Составление и упрощение структурных схем линейных непрерывных систем

ПЛАН ЗАНЯТИЯ:

1) **Переход от дифференциальных уравнений к структурным схемам**
2) **Условные обозначения в структурных схемах**
3) **Составление структурных схем по заданным дифференциальным уравнениям**
4) **Правила упрощения структурных схем**
5) **Способы преобразования существующих структурных схем**
6) **Получение ПФ разных видов по структурной схеме**
7) **Выводы по изложенному материалу**

Обыкновенное дифференциальное уравнение — это зависимость вида

$$F(x, y, y', y'', ..., y^{(n)}) = 0$$

Основной признак дифференциального уравнения – наличие производной одной из переменных величин любого порядка

Основное назначение дифференциального уравнения – получение возможности определять значение функции при различных значениях входящих в него переменных величин.

Наша задача в курсе дисциплины ТАУ – иметь возможность перейти от заданных дифференциальных уравнений к структурным схемам и передаточным функциям.

Пускай некоторый объект описывается системой дифференциальных уравнений (ДУ) вида:

$$\begin{cases} z(t) = x(t) - y(t); \\ z_1(t) = K_1 z(t) + K_2 z(t) + n(t); \\ y'(t) = T z_1{}'(t) + z_1(t). \end{cases}$$

Задание: *необходимо преобразовать данное ДУ в структурную схему, получить соответствующие ему передаточные функции*.

<u>Рассмотрим принятые условные обозначения</u>:

$x(t)$ – входное воздействие;

$y(t)$ – выходное воздействие;

$z(t)$ – сигнал на выходе из сумматора;

$n(t)$ – внешнее возмущающее воздействие;

K – коэффициент усиления;

T – постоянная времени объекта.

Пускай некоторый объект описывается системой дифференциальных уравнений (ДУ) вида:

$$\begin{cases} z(t) = x(t) - y(t); \\ z_1(t) = K_1 z(t) + K_2 z(t) + n(t); \\ y'(t) = T z_1{}'(t) + z_1(t). \end{cases}$$

Задание: *необходимо преобразовать данное ДУ в структурную схему*.

1) Проанализируем систему уравнений. Все её переменные теперь нам знакомы, но уточним один важный момент.

При необходимости, можно выполнять любые допустимые с точки зрения математики операции с каждым из уравнений. Например, мы можем выполнить следующие преобразования первого уравнения:

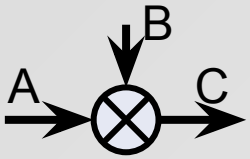
$$y(t) = x(t) - z(t) \text{ или } x(t) = y(t) + z(t)\,.$$

При этом суть системы уравнений не изменится.

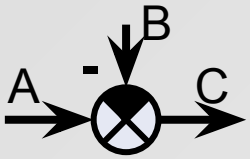
Для составления структурных схем принимаются следующие графические условные обозначения:

1)

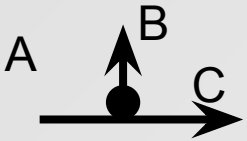
Блок с некоторой передаточной функцией (ПФ)

2) 

Сумматор сигналов (сигнал C=A+B)



Сумматор сигналов с одним отрицательным входом (сигнал C=A-B)

3) 

Узел. Сигнал A=B=C

Необходимо преобразовать данное ДУ

$$\begin{cases} z(t) = x(t) - y(t); \\ z_1(t) = K_1 z(t) + K_2 z(t) + n(t); \\ y'(t) = T z_1{}'(t) + z_1(t). \end{cases}$$

в структурную схему.

Теперь вернёмся к нашей задаче

Построение структурной схемы начинают с любого уравнения из заданной системы ДУ. В данном случае удобно брать первое уравнение

$$z(t) = x(t) - y(t)$$

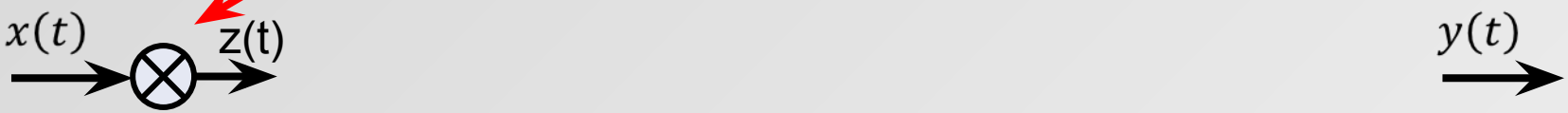
так как в нём присутствует выходной сигнал из первого сумматора $z(t)$, входной и выходной сигналы.

