ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**Теория автоматического управления.
Часть №2**

Лекция № 8

Каскадные системы регулирования

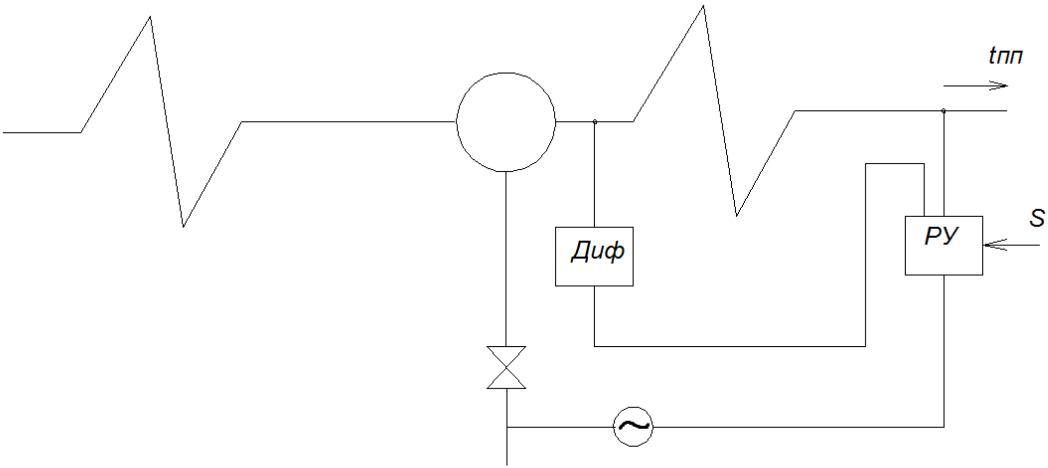
Томск, 2019

Каскадные системы регулирования

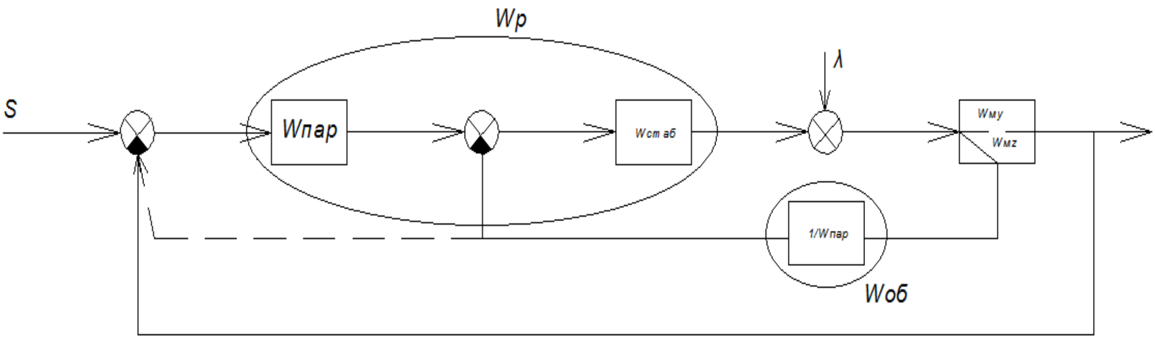
В промышленных системах регулирования **наибольшее запаздывание**, как правило, наблюдается **по каналу регулирующего воздействия**. Поэтому с целью подавления возмущений, идущих по этому каналу, **вспомогательную регулируемую величину** целесообразно выбирать **в непосредственной близости от регулирующего органа**.

Системы автоматического регулирования, в которых вспомогательную регулирующую величину выбирают в непосредственной близости от регулируемого органа с целью эффективного подавления возмущений, идущих по каналу регулирующего воздействия, называют **каскадными**.

Система регулирования температуры перегретого пара



Каскадные системы регулирования



По каналу возмущений:

$$W_{\lambda y} = W_{\mu y}$$

$$W_{\lambda z} = W_{\mu z}$$

$$t_{\lambda y} = t_{\mu y}$$

$$t_{\lambda z} = t_{\mu z}$$

Причем в идеале $t_{\lambda z}$ и $t_{\mu z} \rightarrow 0$

Если выполняются эти условия, то можно полностью избавиться от λ, так как весовые характеристики могут полностью совпадать.

