



Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Теория автоматического управления

тема вебинара:

«Структурные схемы»

канд. техн. наук Виноградов К.М.

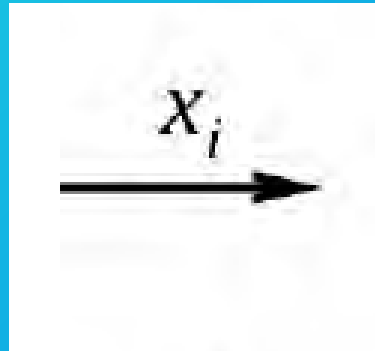
Структурная схема - это
графическое изображение
системы дифференциальных и
алгебраических уравнений!

Основные элементы структурных схем:

1. Направленная линия (связь)
2. Узел
3. Сумматор
4. Умножитель (делитель)
5. Звено

Направленная линия (связь)

- ✓ Предназначена для изображения переменной (координаты) системы автоматического управления

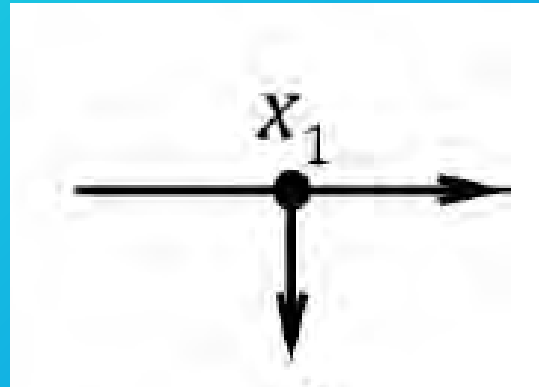


- ✓ Изображается в виде прямой линии со стрелкой

Стрелка показывает направление сигнала, над линией указывается наименование переменной.

Узел

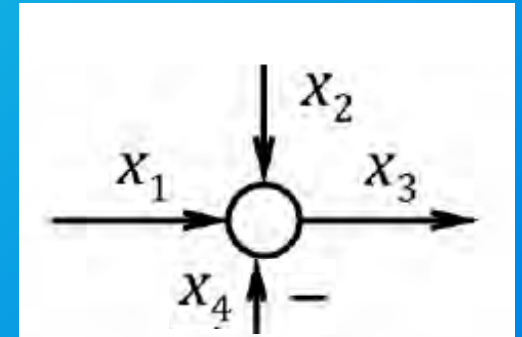
- ✓ Предназначен для разветвления сигнала (одной переменной) системы автоматического управления



- ✓ Изображается в виде точки на пересечении одноименных линий (переменных)

Сумматор

- ✓ Предназначен для изображения арифметических операций сложения (вычитания) переменных



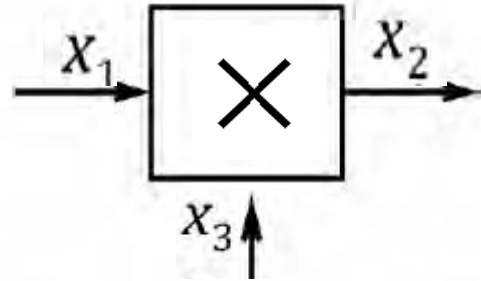
- ✓ Изображается в виде круга, от которого выходит одна, а приходит несколько линий.
- ✓ Знак «минус» около стрелки означает вычитание этой переменной

$$X_3 = X_1 + X_2 - X_4$$

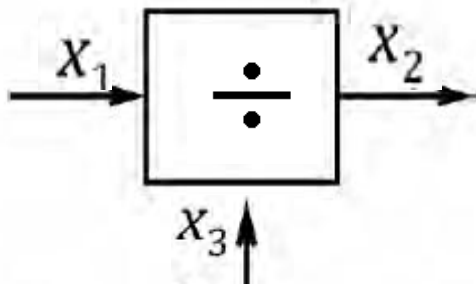
Умножитель (делитель)

- ✓ Предназначен для изображения алгебраических операций умножения (деления) переменных
- ✓ Изображается в виде квадрата, от которого выходит одна, а приходит две линии.
- ✓ Внутри квадрата указывается символ операции (умножение или деление)

