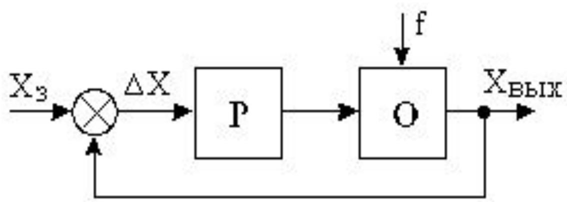
Оптимизация контуров регулирования

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

Оптимизация контуров регулирования



При единичной обратной связи

$$W_з^з(p) = \frac{X_{вых}(p)}{X_{вх}(p)} = \frac{W^p(p)}{1+W^p(p)} = \frac{W_p W_o}{1+W_p W_o}$$

При наличии датчика обратной связи

$$W_з^з(p) = \frac{W_{пк}(p)}{1+W^p(p)} = \frac{W_p W_o}{1+W_p W_o W_{дос}}$$

Идеальный режим

$$\frac{X_{вых}(p)}{X_з(p)} = 1 \qquad W_з^з(p) = 1$$

$$\frac{X_{вых}(p)}{X_{возм}(p)} = 0 \qquad W_{возм}^з(p) = 0$$

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

Оптимизация контуров регулирования

Передаточные функции замкнутых систем АЭП

1.

$$\left|W_з^{\,з}(j\omega)\right| = \frac{b_0}{\sqrt{(a_0 - \omega^2 a_2)^2 + \omega^2 a_1^2}} = \frac{b_0}{\sqrt{a_0^2 - \omega^2 (a_1^2 - 2a_0 a_2) + \omega^4 a_2^2}}$$

$$W_з^{\,з}(p) = \frac{b_o}{a_o + a_1 p + a_2 p^2}$$

$$\left|W_з^{\,з}(j\omega)\right| \to 1$$ при $2a_0a_2 = a_1^2$

2.

$$W_з^{\,з}(p) = \frac{b_0 + b_1 p}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3}$$

$$\left|W_з^{\,з}(j\omega)\right| \to 1$$ при $2a_0a_2 = a_1^2$ $2a_1a_3 = a_2^2$

Оптимизация контуров регулирования

Оптимизация на модульный оптимум.

1. Объект контура содержит большую (То) и малую (Тμ) 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: Тиз= То, а Кр=?

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:

$$W_з{}^з(p) = \frac{W_{пк}(p)}{1 + W_{пк}(p) W_{oc}(p)} = \frac{W_p{}^p(p)}{1 + W_p{}^p(p)} = \frac{\dfrac{k_o k_p}{T_o p(T_\mu p + 1)}}{1 + \dfrac{k_o k_p}{T_o p(T_\mu p + 1)}} = \frac{k_o k_p}{k_o k_p + T_o p + T_o T_\mu p^2}$$

где $k_0 k_p = b_0 = a_0;\ T_0 = a_1;\ T_0 T_\mu = a_2.$

Из условия оптимизации на модульный оптимум: $2a_0 a_2 = a_1{}^2$,

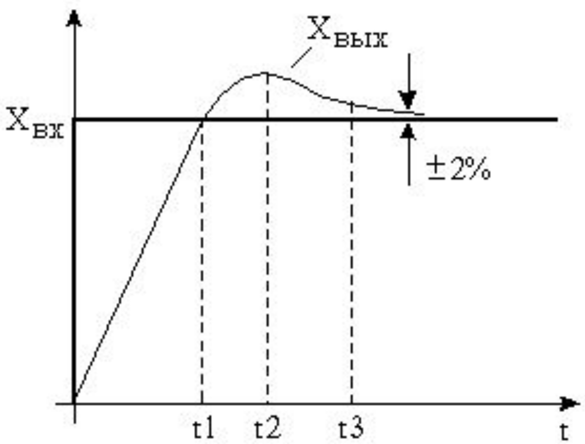
запишем $2k_p k_0 T_0 T_\mu = T_0{}^2;$ Откуда находим: $k_p = \dfrac{T_o}{2k_o T_\mu}$

