

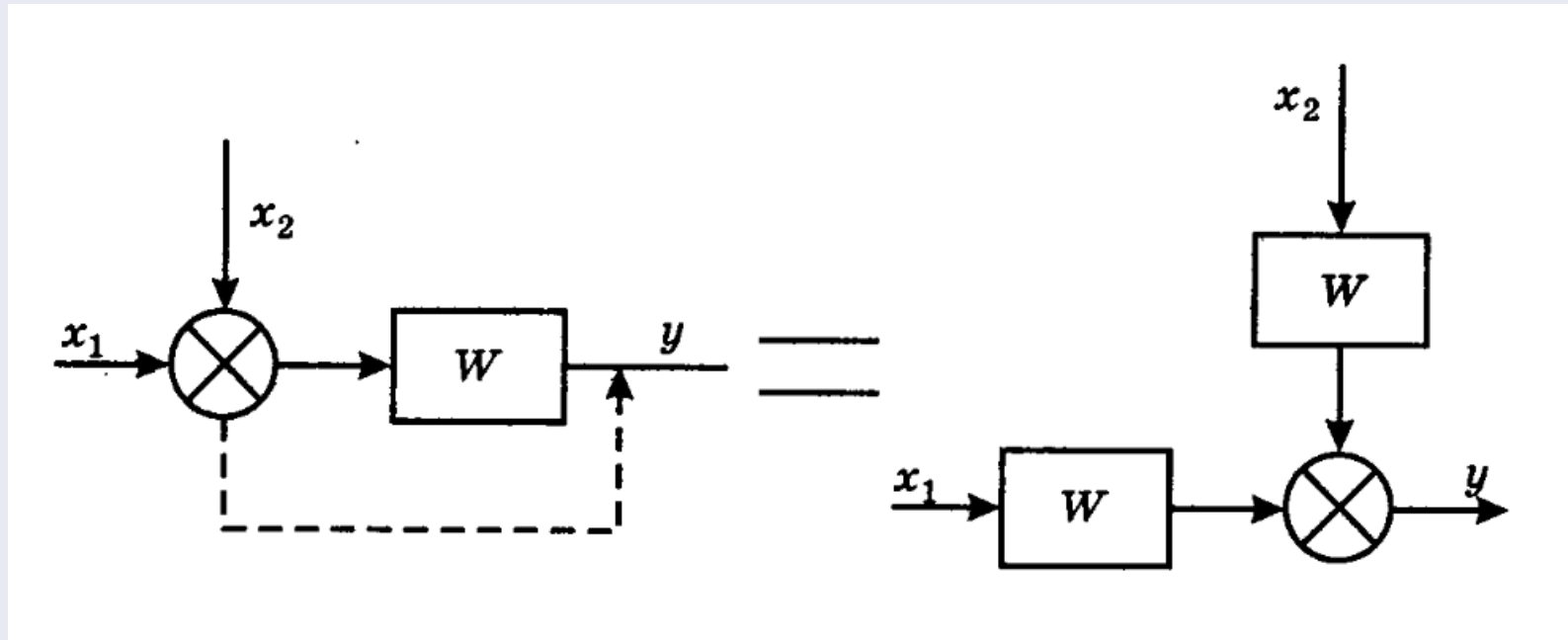
Преобразования структурных схем,
системы автоматического управления и регулирования

- 1 Правила преобразования структурных схем
- 2 Системы автоматического управления и регулирования

Правила преобразования структурных схем

Нередко для нахождения передаточной функции всей системы приходится выполнять преобразования структурных схем. Рассмотрим основные правила таких преобразований.