Приступим к построению:

- покажем вход в систему и выход;
- покажем первый сумматор;
- подпишем сигналы.

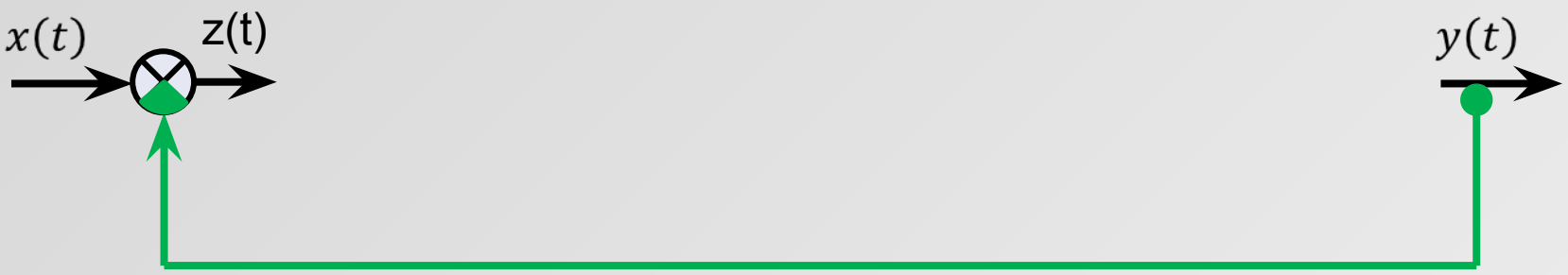
1) Покажем вход и выход структурной схемы

2) Покажем первый сумматор и сигнал на его выходе



Вспомним, как выглядит первое уравнение: $z(t) = x(t) - y(t)$

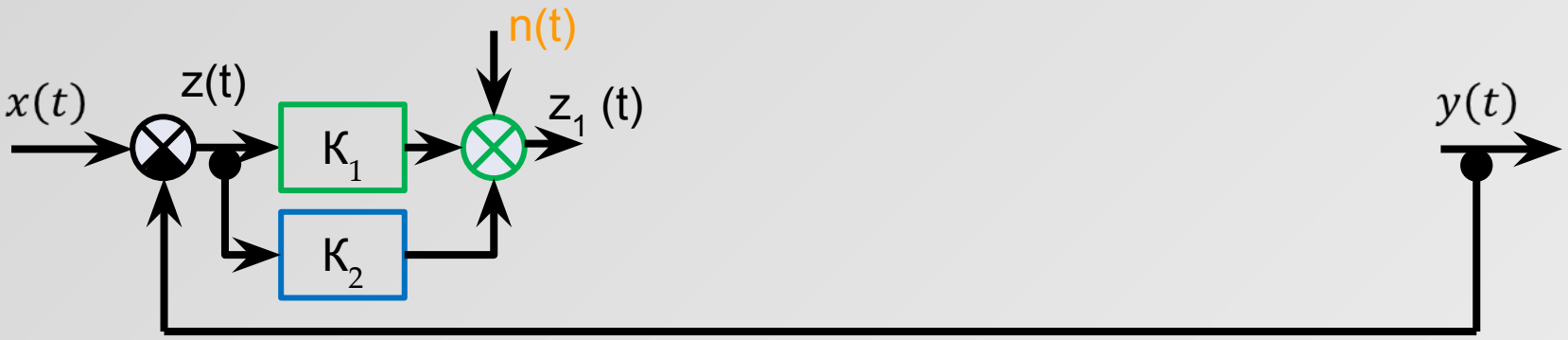
иначе говоря, сигнал $z(t)$ будет являться разницей входного и выходного сигналов. Мы уже знаем, что такой способ использования выходного сигнала называется обратной связью. В нашем случае, это отрицательная обратная связь.