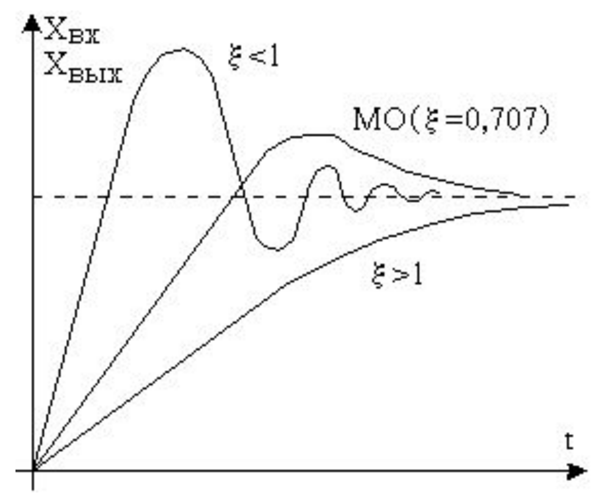
После подстановки имеем:

$$W_з{}^з(p) = \frac{k_o \dfrac{T_o}{2k_o T_\mu}}{k_o \dfrac{T_o}{2k_o T_\mu} + T_o p + T_o T_\mu p^2} = \frac{1}{1 + 2T_\mu p + 2T_\mu{}^2 p^2}$$

Оптимизация на модульный оптимум

Осциллограммы выходного сигнала при скачке задания





Є = 4.3 % , T1= 4,7 Tμ,   T2 =6,3 Tμ,   T3 = 8,4 Tμ

$ = 0, 707.

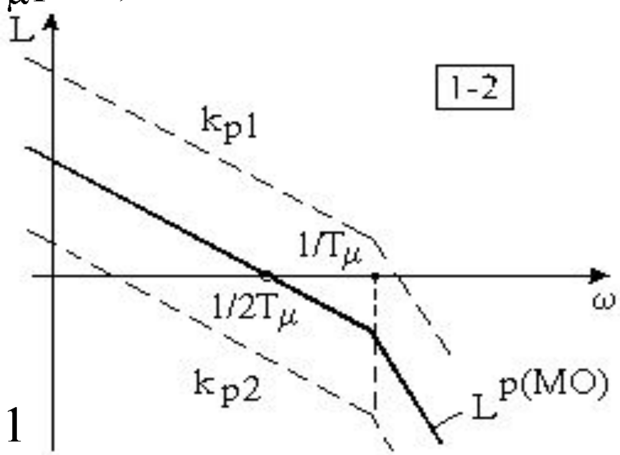
$$W_з^{\,з}(p) = \frac{1}{1 + \beta p + \alpha p^2} \qquad r_{1,2} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}}{2\alpha} \qquad \xi = \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}}$$

Оптимизация на модульный оптимум

ЛАЧХ контура, оптимизированного на МО.

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

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



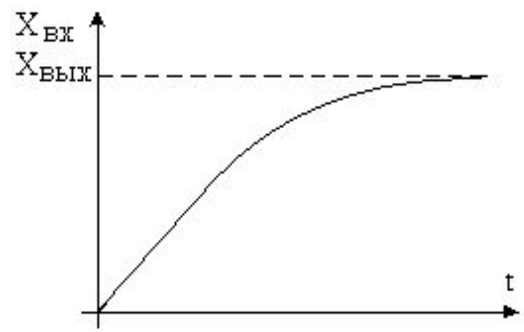
$$W_з^{з(\text{мо})}(p) = \frac{W^{p(\text{мо})}(p)}{1 + W^{p(\text{мо})}(p)} = \frac{\frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)}}{1 + \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)}} = \frac{1}{1 + 2T_\mu p + 2T_\mu{}^2 p^2}$$