Умножитель (делитель)



$$X_2 = X_1 \cdot X_3$$



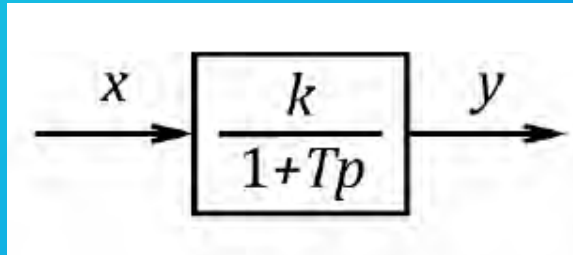
$$X_2 = \frac{X_1}{X_3}$$

Звено

- ✓ Предназначено для изображения дифференциальных (интегральных) уравнений

$$y + T \frac{dy}{dt} = kx$$

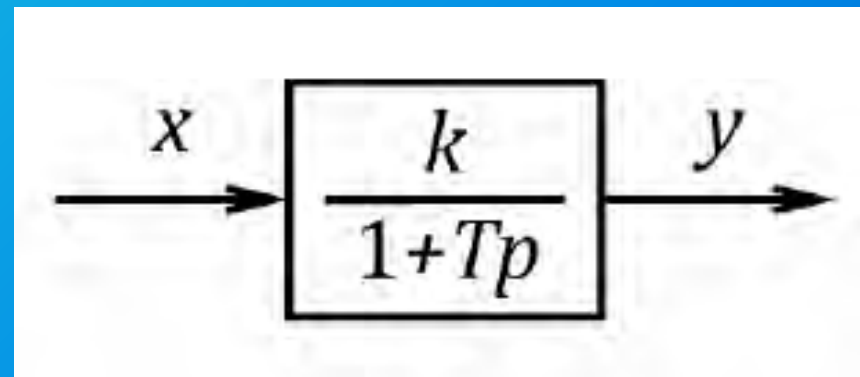
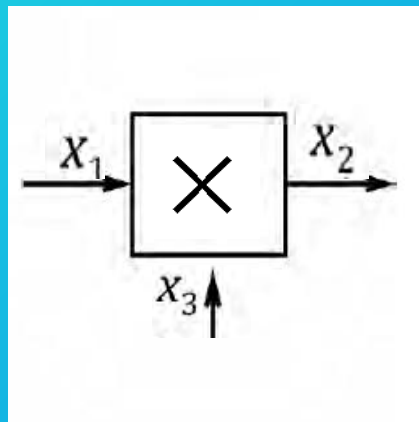
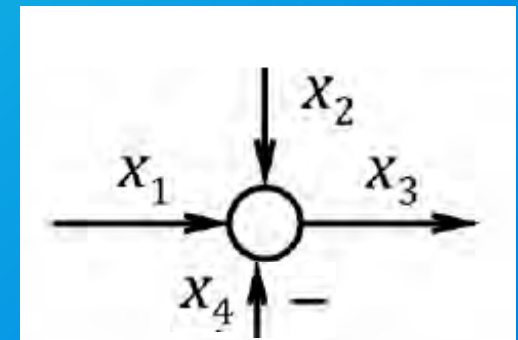
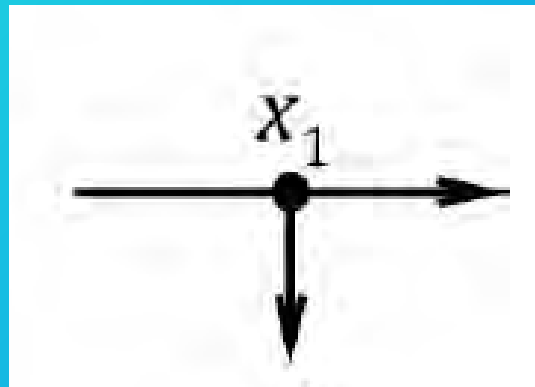
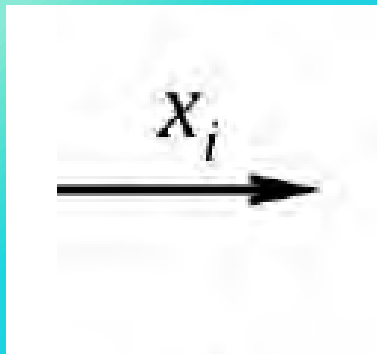
- ✓ Изображается в виде прямоугольника



