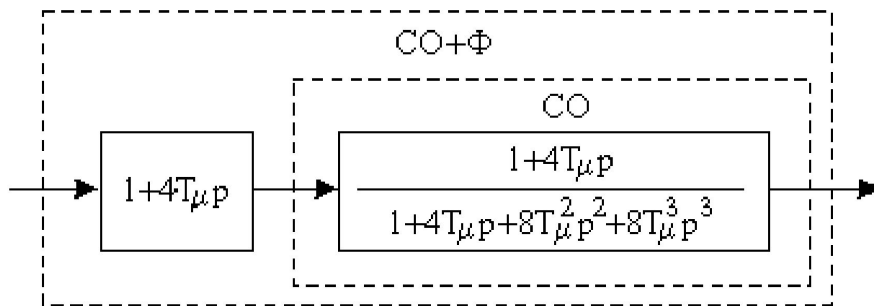
сопряжения)

Оптимизация контура на симметричный оптимум

$$W_3^3(p) = \frac{1 + 4T_{\mu}p}{1 + 4T_{\mu}p + 8T_{\mu}^2 p^2 + 8T_{\mu}^3 p^3}$$

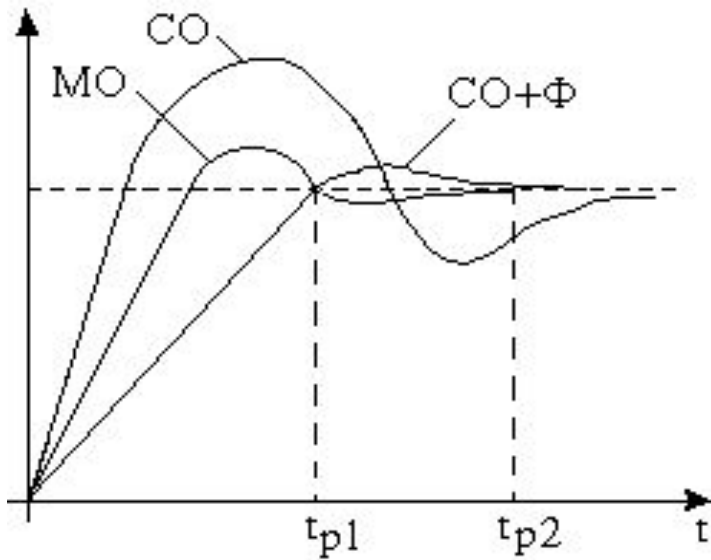
Повышенное перерегулирование – из-за форсирующего (упреждающего) звена в числителе. Для снижения перерегулирования на входе контура включают фильтр

$$W_{\phi}(p) = \frac{1}{1 + 4T_{\mu}p}, \text{ тогда } W_{3(\text{CO}+\phi)}^3(p) = \frac{1}{1 + 4T_{\mu}p + 8T_{\mu}^2 p^2 + 8T_{\mu}^3 p^3} \approx \frac{1}{1 + 4T_{\mu}p}$$



Оптимизация на симметричный оптимум

Осциллограммы при различных настройках



	МО	СО	СО+Ф
$\sigma, \%$	4,3	43,4	8,1
t_1	$4,7T_\mu$	$3,1T_\mu$	$7,6T_\mu$
t_2	$6,3T_\mu$	$5,8T_\mu$	$9,8T_\mu$
t_3	$8,4T_\mu$	$16,5T_\mu$	$13,3T_\mu$