Таким образом, мы показали часть структурной схемы, соответствующей первому уравнению заданной системы ДУ

$$z(t) = x(t) - y(t)$$

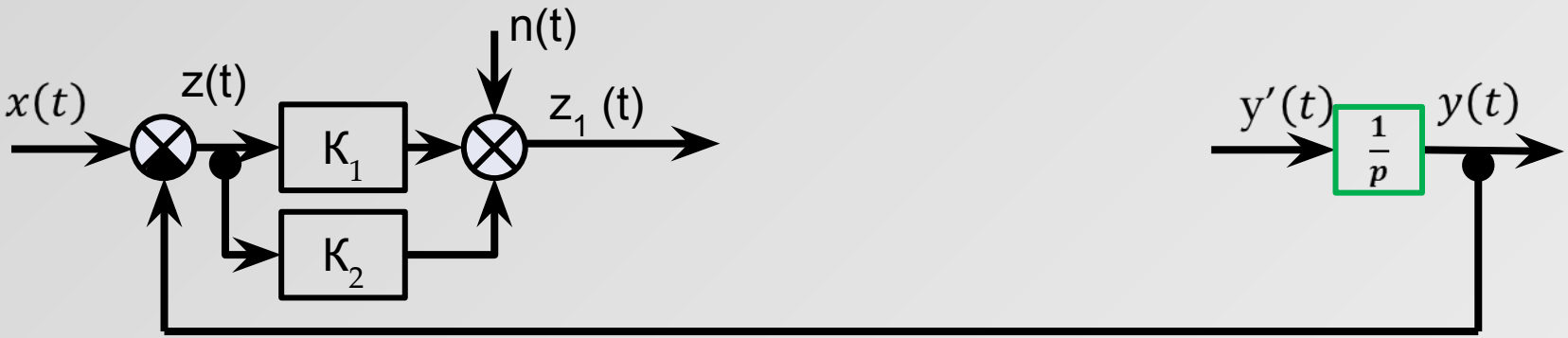
Перейдем к следующему этапу.



Второе уравнение системы $z_1(t) = K_1 z(t) + K_2 z(t) + n(t)$ говорит о появлении ещё одного сумматора

<u>Сигнал на выходе второго сумматора $z_1(t)$</u> будет являться суммой трёх слагаемых:

1. Сигнал с выхода первого сумматора *z(t)*, пропущенный через усилитель K_1.
2. Сигнал с выхода первого сумматора *z(t)*, пропущенный через усилитель K_2.
3. Сигнал внешнего возмущающего воздействия *n(t)*



Третье уравнение системы: $y'(t) = Tz_1{}'(t) + z_1(t)$

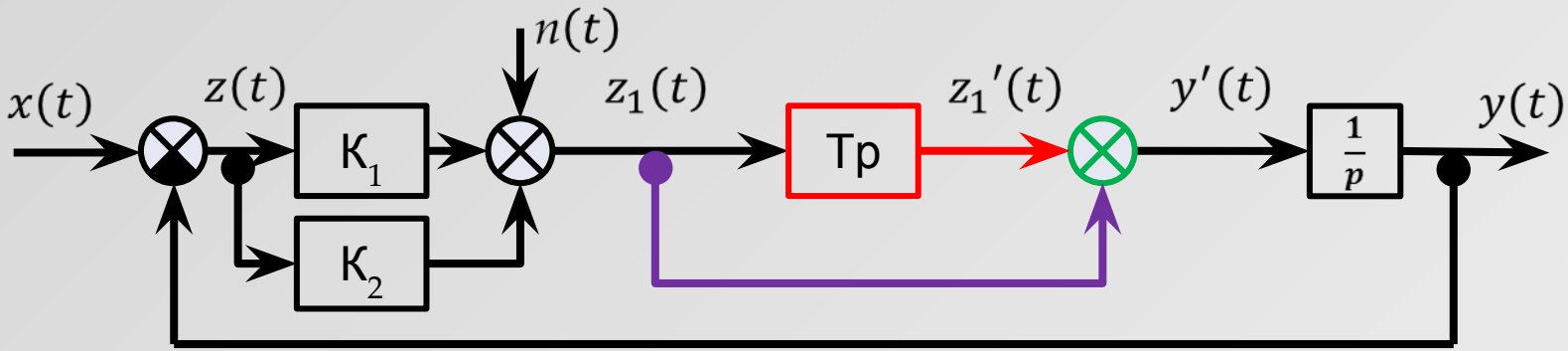
Для его реализации необходимо избавиться от производной $y'(t)$.