- ✓ Внутри прямоугольника записывается передаточная функция звена $W(p)$

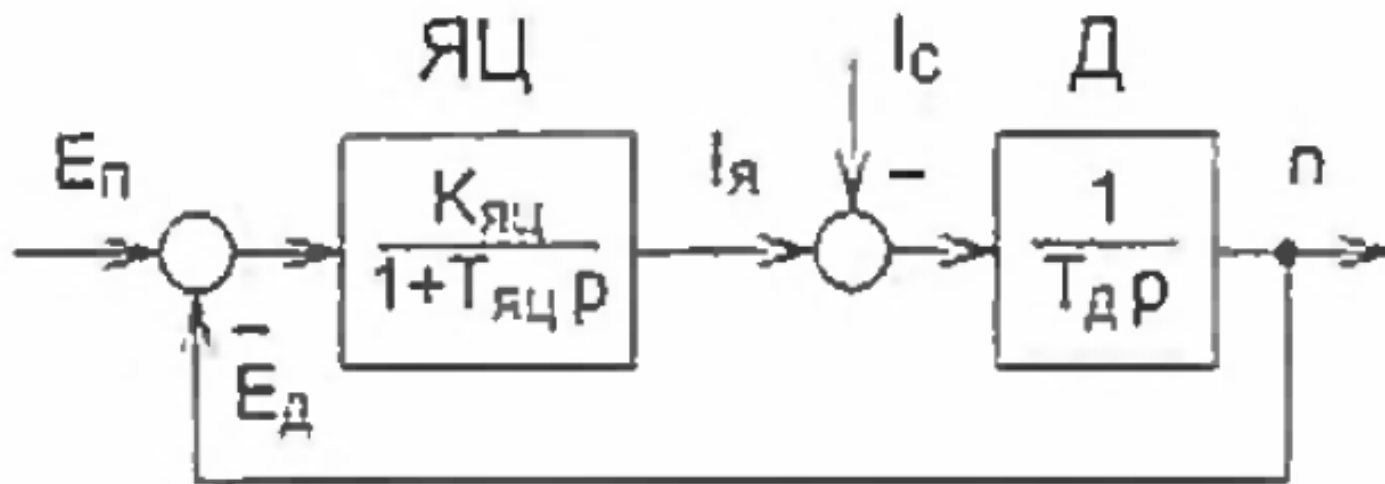
$$W(p) = \frac{k}{(1 + Tp)}$$

Основные элементы структурных схем



Пример структурной схемы

- ✓ Структурная схема якорной цепи двигателя постоянного тока при номинальном магнитном потоке



Построение структурных схем

✓ Звенья на структурной схеме могут быть соединены:

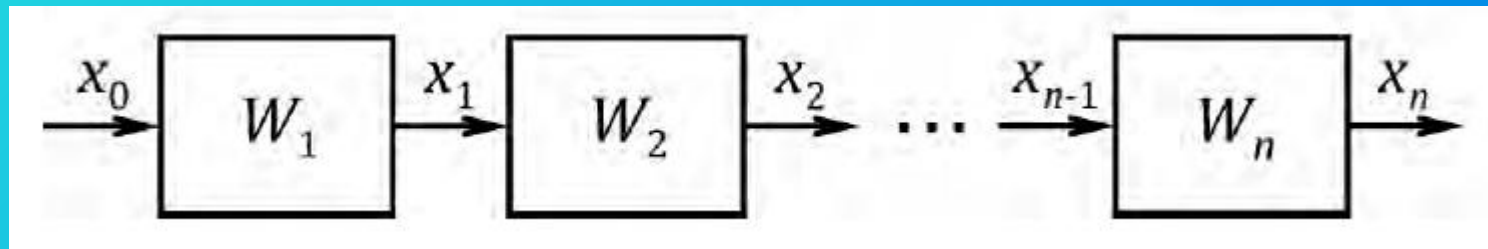
➤ Последовательно

➤ Согласно-параллельно

➤ Встречно-параллельно

Последовательное соединение звеньев

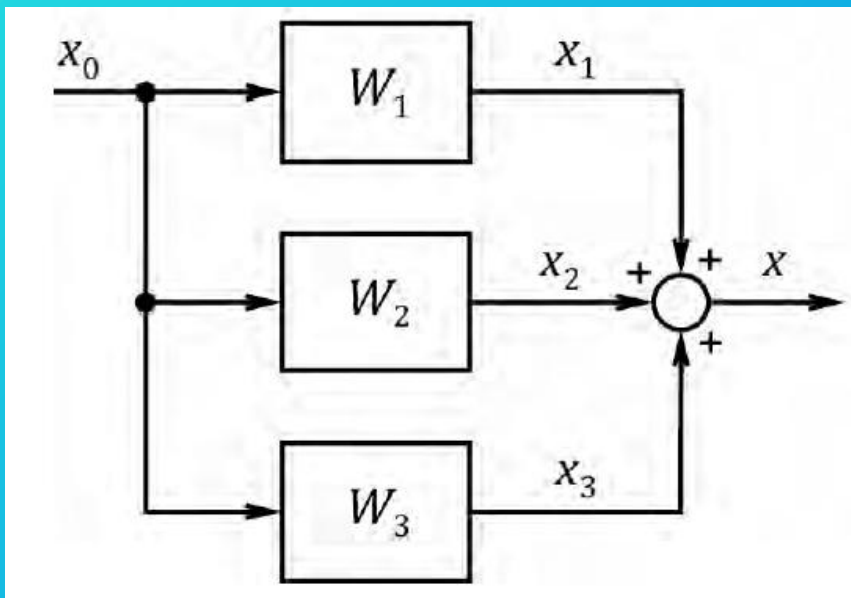
- ✓ При последовательном соединении звеньев эквивалентная передаточная функция равна произведению передаточных функций отдельных звеньев



$$W = W_1 W_2 \cdot \dots \cdot W_n,$$

Согласно-параллельное соединение звеньев

- ✓ При согласно-параллельном соединении звеньев эквивалентная передаточная функция равна **сумме** передаточных функций отдельных звеньев

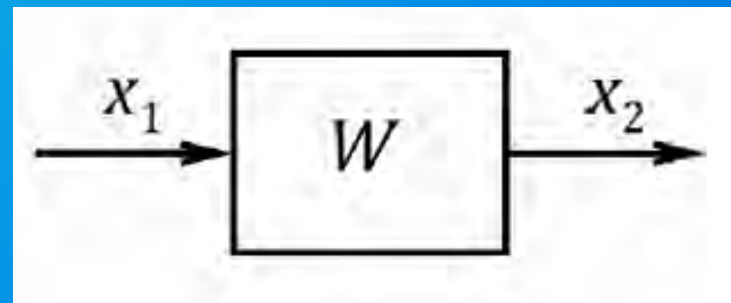
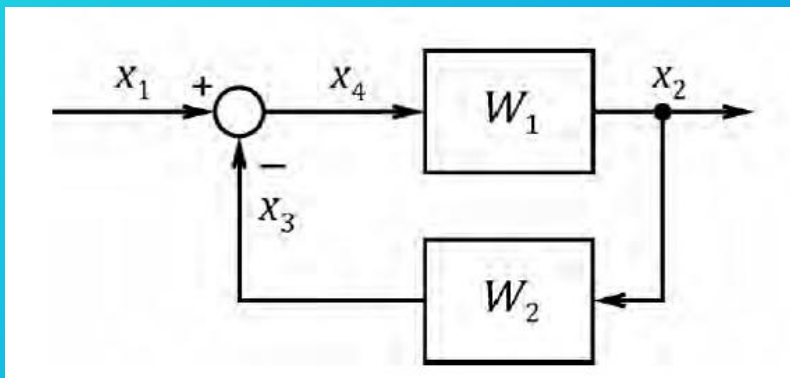


$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

Встречно-параллельное соединение звеньев

- ✓ При встречно-параллельном соединении звеньев эквивалентная передаточная функция равна специальному выражению

$$W_{\text{ЗАМКН}} = \frac{W_{\text{ПРЯМ}}}{1 + W_{\text{РАЗОМКН}}} = \frac{W_1}{1 + W_1 W_2}.$$



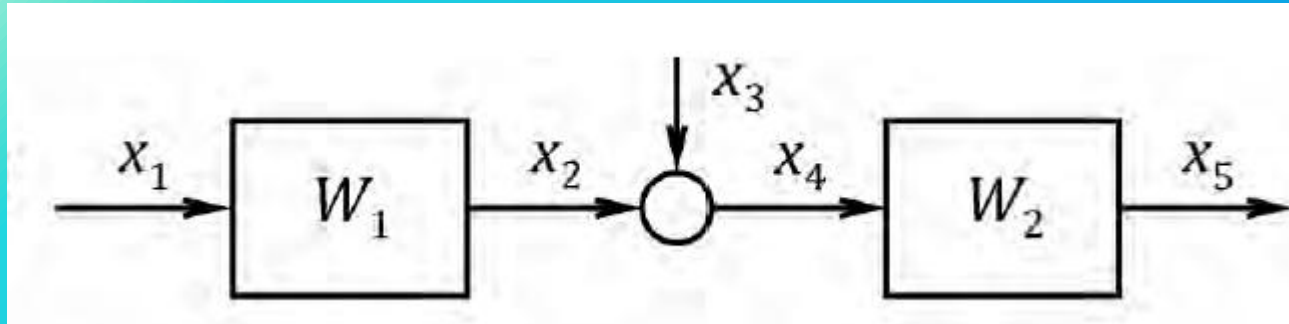
В случае положительной обратной связи в знаменателе после единицы необходимо записывать знак минус!!!