Чтобы $w_1(t) = w_2(t)$ $\mathrm{W}_{\lambda y}(P) = \Phi(P)$

Это возможно при $W_p(P) \to \infty$

Покажем, это

$$\Phi(P) = \frac{W_p W_{\mu y} \cdot (W_{\lambda y} + W_{\lambda z} W_z)}{1 + W_p (W_{\mu y} + W_{\mu z} W_d)}$$

Пусть $W_p \to \infty$, тогда поделив на W_p

$$\Phi(\mathrm{P}) = \frac{W_{\mu y} W_{\lambda y} + W_{\mu y} W_{\lambda z} W_d}{W_d W_{\mu z} + W_{\mu y}} \cdot \lim_{W_p \to \infty} \Phi(P)$$

$$\text{т.к.} \quad W_{\mu y} = W_{dy}, \ \text{а} \ W_{\lambda z} = W_{\mu z}, \ \text{то} \ \lim_{W_p \to \infty} \Phi(P) = W_{\lambda y}.$$

Причем к преобразованию по W_d не предъявляются специальные требования. Поэтому **выбор преобразования $\mathbf{W_d}$ должен быть осуществлен из условия эффективного подавления функций возмущений, не идущих по каналу регулируемого воздействия**.

Каскадные системы регулирования

Рассмотрим порядок инженерного расчета следящих систем регулирования.

1) Передаточная функция замкнутой каскадной системы по каналу S-Y

$$\Phi_{sy}(\mathrm{P}) = \frac{W_p W_{\mu y}}{1 + W_p (W_{\mu y} + W_d W_{\mu z})}$$

Пусть $W_p \to \infty$, тогда $\Phi_{sy}(P) = \dfrac{W_{\mu y}}{W_{\mu y} + W_d W_{\mu z}}$

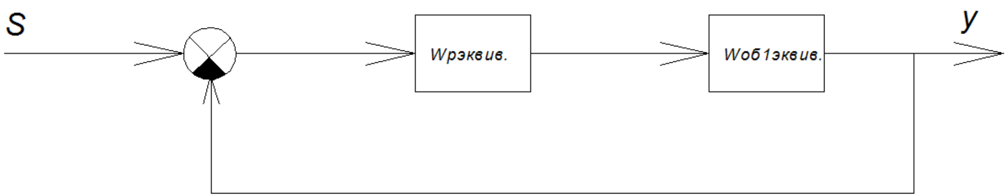
Перепишем получится выражение в виде (поделим на $W_d W_{\mu z}$)

$$\Phi_{sy} = \frac{\dfrac{1}{W_d} \cdot \dfrac{W_{\mu y}}{W_{\mu z}}}{\dfrac{W_{\mu y}}{W_{\mu z}} \cdot \dfrac{1}{W_d} + 1}$$

Структура этого выражения показывает, что это соответствует обычной одноконтурной системе регулирования, в которой $\dfrac{W_{\mu y}}{W_{\mu z}} = W_{об.эквивалент.1}$

Регулирование эквивалентной $W_{р.эквив} = \dfrac{1}{W_d}$

Получим:



Обычно в каскадной системе в качестве преобразователя применены реальная дифференциальное звено с передаточной функцией.

$$W_d = k_d \frac{T_d P}{T_d P + 1}$$

k_d - коэффициент передаточного дифференциального звена

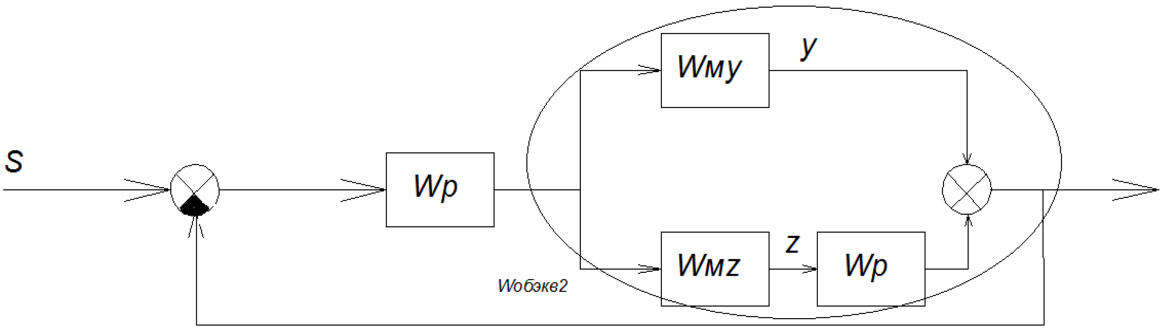
T_d - постоянная дифференцирования

$$\frac{1}{W_d} = \frac{1}{k_d} \cdot \frac{T_d P + 1}{T_d P} = k_p \text{эквив} \cdot \frac{T_{иэ} P + 1}{T_{иэ}}$$