Сделать это нам поможет операция интегрирования, которая обратная дифференцированию. Т.е. $\int(y'(t)) = y(t)$.

Передаточная функция интегрирующего звена будет иметь вид $\frac{1}{p}$.

Покажем этот блок.

Теперь перейдём к построению структурной схемы по третьему уравнению



Третье уравнение системы: $y'(t) = Tz_1'(t) + z_1(t)$

Для его реализации уравнения поставим ещё один сумматор.

На него последовательно заведем сигналы:

1) Производной сигнала $z_1(t)$

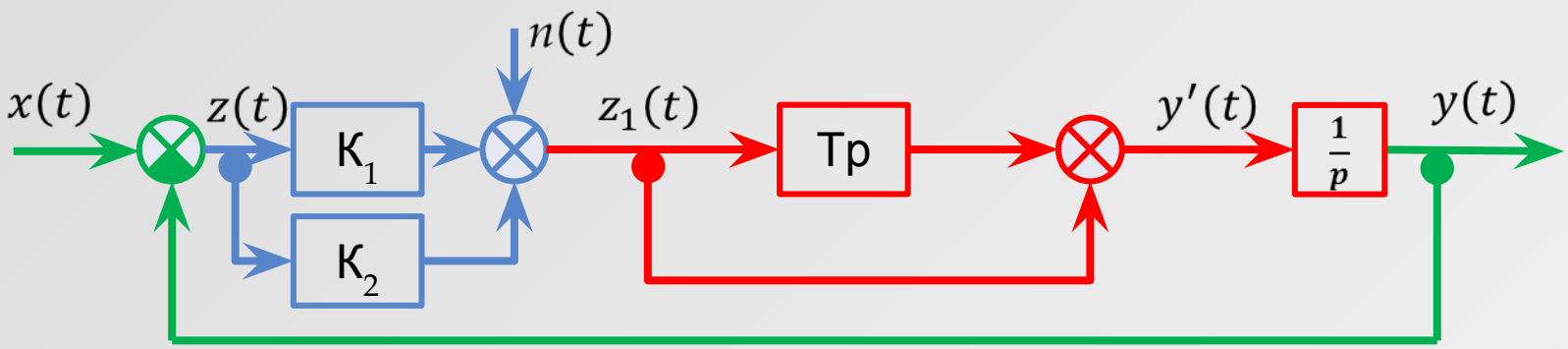
2) Прямого сигнала $z_1(t)$

Третье уравнение реализовано. На этом построение структурной схемы закончено.

ДУ и структурная схема представлены дальше:

Заданное ДУ и соответствующая ему структурная схема

$$\begin{cases} z(t) = x(t) - y(t); \\ z_1(t) = K_1 z(t) + K_2 z(t) + n(t); \\ y'(t) = T z_1{}'(t) + z_1(t). \end{cases}$$