Правило переноса сумматора через звено по направлению передачи воздействия

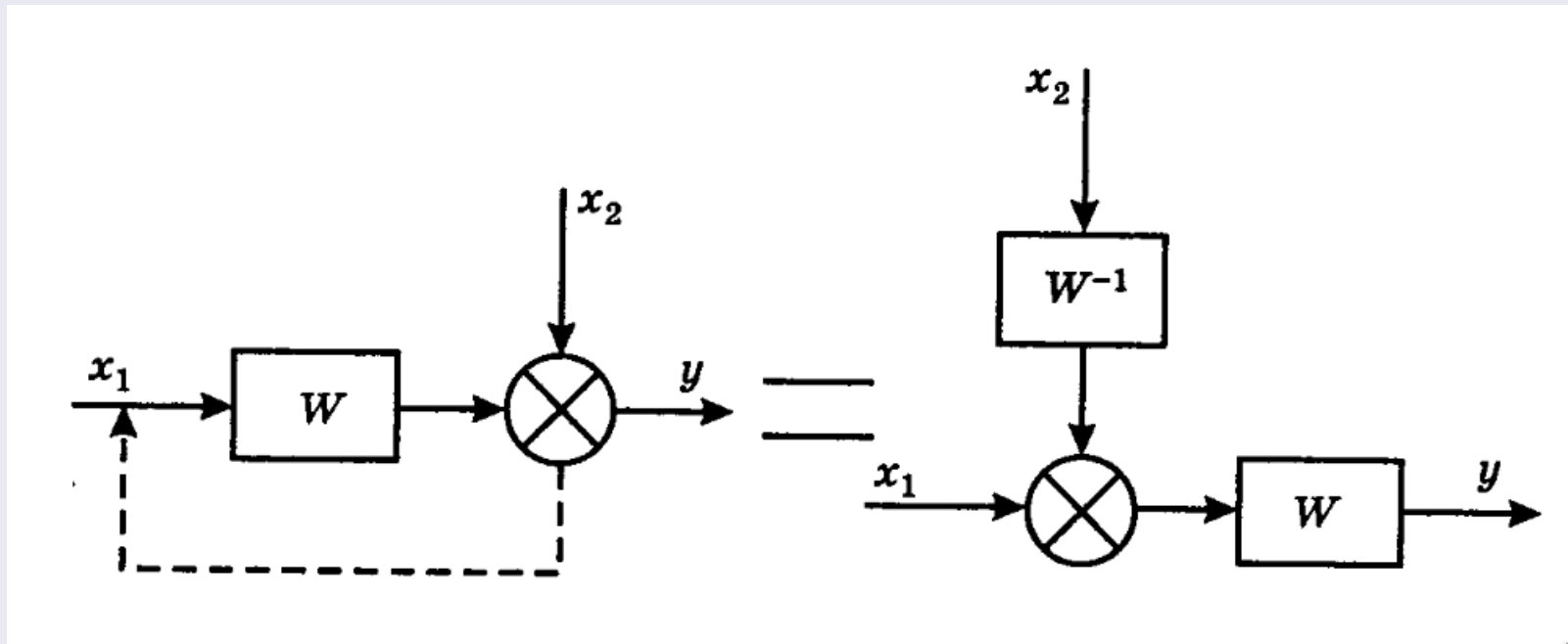


При таком переносе в подходящие к сумматору ветви включаются звенья с такими же передаточными функциями:

$$y = W(x_1 + x_2) = Wx_1 + Wx_2$$

Правила преобразования структурных схем

Правило переноса сумматора через звено против направления передачи воздействия

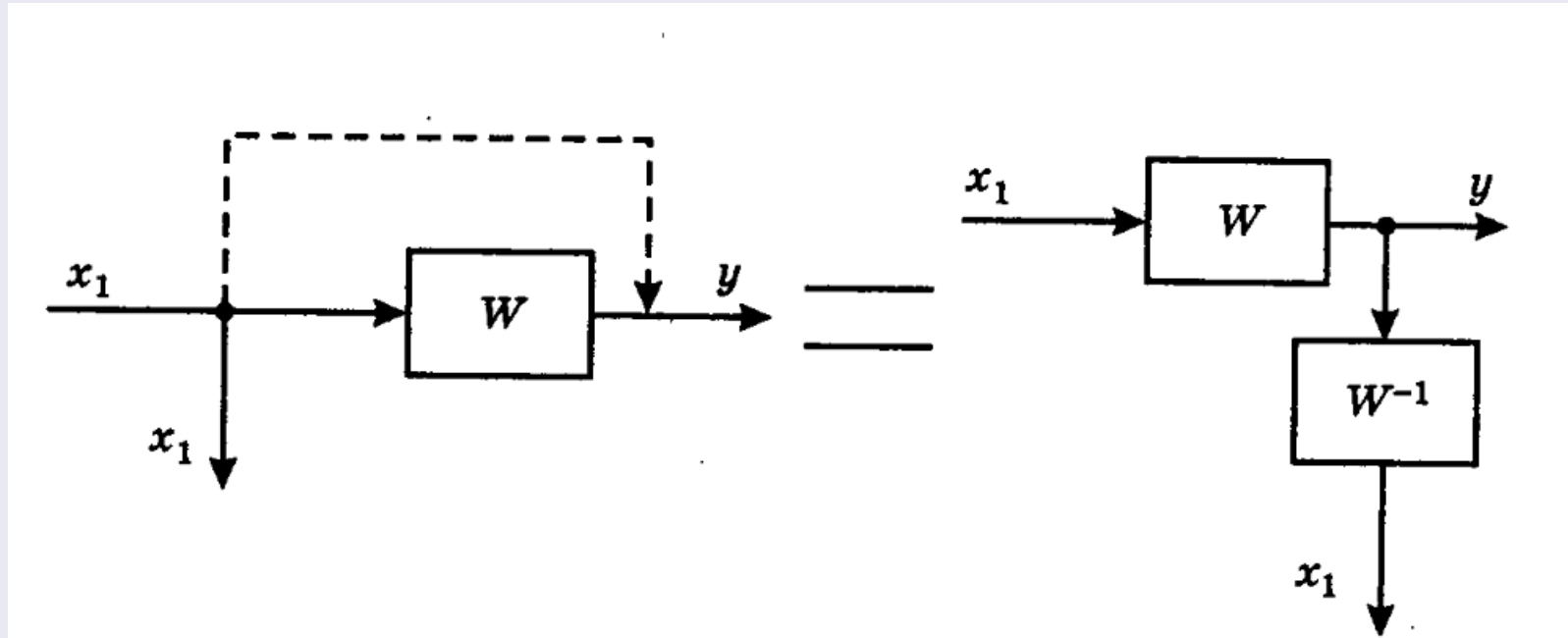


При таком преобразовании в подходящие к сумматору ветви включаются звенья с обратными передаточными функциями:

$$y = Wx_1 + x_2 = (x_1 + W^{-1}x_2)W$$

Правила преобразования структурных схем

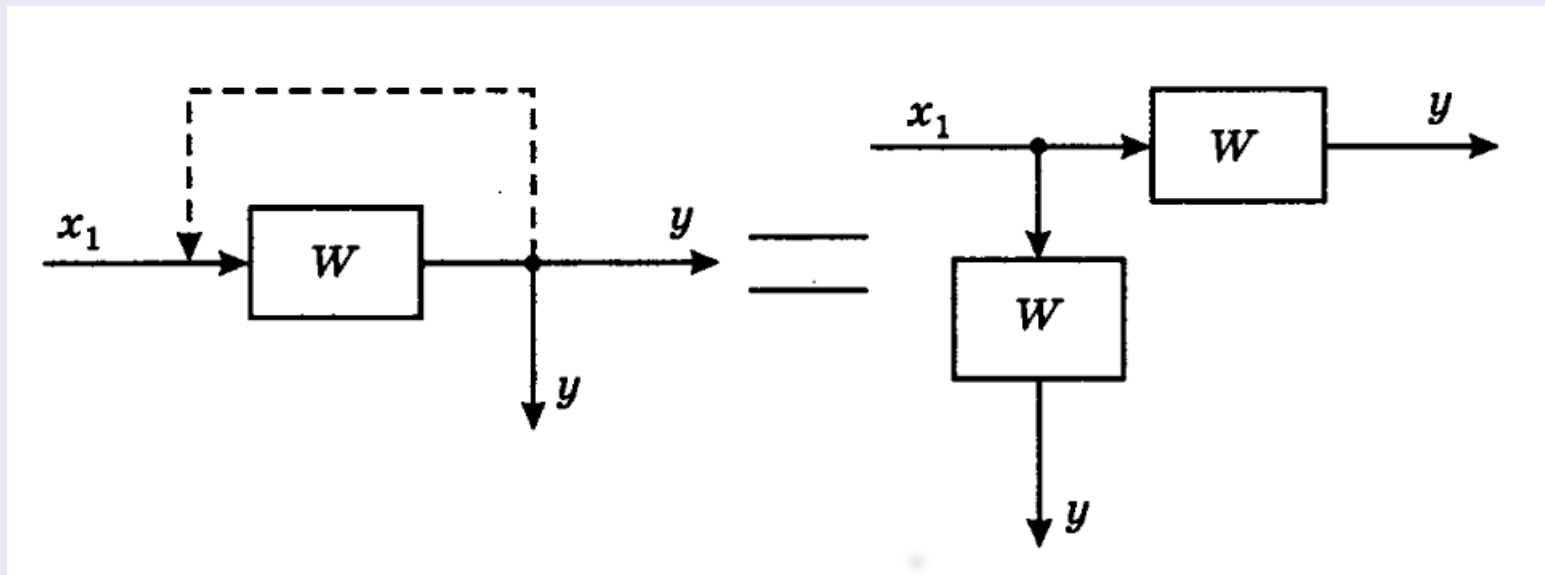
Правило переноса узла разветвления через звено по направлению передачи воздействия



В данном случае в отходящие от узла ветви включаются звенья с обратными передаточными функциями.

Правила преобразования структурных схем

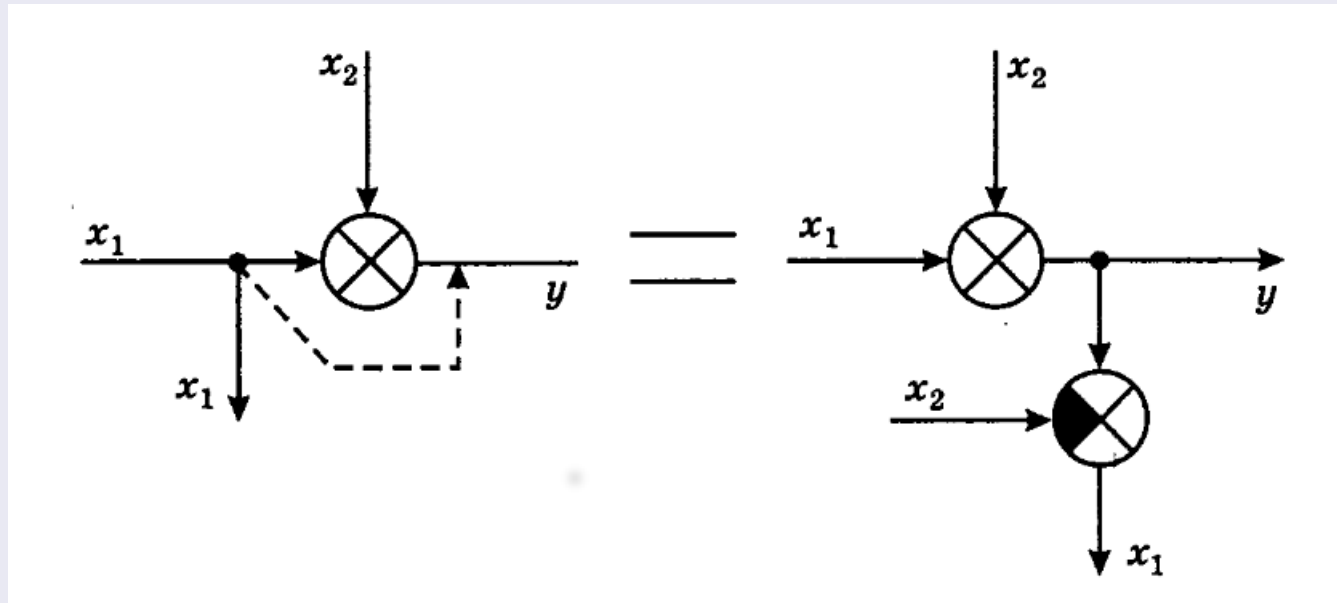
Правило переноса узла разветвления через звено против направления передачи воздействия



При этом в каждую из отходящих от узла ветвей включаются звенья с такими же передаточными функциями.

Правила преобразования структурных схем

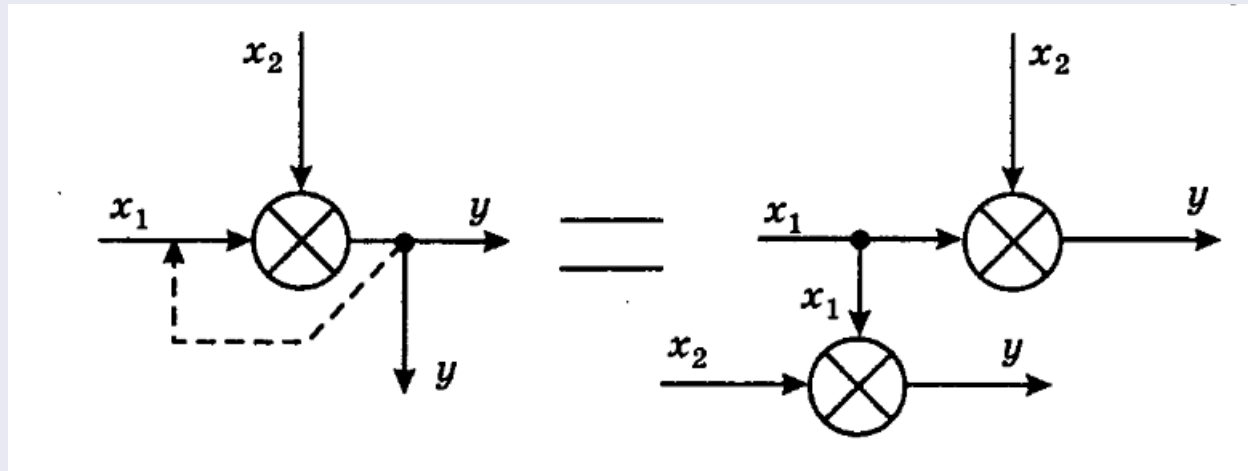
Правило переноса узла разветвления через сумматор по направлению передачи воздействия



При этом в отходящие от узла ветви включаются сумматоры с противоположным знаком суммирования ($-x_2$ вместо $+x_2$).