Правила преобразования структурных схем

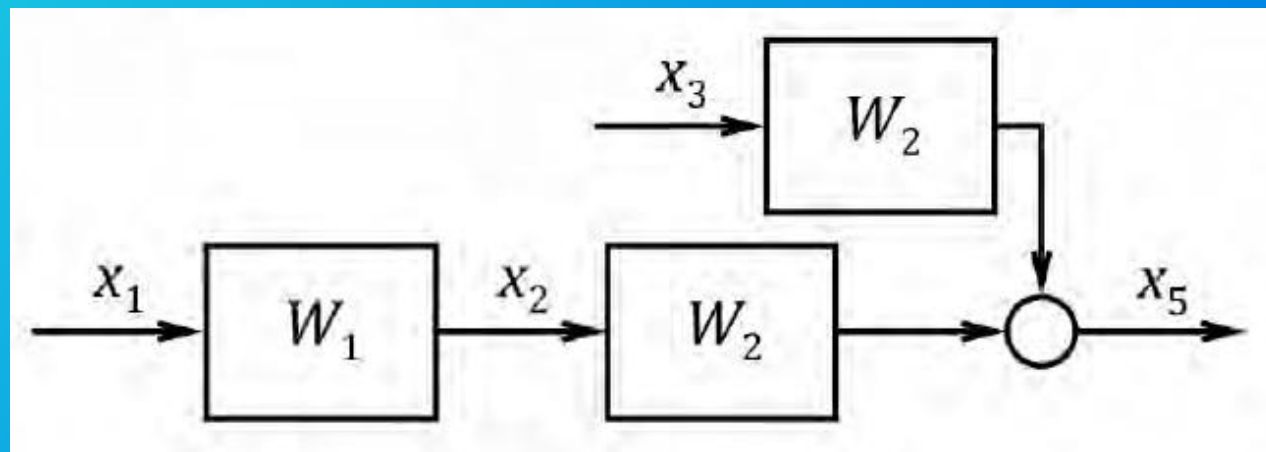
✓ Для упрощения структурной схемы можно менять местами элементы, соблюдая типовые правила переноса:

1. Перенос сумматора через звено вперед
2. Перенос сумматора через звено назад
3. Перенос узла через звено вперед
4. Перенос узла через звено назад
5. Перенос узла через сумматор вперед
6. Перенос узла через сумматор назад