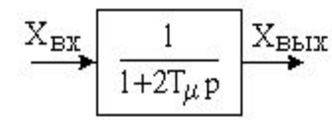
$$W_з^{з(\text{мо})}(p) \approx \frac{1}{1 + 2T_\mu}$$

Оптимизация на модульный оптимум

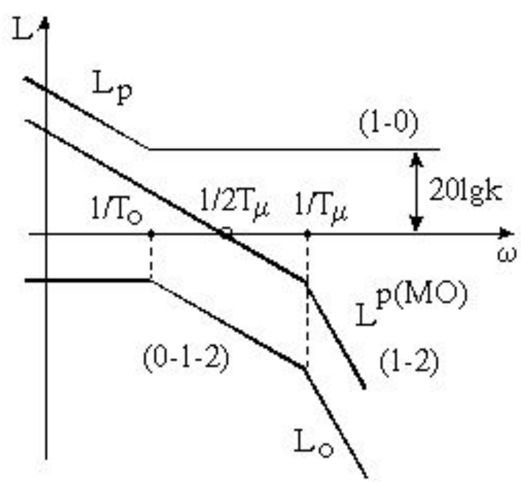
Замкнутый контур, оптимизированный на МО

$$W_з^{з(мо)}(p) \approx \frac{1}{1+2T_\mu}$$





Оптимизация на МО с использованием ЛАЧХ

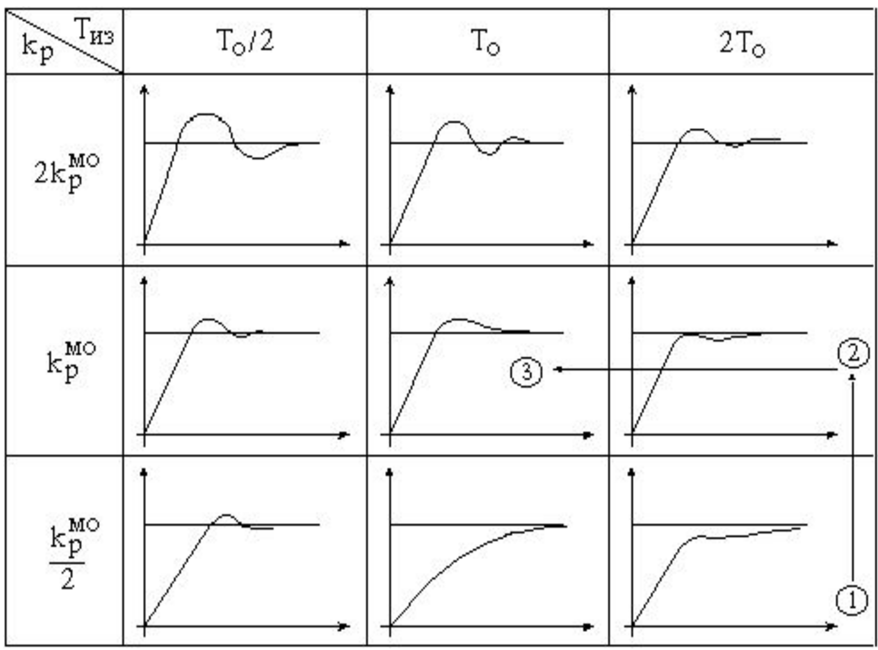


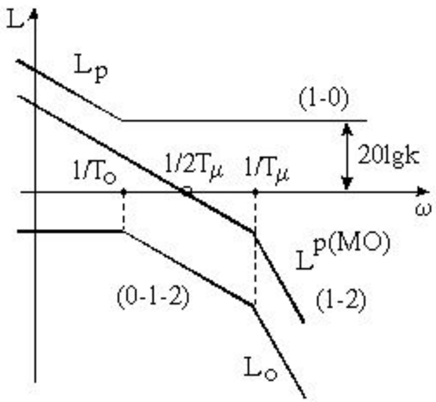
$$W^{p(мо)}(p) = W_p(p)W_o(p) = \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p+1)}$$