Правила преобразования структурных схем

Правило переноса узла разветвления через сумматор против направления передачи воздействия

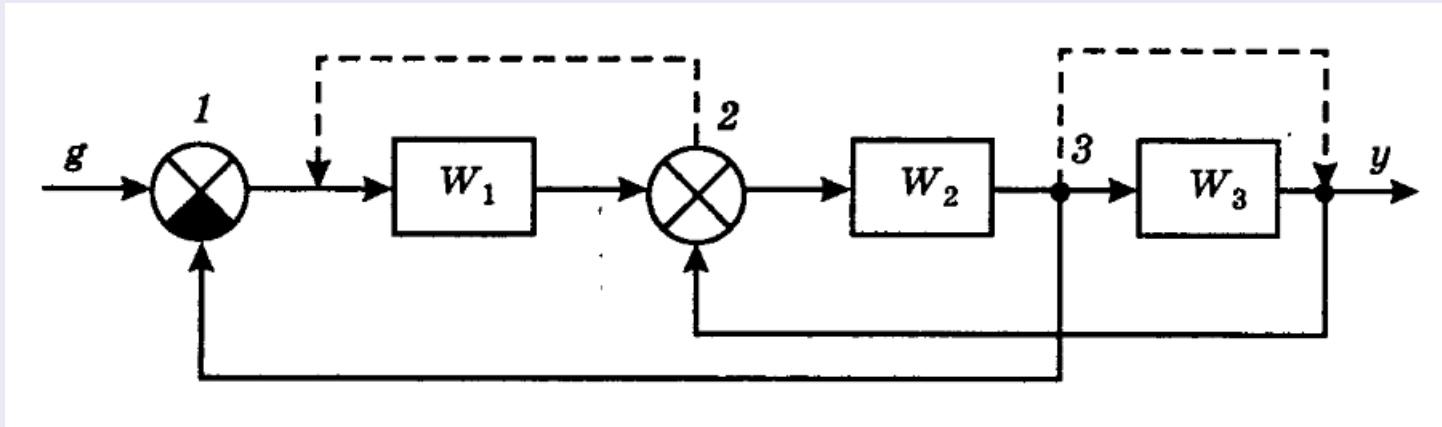


При этом в каждую из отходящих ветвей включаются такие же сумматоры.

Правило чередования узлов: рядом расположенные узлы разветвления можно менять местами между собой или объединять в один узел.

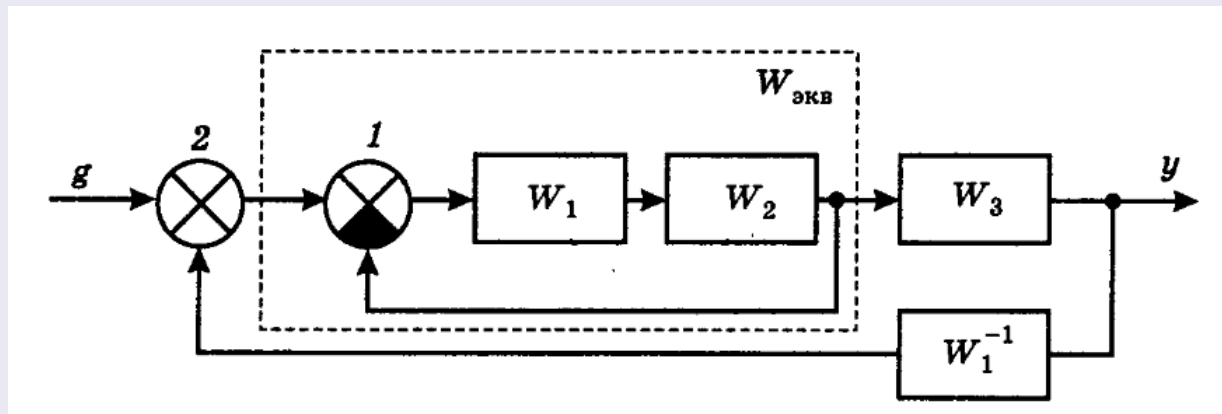
Правило чередования сумматоров: рядом расположенные сумматоры можно менять местами между собой или объединять в один сумматор.

Пример преобразования структурных схем



В данной схеме можно выполнить одно из двух эквивалентных преобразований: перенести сумматор (2) против направления воздействия, перенести узел (3) по направлению воздействия.

При переносе сумматора получим следующую эквивалентную схему:



Кроме переноса сумматора, также было выполнено изменение чередования сумматоров.