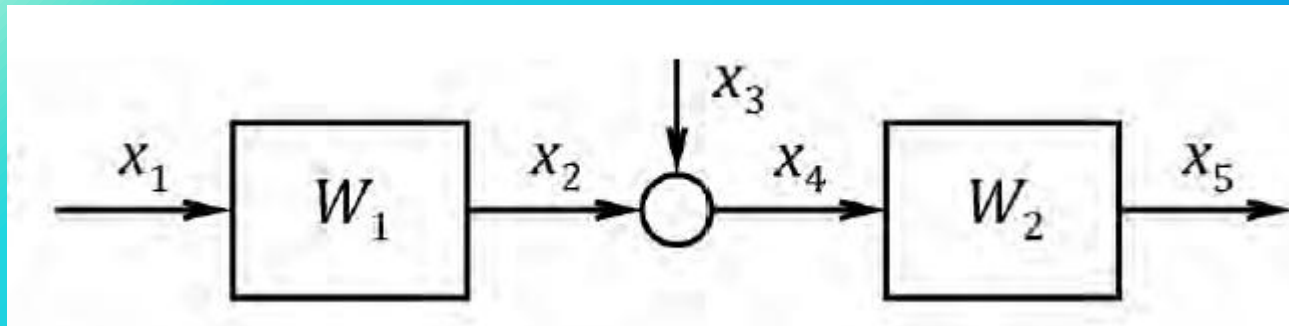
Перенос сумматора через звено вперед



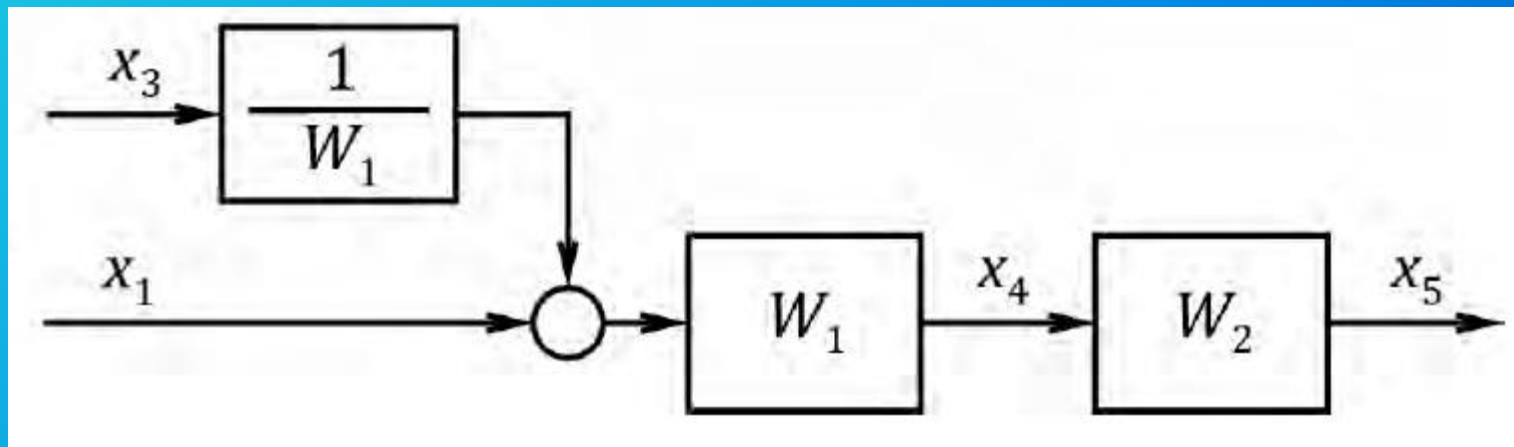
Для переноса сумматора через звено вперед необходимо добавить согласующее звено с передаточной функцией того звена, через которое переносится сумматор