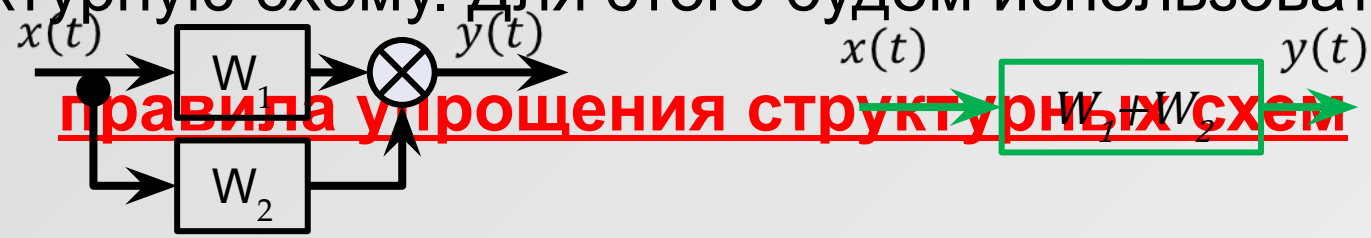
Правила упрощения структурных схем

1) Замена двух последовательно подключенных звеньев эквивалентным

Следующий этап. Необходимо упростить полученную структурную схему. Для этого будем использовать

правила упрощения структурных схем

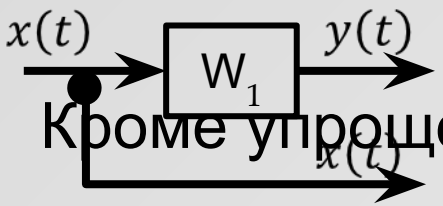
2) Замена двух параллельно подключенных звеньев эквивалентным

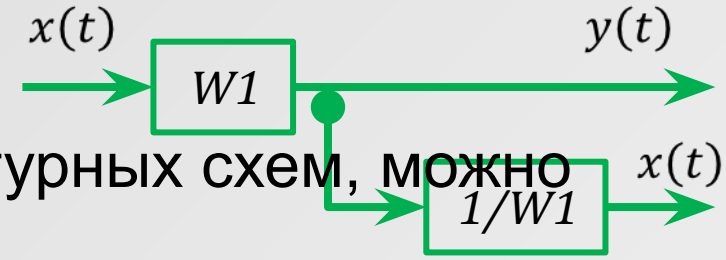


3) Замена участка структурной схемы с обратной связью

Правила переноса узлов.

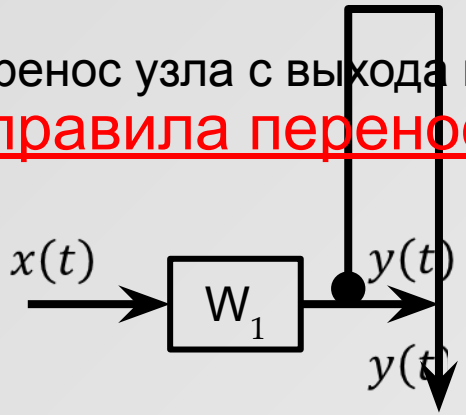
1) Перенос узла с входа на выход блока

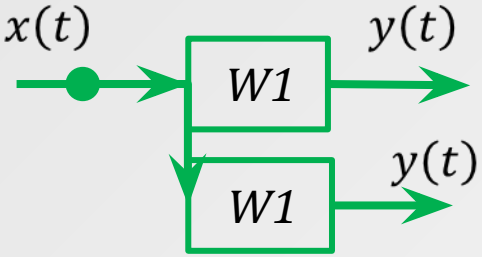




Кроме упрощения структурных схем, можно использовать правила переноса отдельных блоков или узлов.