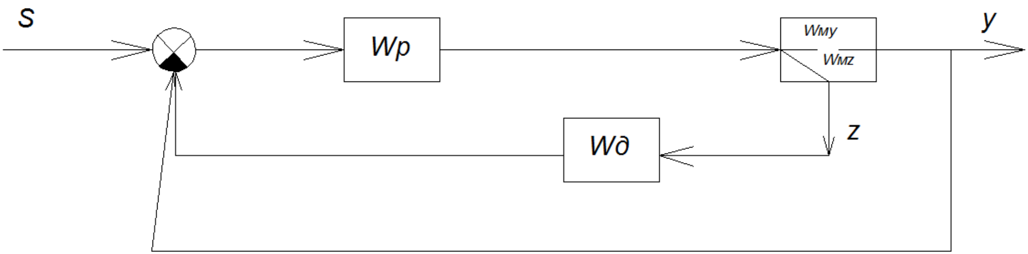
$$\text{где} \quad T_{иэ} = T_d, \ \text{а} \ k_p \text{эквив} = \frac{1}{k_d}$$

2) Расчет параметров настройки регуляторов.

Мы условно принимаем $W_p \to \infty$, в реалии же нет.



3) Проверка гипотезы $W_p \to \infty$ (проверка возможности раздельного расчета контуров)

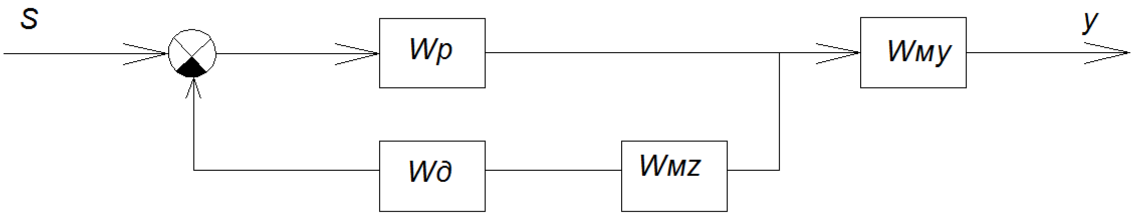


Определим $W_{p.c}$, т.к. если для нее выполняется эта гипотеза, то и для замкнутой системы: $W_{зс} = \Phi_{sy}$

$$\Phi_{sy} = \frac{W_{p.c}}{1 + W_{p.c}}$$

Каскадные системы регулирования

Разомкнутая система:



Гипотеза о том, что $W_p \to \infty$, будет выполняться при найденных переменных W_d и W_p, если частотные характеристики разомкнутой системы при $W_p \to \infty$ и найденных параметрах W_d и W_p будут совпадать идеально или с небольшими отклонениями друг от друга.

$$W_{p.c} = \frac{W_p W_{\mu y}}{1 + W_d W_{\mu z} W_p}$$

Каскадные системы регулирования

Найдем $W_{p.c}$ при $W_p \to \infty$, $W'_{p.c} = \dfrac{W_{\mu y}}{W_d W_{\mu z}}$

Если частотные характеристики $W'_{p.c}$ и $W_{p.c}$ совпадают, то гипотеза выполняется.

Показатель совпадает $\Delta(iw) = \dfrac{W_{p.c}(iw)}{W'_{p.c}(iw)} = \dfrac{W_p W_\lambda W_{\mu z}}{1 + W_p W_d W_{\mu z}}$

Если совпадают, то $\Delta(\mathrm{iw}) = 1$ или близкое к 1.

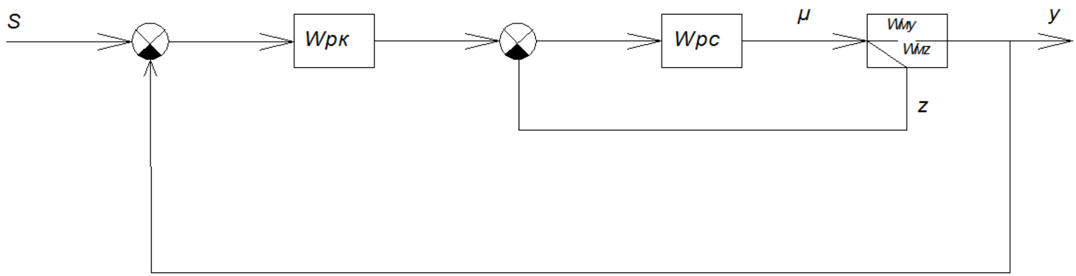
Наибольшую опасность с точки зрения запасоустойчивости вызывает отклонение частотной характеристики АФЧХ разомкнутой системы на резонансной частоте. Поэтому достигнуть выполнение условия $\Delta(\mathrm{iw}_{резон}) \approx 1$

W_p получится при расчете параметров настройки регуляторов (пункт 2).