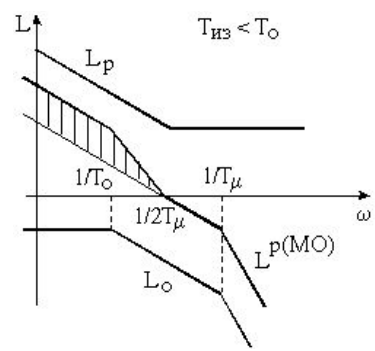
$$W_p(p) = \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p+1)W_o(p)}$$

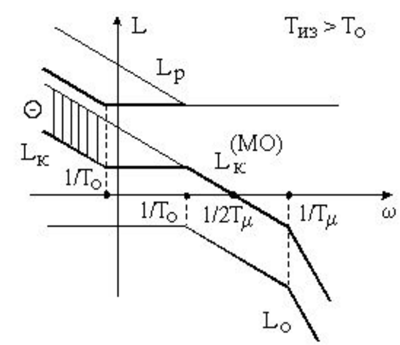
Оптимизация на модульный оптимум

Осциллограммы сигналов при различных настройках









Оптимизация на модульный оптимум

Ошибка регулирования при настройке на МО

$$W_{ош}(p) = \frac{\Delta X(p)}{X_{вх}(p)} = \frac{X_{вх}(p) - X_{вых}(p)}{X_{вх}(p)} = 1 - W_з^з(p) = 1 - \frac{1}{1 + 2T_\mu p + 2T_\mu{}^2 p^2} =$$

$$= \frac{2T_\mu p + 2T_\mu{}^2 p^2}{1 + 2T_\mu p + 2T_\mu^2 p^2};$$

$$\lim_{p \to 0} W_{ош}(p) = 0$$

$\Delta X(p) = W_{ОШ}(p) \cdot X_{ВХ}(p).$

Оптимизация на модульный оптимум

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

$$W^{p}(p) = W_{p}(p) W_{o}(p) = W_{p}(p) \frac{k_{o}}{T_{o} p (T_{\mu} p + 1)} = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} \quad W_{p}(p) = \frac{T_{o}}{2k_{o} T_{\mu}} = k_{p}$$

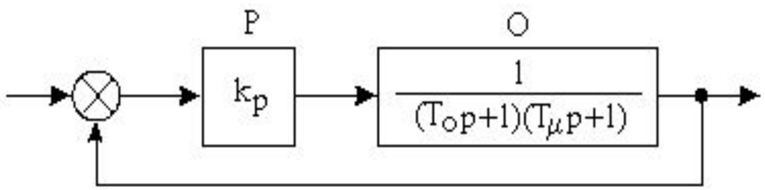
Получили регулятор П типа, при котором контур в общем случае -статический.

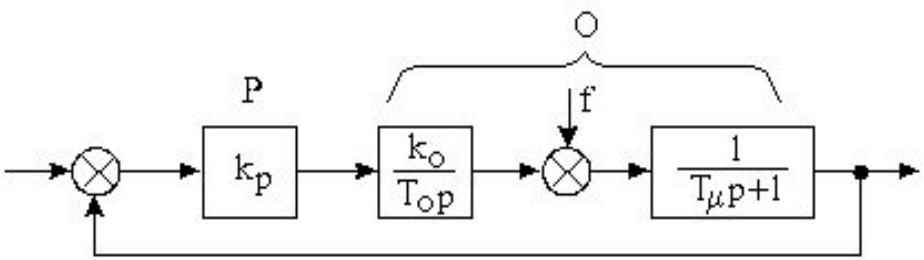
По заданию контур –астатический (т.к. есть интегрирующее звено в объекте).