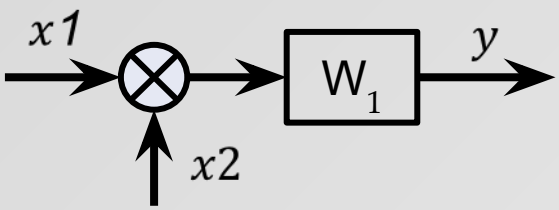
2) Перенос узла с выхода на вход блока

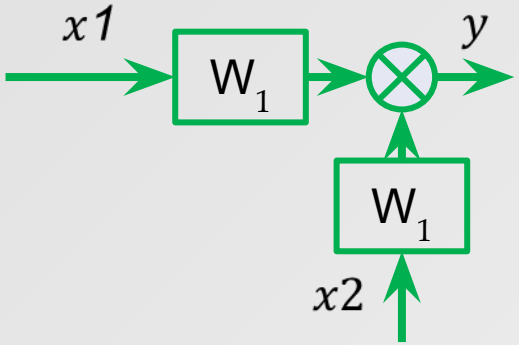




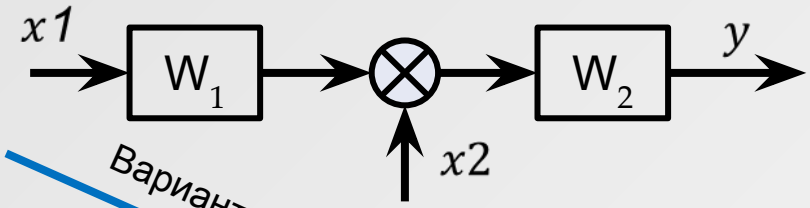
Правила переноса сумматоров

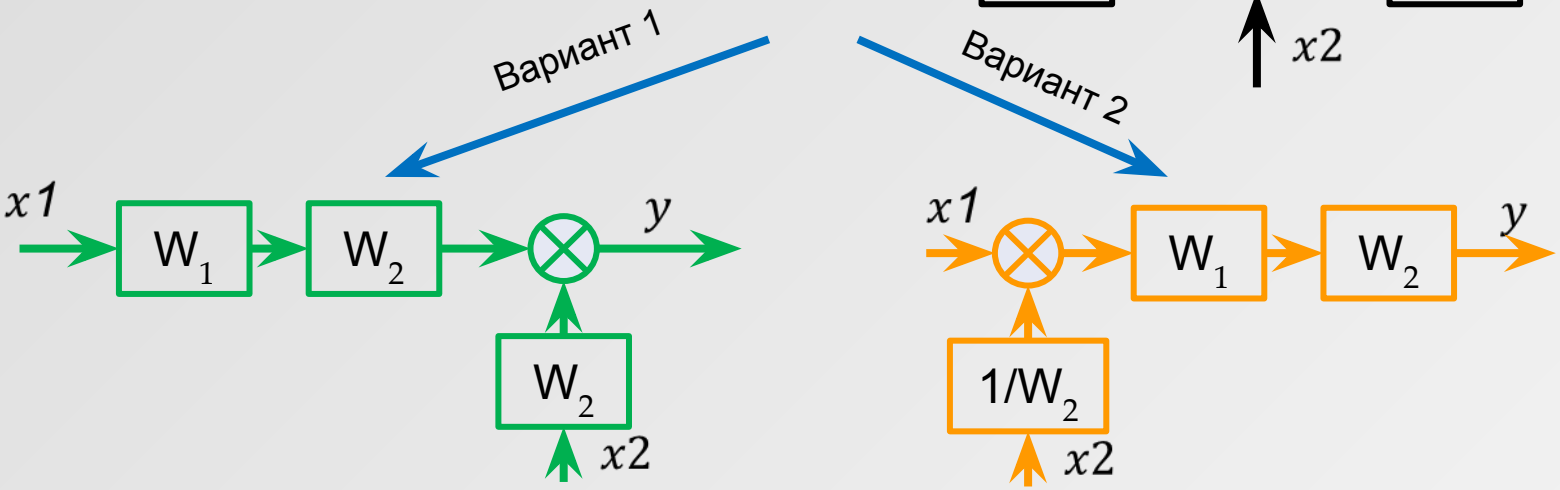
1) Перенос сумматора с входа на выход блока