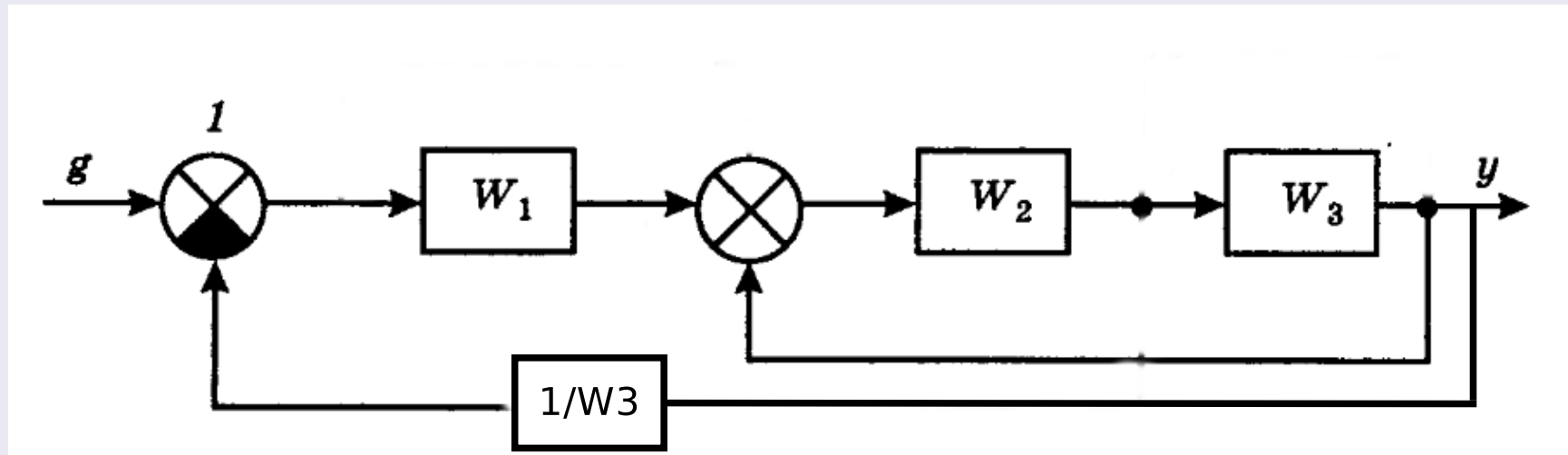
Пример преобразования структурных схем

Окончательно передаточная функция всей системы, которая связывает вход и выход, равна:

$$W_{\text{экв}} = \frac{W_1 W_2}{1 + W_1 W_2}$$
$$W = \frac{W_{\text{экв}} \cdot W_3}{1 - \frac{W_{\text{экв}} \cdot W_3}{W_1}} = \frac{\frac{W_1 W_2}{1 + W_1 W_2} \cdot W_3}{1 - \frac{W_1 W_2 W_3}{W_1(1 + W_1 W_2)}} = \frac{W_1 W_2 W_3}{1 + W_1 W_2 - W_2 W_3}$$

Пример преобразования структурных схем

Если выбрать перенос узла по направлению передачи воздействия, то получим следующую схему:

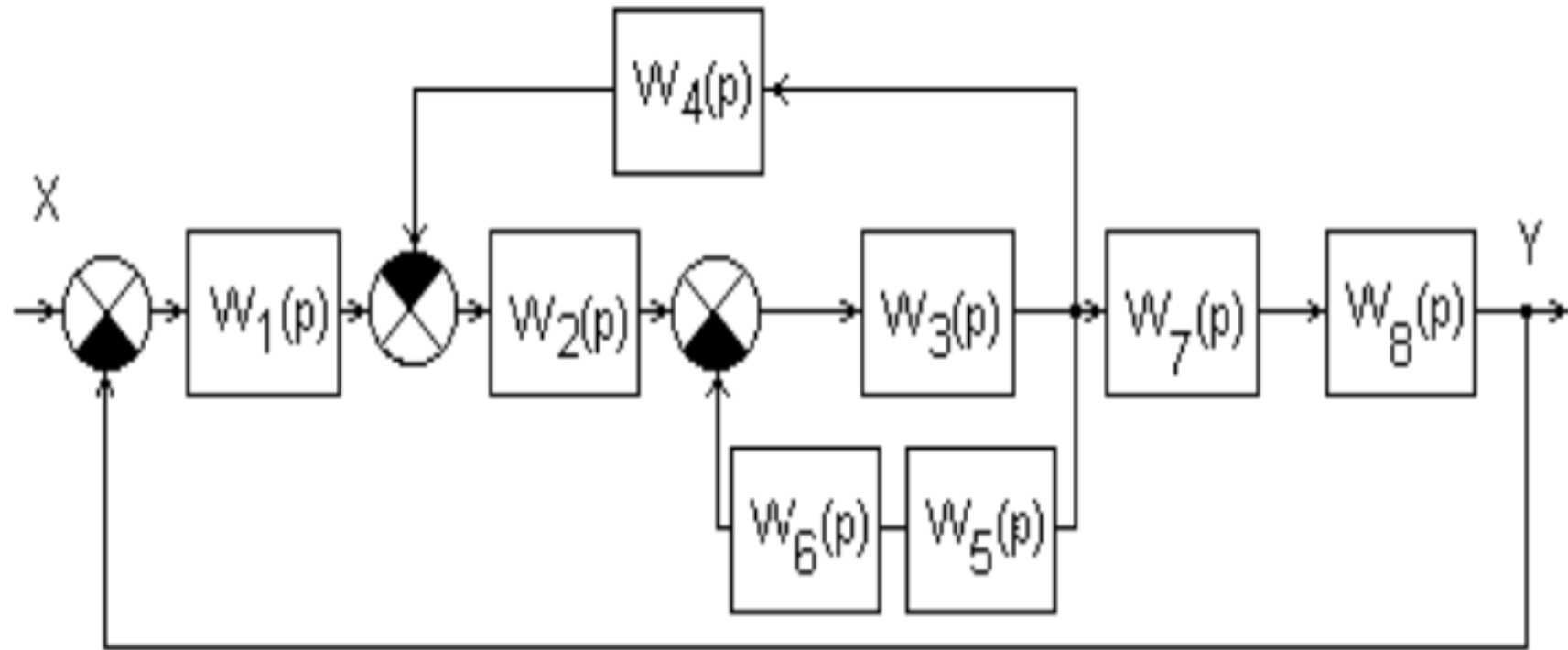


Тогда передаточная функция всей системы может быть найдена следующим образом:

$$W = \frac{\frac{W_2 W_3}{1 - W_2 W_3} \cdot W_1}{1 + \frac{W_1 W_2 W_3}{(1 - W_2 W_3) W_3}} = \frac{W_1 W_2 W_3}{1 + W_1 W_2 - W_2 W_3}$$

