



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Теория автоматического управления.
Часть №2



Лекция № 7

Системы с дополнительными информационными каналами

Томск, 2019



Если одноконтурная АСР (АСУ) с ПИД-регулятором недостаточно эффективно подавляет действие возмущений, то это свидетельствует **о необходимости усложнения информационной структуры системы, т.е. о необходимости введения добавочных информационных каналов**, обеспечивающих связь регулятора с объектом.

Во всякой информационной структуре имеется предел достижимой точности регулирования, **обусловленный наличием запаздывания в регулирующем канале объекта**. Если предельно достижимая точность не удовлетворяет требованиям технологической работоспособности системы, **одноконтурная система становится принципиально неприменимой**, сколь бы совершенным ни был алгоритм работы регулятора.



Способы усложнения системы регулирования

Существуют **2 основных способа усложнения информационной структуры** системы регулирования:

- **система с компенсацией возмущений** – в регулятор вводятся добавочные сигналы, отражающие изменение возмущающих воздействий;
- **система со вспомогательными регулируемыми величинами** – в регулятор вводится добавочная информация об изменении некоторых специально подобранных величин **более оперативно**, чем управляемая величина, характеризующая изменение текущего состояния объекта.



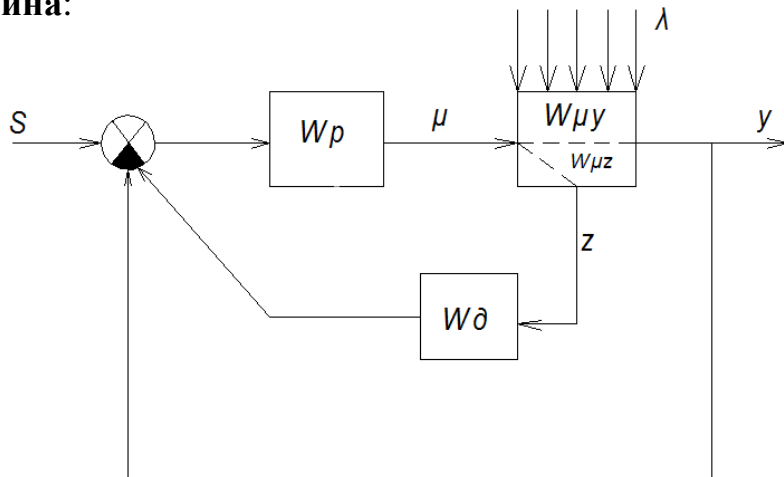
Главное практическое отличие системы с компенсацией возмущений от системы со вспомогательными регулируемыми величинами заключается в том, что вторая система имеет дополнительный замкнутый контур.

Можно повысить точность регулирования за счет:

1. Выделения в составе возмущений детерминированной составляющей.
2. Выделения в составе объекта некоторого параметра, который откликается на возмущение с меньшим запаздыванием.



Рассмотрим систему, когда в составе объекта имеется некоторый параметр, который откликается на возмущение воздействия с **меньшим запаздыванием, чем основная регулируемая величина:**





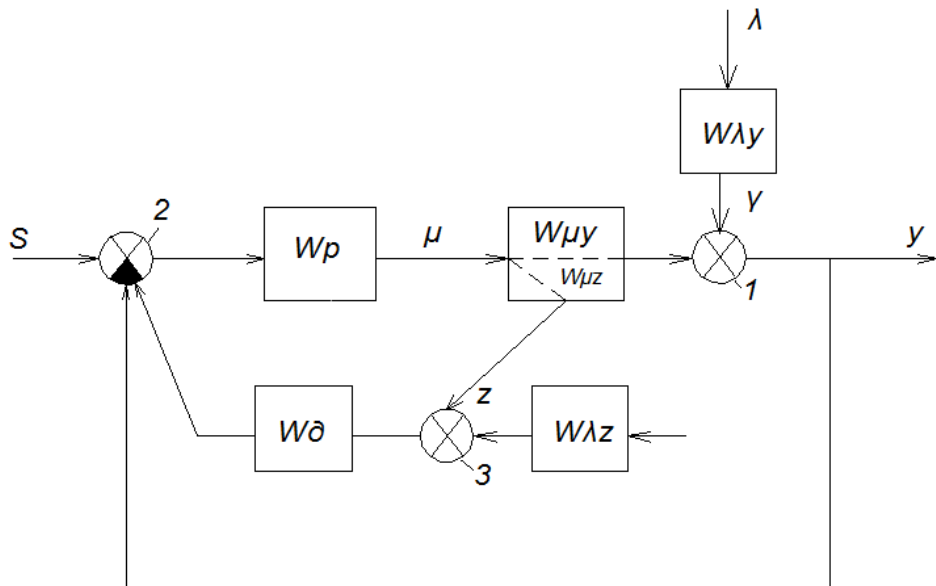
Элемент системы или контур называется **информационным**, если его ввод в систему повышает предельную динамическую точность, в противном случае элемент называют простым или **корректирующим**.