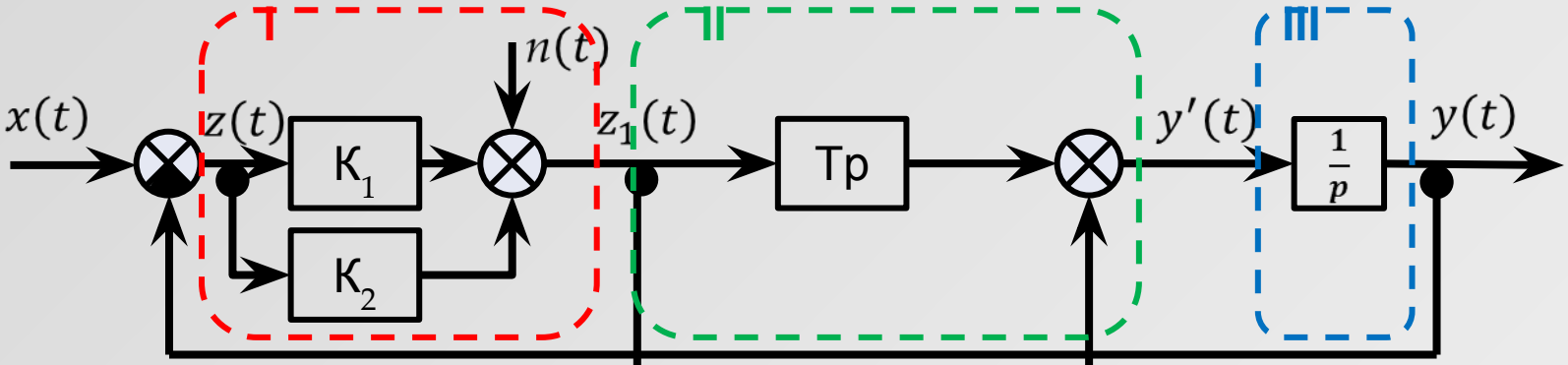


2) Перенос сумматора между блоками

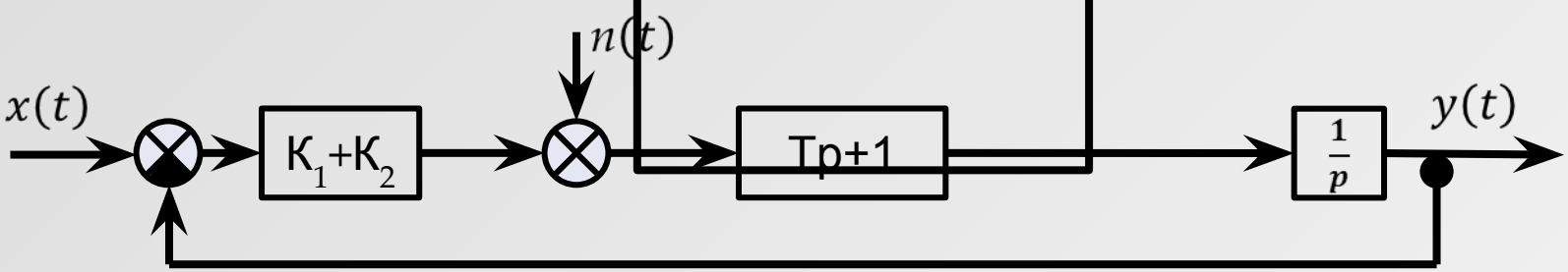




Упростим полученную ранее нами структурную схему. Для этого логически выделим интересующие нас области.

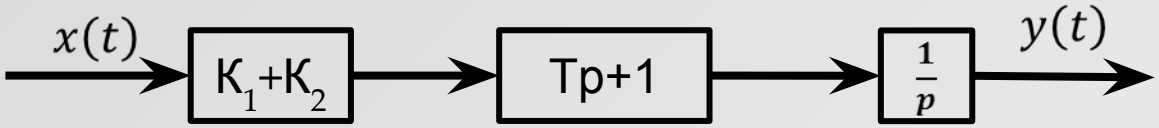


Упростим структурную схему, не нарушая её структуру



Используя правила упрощения структурных схем, составим ПФ

1. Составим ПФ разомкнутой системы (без учета О.С. и внешних возмущений).