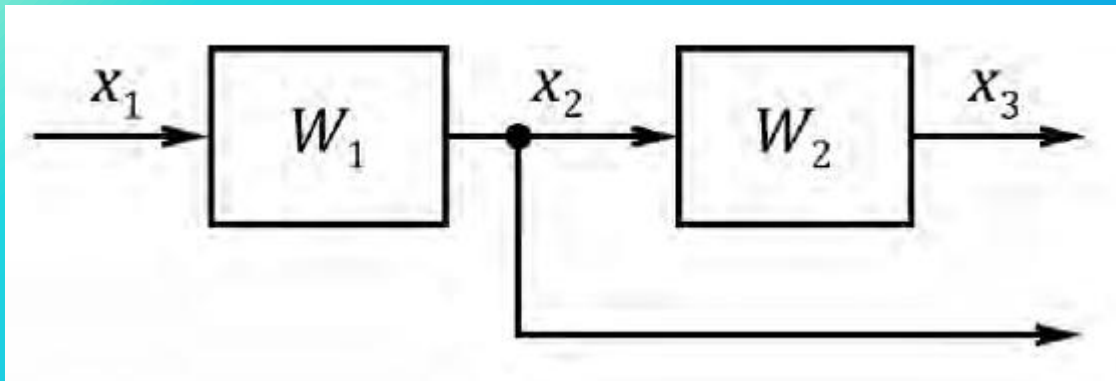
Перенос сумматора через звено назад



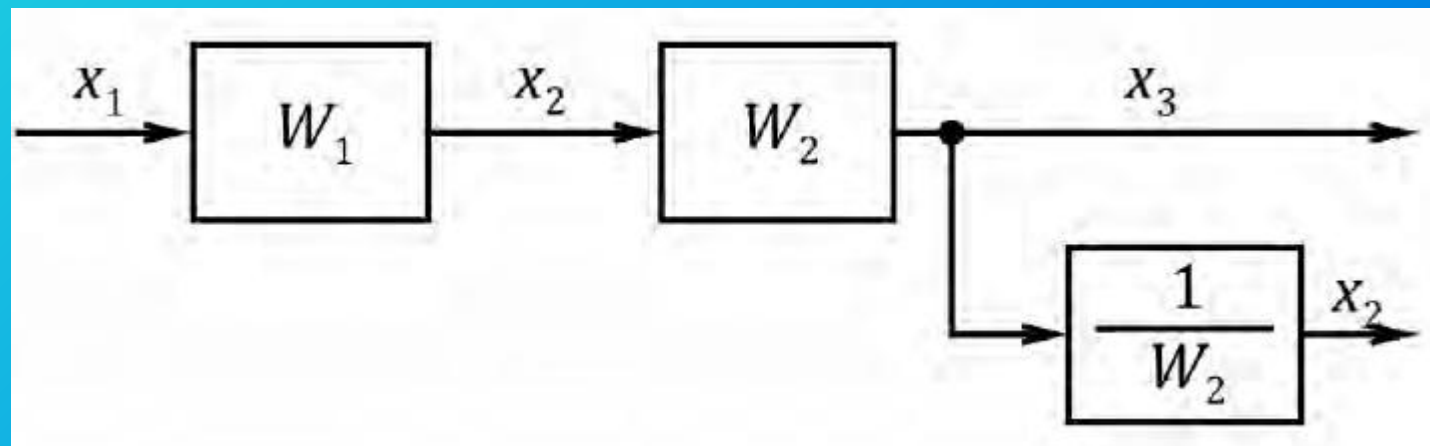
Для переноса сумматора через звено назад необходимо добавить согласующее звено с передаточной функцией, равной обратной передаточной функции звена, через которое переносится сумматор



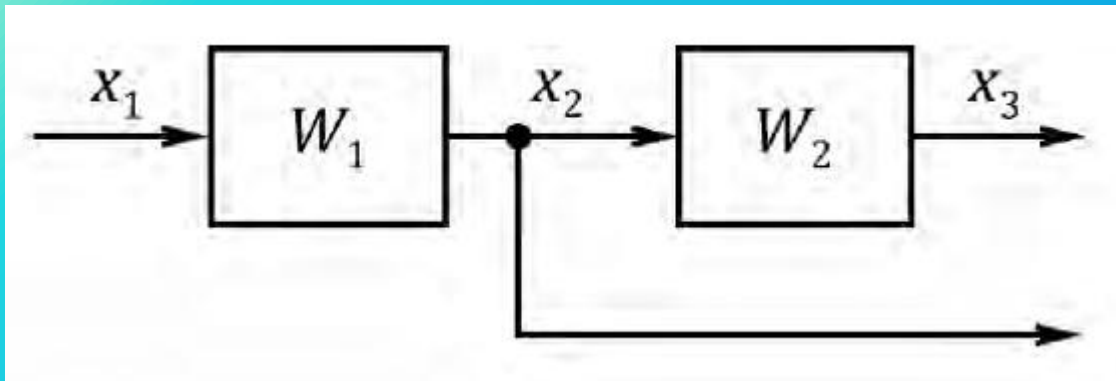
Перенос узла через звено вперед



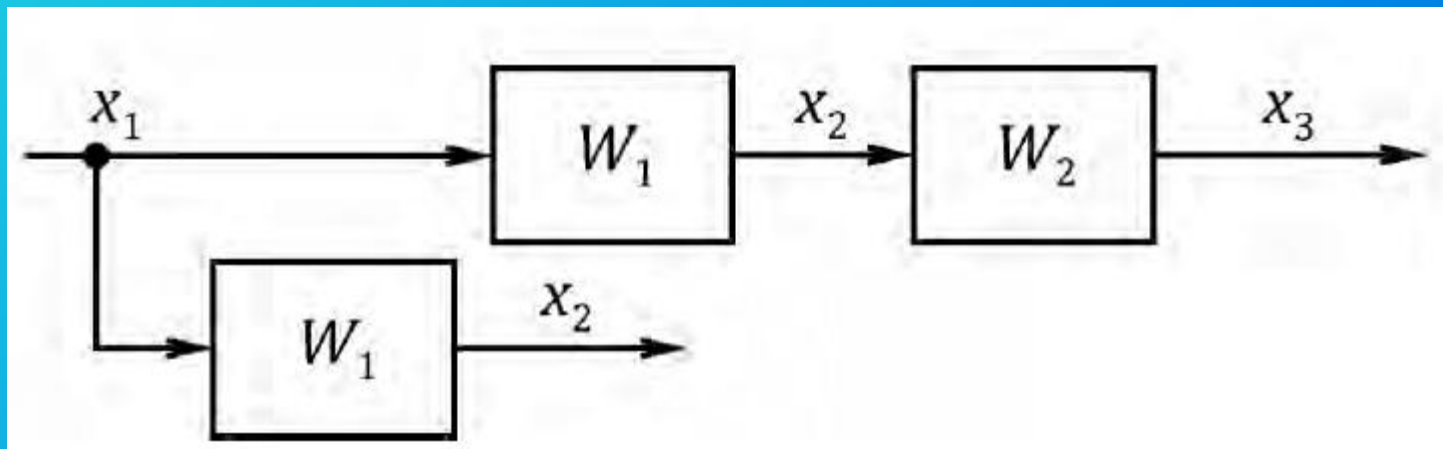
Для переноса узла через звено вперед необходимо добавить согласующее звено с передаточной функцией, равной обратной передаточной функции звена, через которое переносится узел