Необходимо определить:

1. Каким образом выбирать вспомогательную величину.
2. Осуществить синтез оптимального регулирования и преобразования.
3. Какова динамическая точность.
4. Какой выигрыш в динамической точности путем введения дополнительного информационного канала.



Приведем систему к виду, учитывающему каналы возмущения и объекта:

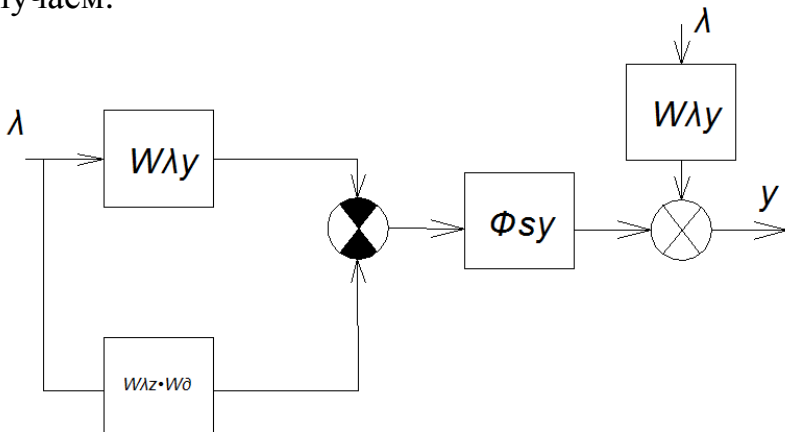




Преобразим схему к виду для получения W системы по каналу λ -у:

1. Вынесем сумматор (1) за контур обратной связи, тогда на второй сумматор подаем γ .
2. Переносим сумматор (3) на вход системы.

Тогда получаем:





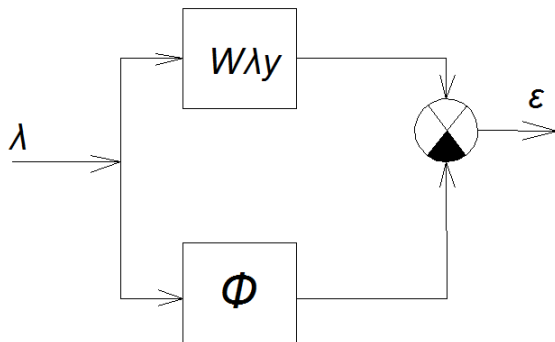
$$\Phi_{sy} = \frac{\Phi_1 \cdot W_{\mu y}}{1 + \Phi_1 \cdot W_{\mu y}}, \quad \Phi_1 = \frac{W_p}{1 + W_p \cdot W_{\Delta} \cdot W_{\mu z}}, \quad \text{тогда:}$$

$$\Phi_{sy} = \frac{\frac{W_p \cdot W_{\mu y}}{1 + W_p \cdot W_{\Delta} \cdot W_{\mu z}}}{1 + \frac{W_p \cdot W_{\mu y}}{1 + W_p \cdot W_{\Delta} \cdot W_{\mu z}}}, \quad \text{получаем:}$$

$$\Phi_{sy} = \frac{W_p \cdot W_{\mu y}}{1 + W_p \cdot W_{\Delta} \cdot W_{\mu z} + W_p \cdot W_{\mu y}} = \frac{W_p \cdot W_{\mu y}}{1 + W_p (W_{\Delta} \cdot W_{\mu z} + W_{\mu y})}$$



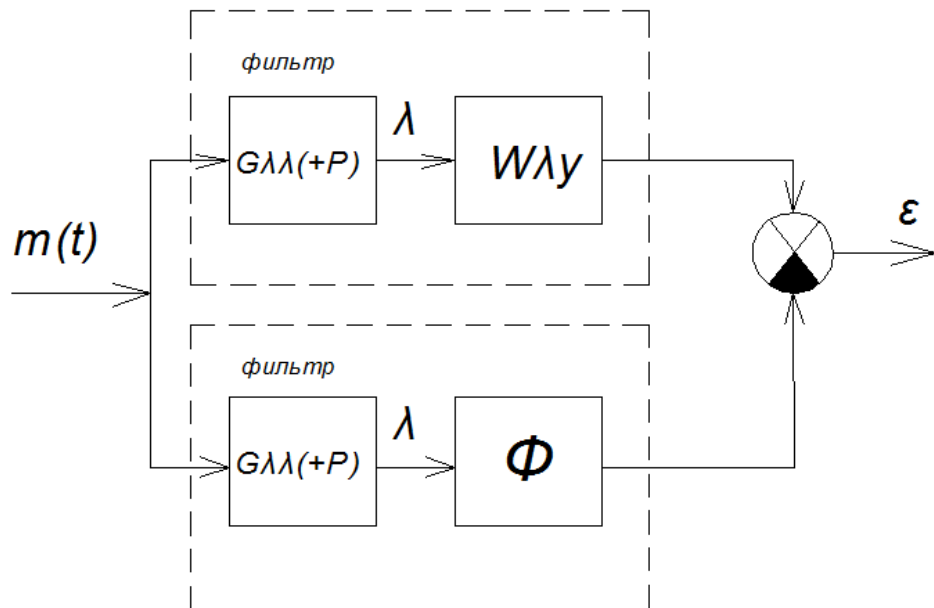
Структурную схему представим в виде:



$$\Phi = (W_{\lambda_y} + W_{\lambda_z} \cdot W_D) \cdot \Phi_{sy} = \frac{W_p \cdot W_{\mu_y} \cdot ((W_{\lambda_y} + W_{\lambda_z} \cdot W_D))}{1 + W_p (W_D \cdot W_{\mu_z} + W_{\mu_y})}$$



Структурную схему системы с дополним фильтром, на вход которого подается «белый шум»:





Для системы, на вход которой подается «белый шум»:

$$\gamma_\varepsilon^\gamma = \int_0^\infty [w_1(t) - w_2(t)]^2 dt$$

Чтобы $\gamma_\varepsilon^\gamma \rightarrow \min$

При $w_1(t) \rightarrow w_2(t)$, $\gamma_\varepsilon^\gamma \rightarrow 0$



Рассмотрим два варианта:

$$1. \tau_{\lambda z} < \tau_{\lambda y}$$

$$2. \tau_{\lambda z} > \tau_{\lambda y}$$

Определим запаздывание последовательного и параллельного соединения звеньев.

$W_{\mu y} \cdot W_{\lambda y}$ (последовательное соединение)

$$\text{тогда: } e^{-p\tau_{\mu y}} \cdot e^{-p\tau_{\lambda y}} = e^{-p(\tau_{\mu y} + \tau_{\lambda y})}$$

$$W_{\mu y} \cdot W_{\lambda z} \Rightarrow \tau_{\mu y} \cdot \tau_{\lambda z}$$

После этого нужно сложить $W_{\mu y} \cdot W_{\lambda y} + W_{\mu y} \cdot W_{\lambda z}$ в формуле

в числителе \Rightarrow сравниваем $\tau_{\mu y} + \tau_{\lambda z}$

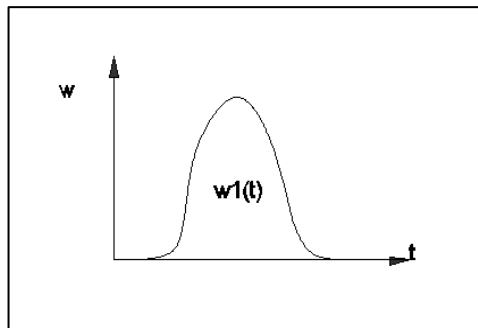
$$\tau_{\mu y} + \tau_{\lambda y}$$



$$\tau_{\lambda y} + \tau_{my}$$

$\tau_{\lambda z} + \tau_{my}$ – наименьшее запаздывание

$$w_z^{onm}(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < \tau_{\lambda z} + \tau_{my} \\ w_1(t) & \text{при } t > \tau_{\lambda z} + \tau_{my} \end{cases}$$



$$\delta_{\varepsilon \min}^2 = \int_{\tau_{\lambda z}}^{\tau_{\lambda z} + \tau_{my}} w_1^2(t) dt$$
 - минимальное значение дисперсной 2х контурной ошибки регулирования.

Найдем дисперсную ошибку регулирования в случае одноконтурной системы. Запаздывание в верхней части остается прежним.

$$\tau_{\lambda y} + \tau_{my}$$

$$\delta_{\varepsilon \min}^2 = \int_{\tau_{\lambda y}}^{\tau_{\lambda y} + \tau_{my}} w_1^2(t) dt$$
 - 1 контурная

$\tau_{\lambda y} > \tau_{\lambda z} + \tau_{my}$ - условие полной инвариантности системы по отношению к λ



Если: $\tau_{\lambda z} < \tau_{\lambda y}$, то получаем выигрыш с дополнительным каналом.

Если: $\tau_{\lambda z} = \tau_{\lambda y}$, то выигрыш = 0 (нет пользы от доп. канала).

Если: $\tau_{\lambda z} > \tau_{\lambda y}$, то дополнительный канал вредит системе.