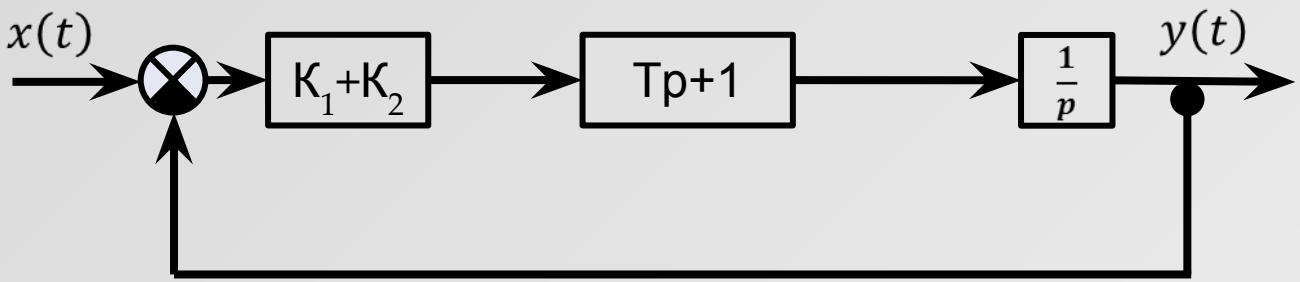
ПФ – это отношение выходного сигнала ко входному

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)}.$$

В случае рассмотрения нашей схемы, ПФ разомкнутой цепи будет представлять собой произведение последовательно включенных звеньев:

$$W_{\text{раз}}(p) = (K_1 + K_2) \cdot (Tp + 1) \cdot \frac{1}{p}$$

2. Составим ПФ замкнутой системы (без учета внешних возмущений).

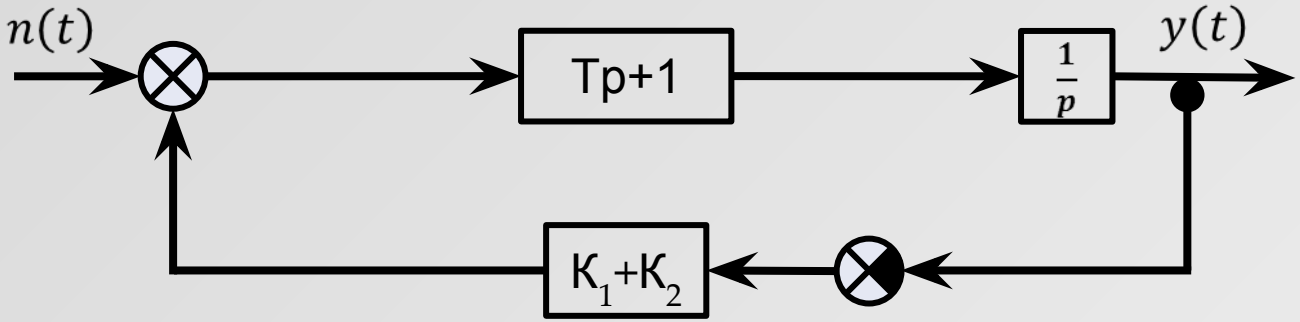


В случае составления ПФ замкнутой системы, используется соответствующая формула для свёртки:

$$W_3(p) = \frac{W_{\text{прям}}(p)}{1 + W_{\text{прям}}(p) \cdot W_{\text{О.С.}}(p)}$$

$$W_3(p) = \frac{(K_1 + K_2) \cdot (Tp + 1) \cdot \frac{1}{p}}{1 + \left[(K_1 + K_2) \cdot (Tp + 1) \cdot \frac{1}{p}\right] \cdot 1}$$

3. Составим ПФ по возмущению (без учета входного сигнала).



ПФ – это отношение выходного сигнала ко входному, поэтому

$$W(p) = \frac{y(p)}{n(p)}.$$

В случае рассмотрения нашей схемы, ПФ по возмущению будет иметь следующий вид:

$$W_{\text{воз}}(p) = \frac{(Tp+1)\cdot\frac{1}{p}}{1-(Tp+1)\cdot\frac{1}{p}\cdot(-1)\cdot(K_1+K_2)}$$

Таким образом, мы получили ПФ разомкнутой, замкнутой системы и ПФ по сигналу возмущения.

Выводы по изложенному материалу:

1) В ходе практического занятия рассмотрена методика построения структурных схем линейных непрерывных систем по заданным дифференциальным уравнениям.
2) Рассмотрены способы упрощения структурных схем.
3) Рассмотрены способы составления передаточных функций по структурным схемам.

Индивидуальные задания по данному практическому занятию выполнить в соответствии с вариантом по списку!