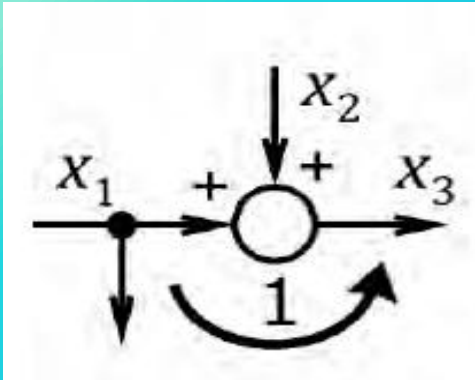
Перенос узла через звено назад



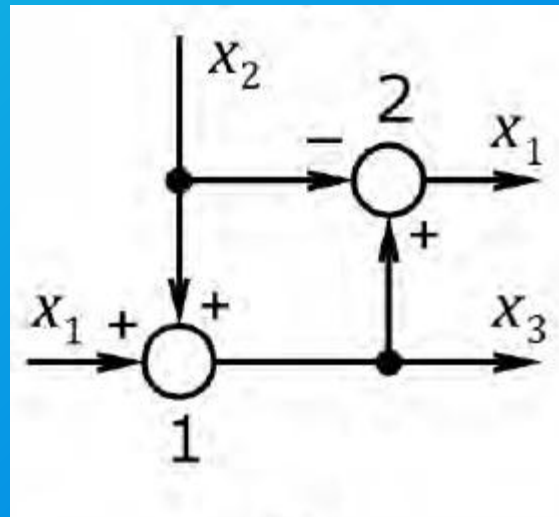
Для переноса узла через звено назад необходимо добавить согласующее звено с передаточной функцией того звена, через которое переносится узел



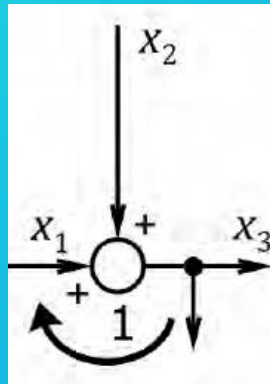
Перенос узла через сумматор вперед



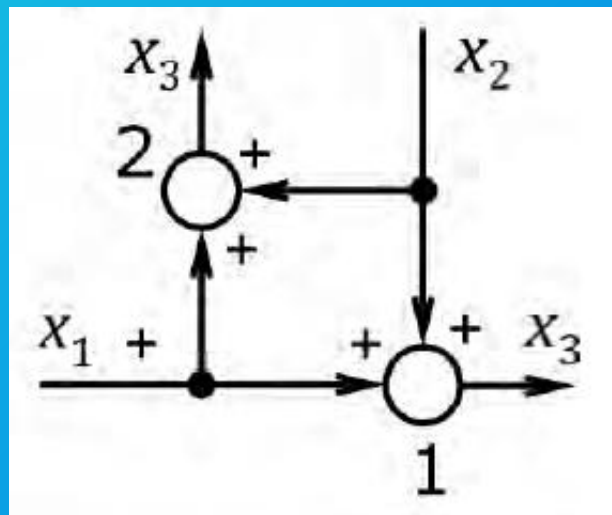
Для переноса узла через сумматор вперед необходимо добавить связи и дополнительный сумматор 2:



Перенос узла через сумматор назад



Для переноса узла через сумматор назад необходимо добавить связи и дополнительный сумматор 2:



Преимущества структурных схем:

1. Отчетливо видны все каналы взаимодействия звеньев
2. Удобное преобразование уравнений
3. Позволяют обобщить результаты исследований конкретной системы
4. Простота моделирования на ЭВМ
5. Сложная система разбивается на простейшие участки и элементы



Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Спасибо за внимание!

канд. техн. наук Виноградов К.М.