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

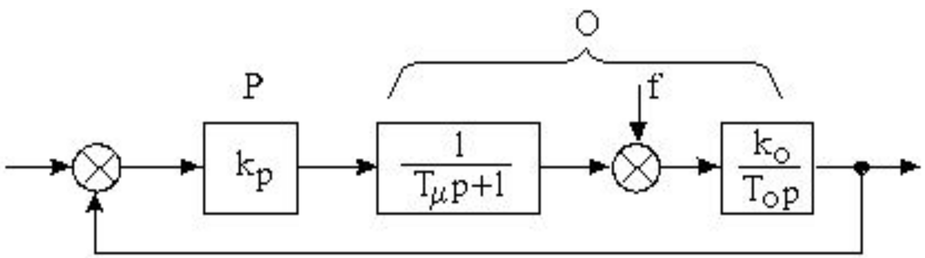
Оптимизация на модульный оптимум

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: $$W_p = k_p \frac{T_{из}p+1}{T_{из}p}$$

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

$2a_0a_2 = a_1^2 \rightarrow 2k_pk_0T_{ИЗ}T_0 = k_p^2k_0^2T_{ИЗ}^2 \rightarrow 2T_0 = k_pk_0T_{ИЗ}$;

$2a_1a_3 = a_2^2 \rightarrow 2k_pk_0T_{ИЗ}^2T_0T_\mu = T_{ИЗ}^2T_0^2 \rightarrow 2k_pk_0T_\mu = T_0$;

$$W^з(p) = \frac{W^p}{1+W^p} = \frac{\dfrac{k_pk_o(T_{из}p+1)}{T_{из}T_op^2(T_\mu p+1)}}{1+\dfrac{k_pk_o(T_{из}p+1)}{T_{из}T_op^2(T_\mu p+1)}} =$$

$$= \frac{k_pk_o + k_pk_oT_{из}p}{k_pk_o + k_pk_oT_{из}p + T_{из}T_op^2 + T_{из}T_oT_\mu p^3};$$

$$k_p = \frac{T_o}{2k_oT_\mu}$$

$$2T_o = \frac{T_o}{2k_oT_\mu} k_oT_{из}$$

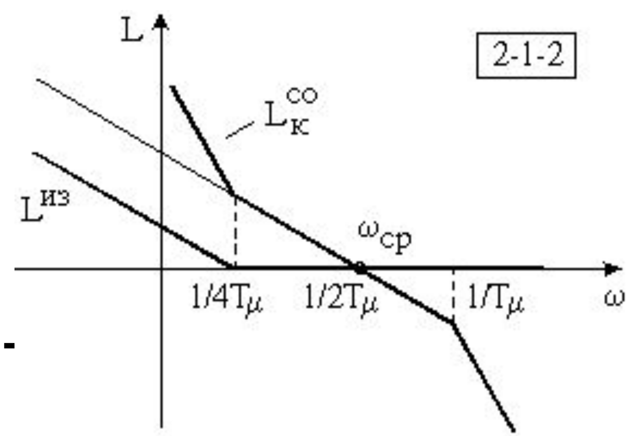
$T_{ИЗ} = 4T_\mu$;

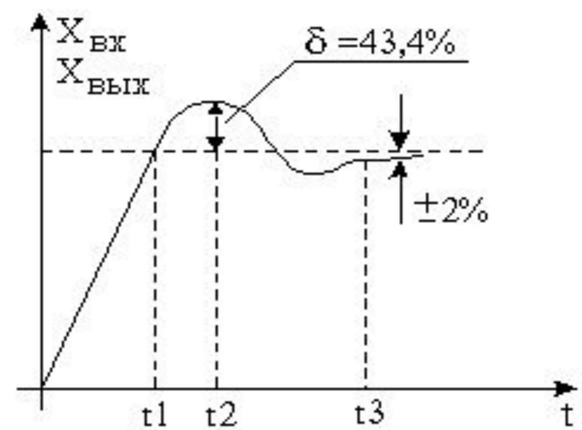
Оптимизация контура на симметричный оптимум

Подстановка полученных Кр и Тиз позволяют получить:

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

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





T1=3,1 Tμ, T2 = 5,8 Tμ, T3 = 16,5

-

Название настройки – по виду ЛАЧХ

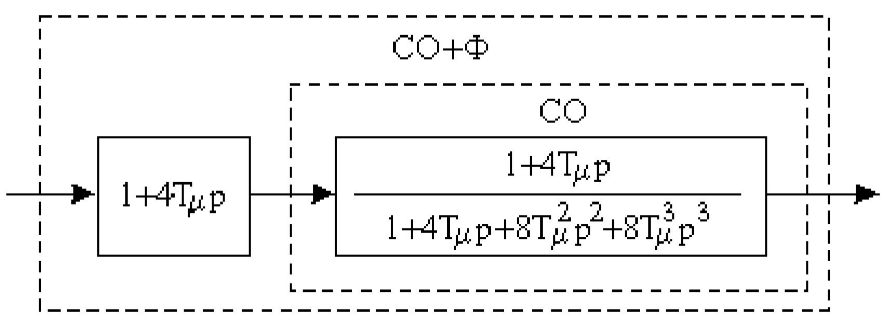
(частота среза симметрична частотам сопряжения)

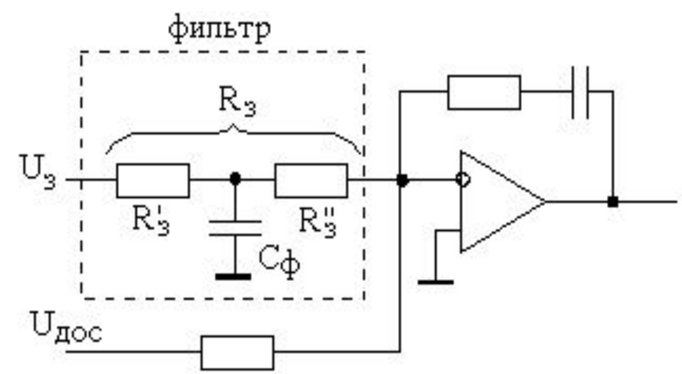
Оптимизация контура на симметричный оптимум

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

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

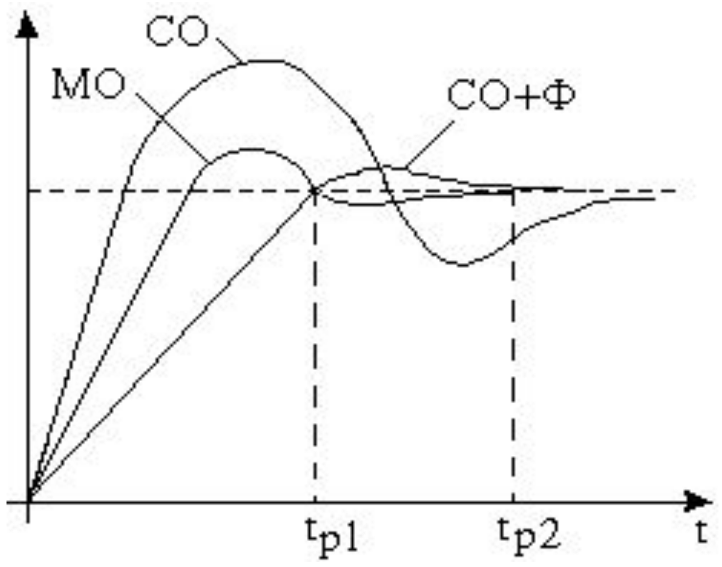
$W_ф(p) = \dfrac{1}{1+4T_\mu p}$,тогда $W^з_{з(со+ф)}(p) = \dfrac{1}{1+4T_\mu p + 8T_\mu{}^2 p^2 + 8T_\mu{}^3 p^3} \approx \dfrac{1}{1+4T_\mu p}$





Оптимизация на симметричный оптимум

Осциллограммы при различных настройках



	MO	CO	CO+Ф
σ , %	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	$8{,}4T_{\mu}$	$16{,}5T_{\mu}$	$13{,}3T_{\mu}$