Если гипотеза выполняется, то расчет окончен. Если нет, то это говорит о том, что введение дополнительного информационного канала дает малый эффект. Представленный алгоритм расчета не обоснован. Однако найденные параметры настройки системы могут являться начальным приближением к улучшению параметров другими методами.

Каскадные системы регулирования

Рассмотрим каскадные системы с корректирующим и задающим регулятором.



W_{pk} – передаточная функция корректирующего регулятора

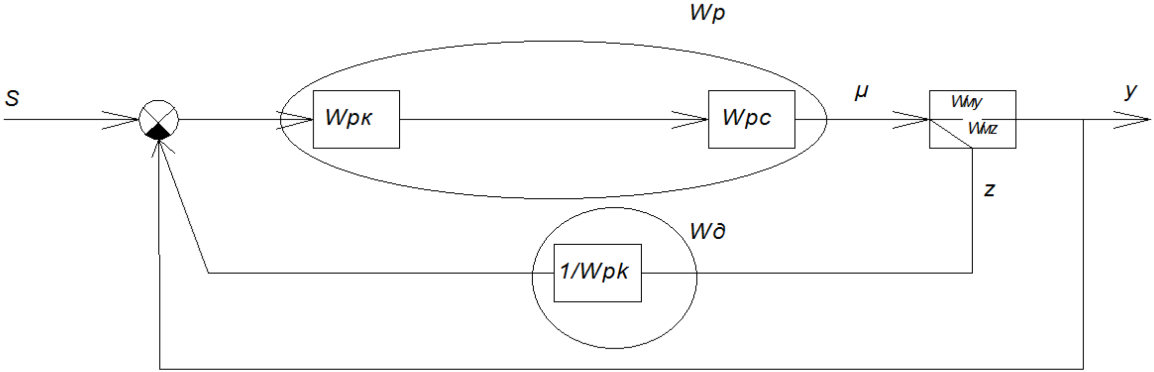
W_{pc} – передаточная функция стабилизирующего регулятора

В данном случае эта каскадная система соответствует системе с W_d (рассмотренная ранее).

Покажем, что эти схемы идентичны по своим свойствам.

Каскадные системы регулирования

Получаем:



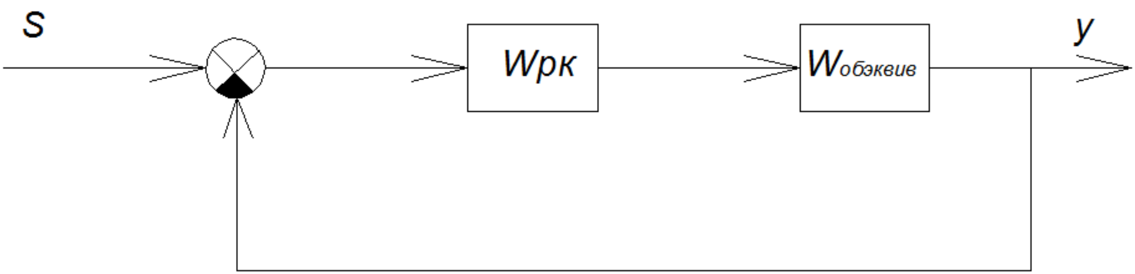
Обозначим: $\dfrac{1}{W_{pk}} = W_d$, $a \quad W_{pk} \cdot W_{pc} = W_p$

Тогда получим идентичную схему, для которой уже была рассмотрен синтез и т.д.

При отсутствии связи между W_{pk} и W_{pc} расчет начинается со стабилизирующего регулятора (первый этап) по $W_{\mu z}$

Каскадные системы регулирования

2-ой этап: этап расчета корректирующего регулятора.



$$W_{об.эквив} = \frac{W_{pc}W_{\mu y}}{1 + W_{pc}W_{\mu z}}$$