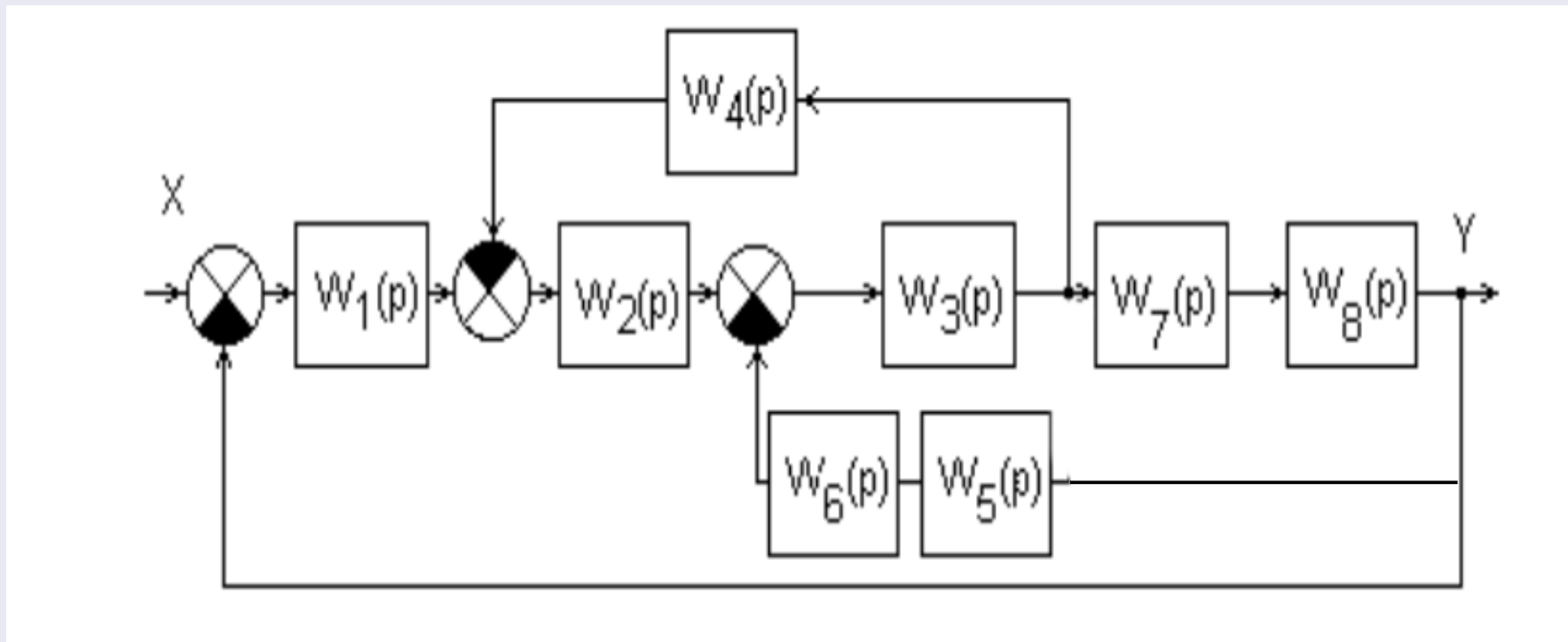
Задание 1

Упростить структурную схему путем ее преобразования:



Задание 2

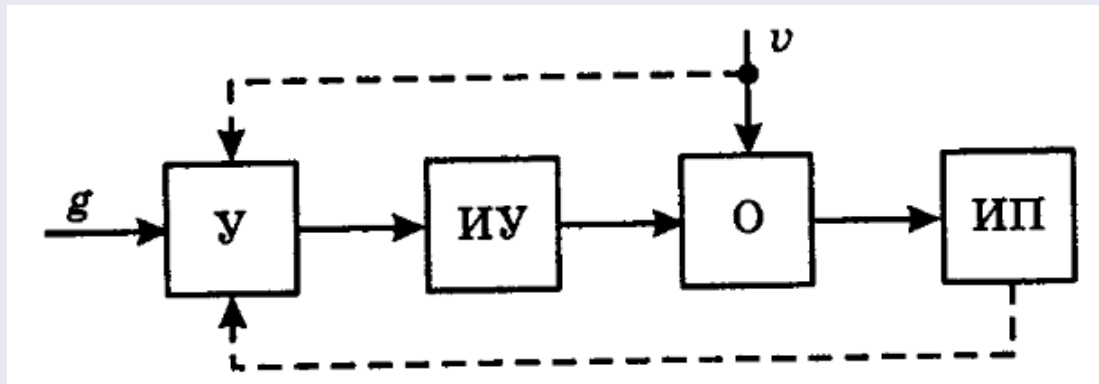
Упростить структурную схему путем ее преобразования:



Системы автоматического управления и регулирования

Системы автоматического управления (САУ) могут осуществлять некоторые операции управления без участия человека, которые, как правило, направлены на поддержание или улучшение работы объектов управления (ОУ).

Системы автоматического регулирования (САР) осуществляют поддержание регулируемой величины на заданном постоянном значении или изменение ее по заданному закону без непосредственного участия человека. Реализуется оно путем измерения регулируемой величины и (или) действующих на объект возмущений и использования измеренных сигналов для формирования регулирующего воздействия на объект регулирования. Автоматическое регулирование - это частный случай автоматического управления.



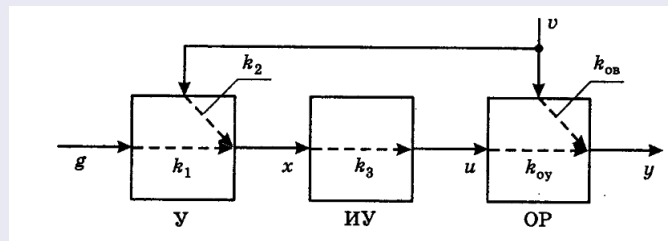
На рисунке g - задающее воздействие, v - возмущающее воздействие, $У$ - усилительно-преобразовательное устройство, ИУ - исполнительное устройство, О - объект управления, ИП - измерительный преобразователь (датчик).

Принципы регулирования

Выделяют следующие основные принципы регулирования:

- Регулирование по внешним возмущающим воздействиям.
- Регулирование по отклонению регулируемой величины от заданного значения.
- Комбинированный, использующий два предыдущих в одной системе.

Функциональная схема принципа регулирования по внешним возмущающим воздействиям представлена на рисунке:



Объект регулирования (ОР):

$$y = k_{oy}u - k_{ов}v$$

Исполнительное устройство (ИУ):

$$u = k_3x$$

Усилительно-преобразовательное устройство (У):

$$x = k_1g + k_2v$$

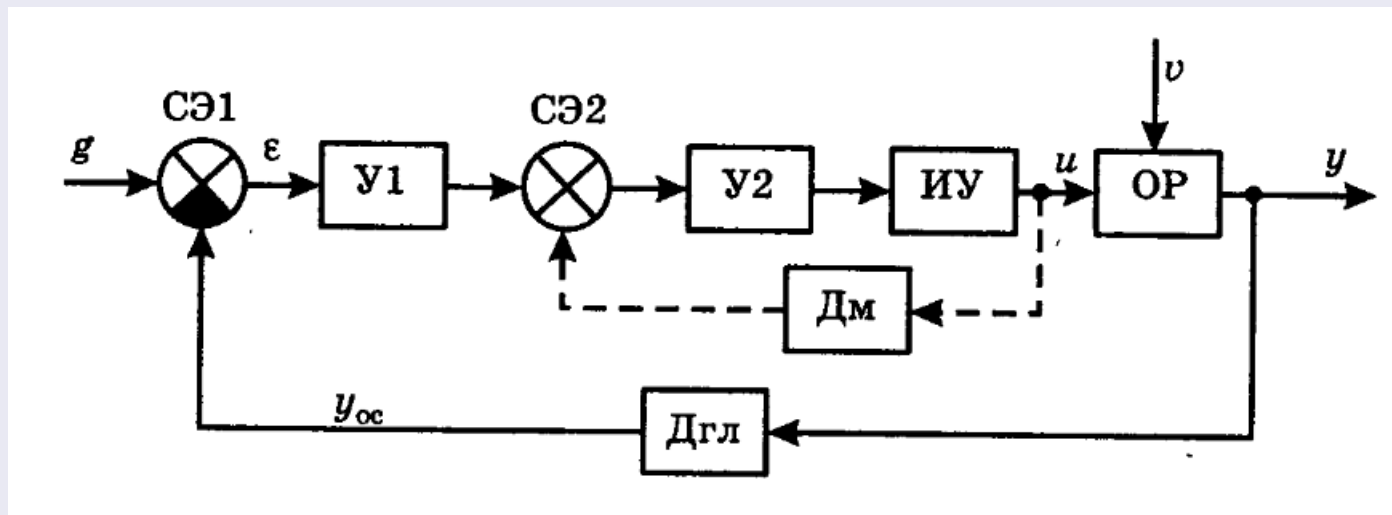
Окончательно получаем: $y = k_{oy}k_3(k_1g + k_2v) - k_{ов}v = k_1k_2k_{oy}g + (k_2k_3k_{oy} - k_{ов})v$

Принципы регулирования

При регулировании по возмущающему воздействию при $k_2 k_3 k_{oy} = k_{ов}$ удастся полностью исключить возмущающее воздействие. Достоинства такого принципа регулирования: высокое быстродействие, обеспечиваемое тем, что управляющее воздействие начинает изменяться сразу после изменения возмущения; устойчивость системы - способность системы возвращаться к исходному состоянию после снятия возмущения.

Недостаток данного принципа - способность системы компенсировать только контролируемое возмущение. Все остальные возмущения беспрепятственно влияют на регулируемую величину.

На следующем рисунке приведена функциональная схема САР с принципом регулирования по отклонению.



Принципы регулирования

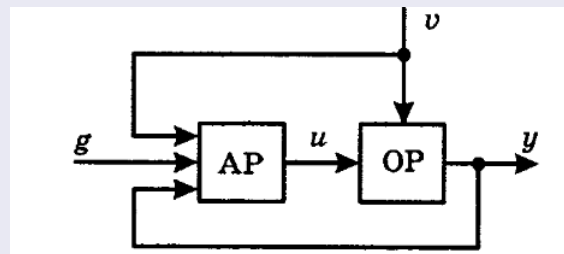
В систему входят две обратные связи: главная с датчиком $\Delta_{гд}$ и местная с датчиком $\Delta_{м}$. Наличие главной обратной связи обязательно. Она выполняет две основных функции: преобразует физическую величину y в другую величину $y_{ос}$; позволяет определить рассогласование $\epsilon = g - y_{ос}$ и вносить регулирующее воздействие.

Главная обратная связь должна быть жесткой, т.е. передавать как меняющиеся, так и постоянные во времени сигналы, при устойчивом объекте регулирования должна быть отрицательной. Местная ОС предназначена для придания системе устойчивости (стабилизация) или улучшения качества ее переходного процесса (коррекция). Местная ОС может быть положительной и отрицательной, жесткой и гибкой. В последнем случае она не проявляет себя в статическом режиме.

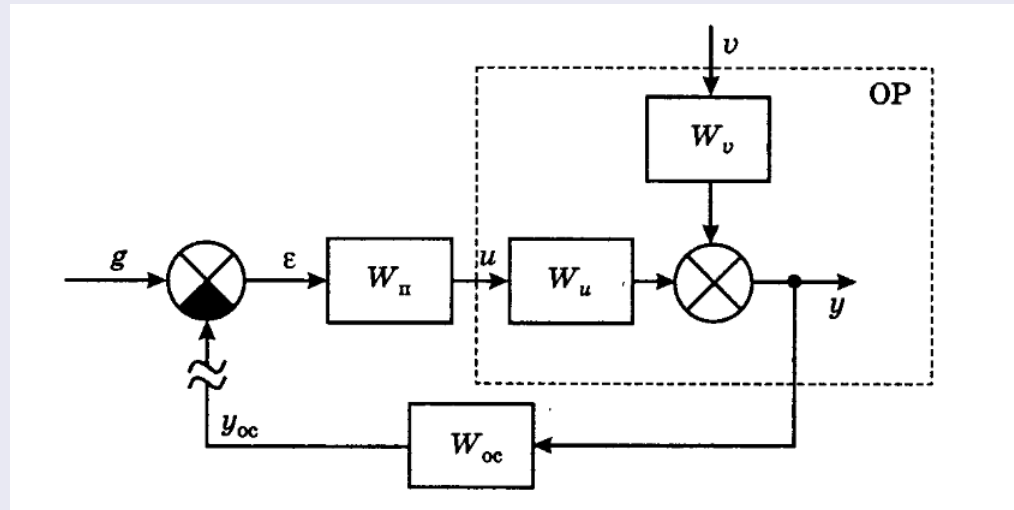
Достоинством такого принципа регулирования является его универсальность - любое возмущение устойчивой системой компенсируется, поскольку оно вызывает рассогласование ϵ и соответствующую реакцию автоматического регулятора.

Недостатками являются: сравнительно медленная реакция на возмущение; возможность нарушения устойчивости за счет наличия замкнутого контура.

На следующем рисунке показана схема комбинированного регулирования:



Передаточные функции при регулировании по отклонению



Основная передаточная функция связывает выходную величину y с задающим воздействием g :

$$W(s) = \frac{Y(s)}{G(s)} = \frac{W_{\pi}W_u}{1 + W_{\pi}W_uW_{oc}}$$

Передаточная функция по возмущению относительно регулируемой величины:

$$W_{\text{возм}} = \frac{Y(s)}{V(s)} = \frac{W_v}{1 + W_{\pi}W_uW_{oc}}$$

Передаточная функция по задающему воздействию относительно рассогласования:

$$W_{\epsilon} = \frac{E(s)}{G(s)} = \frac{1}{1 + W_{\pi}W_uW_{oc}}$$

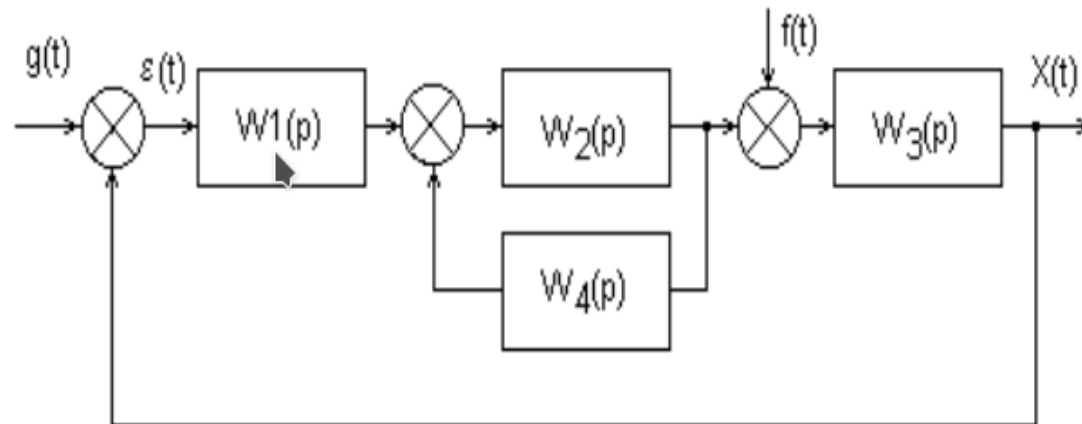
Передаточная функция по возмущению относительно рассогласования: $W_{v\epsilon} = \frac{E(s)}{V(s)}$

$$V(s)W_v + W_{\Pi}W_u E(s) = -\frac{E(s)}{W_{oc}}$$

$$W_{v\epsilon} = -\frac{W_v W_{oc}}{1 + W_{\Pi}W_u W_{oc}}$$

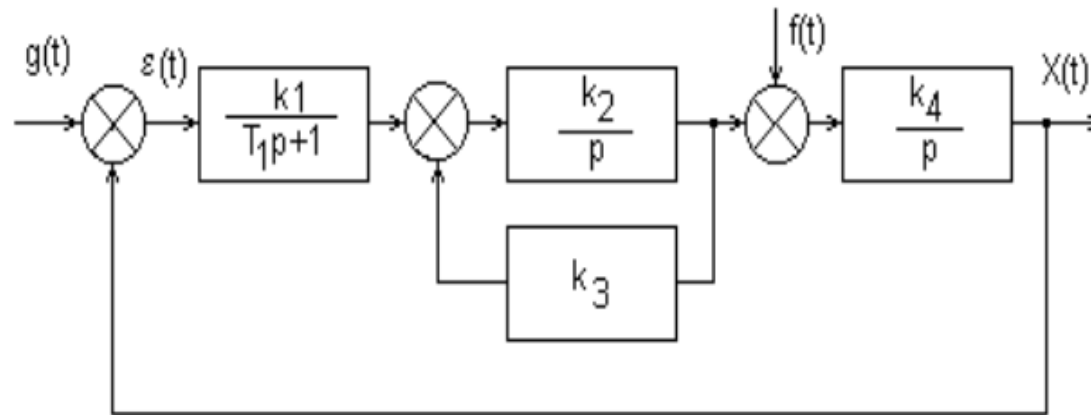
Задание 3

Определить W , $W_{\text{возм}}$, W_{ϵ} , $W_{v\epsilon}$ для следующей схемы:



Задание 4

Определить W , $W_{\text{возм}}$, W_{ϵ} , $W_{v\epsilon}$ для следующей схемы:



Задание 5

Определить W , $W_{\text{возм}}$, W_{ϵ} , $W_{v\epsilon}$ для следующей схемы:

