

Структурные схемы САР и их преобразования

Элементы структурных схем.

Структурной называют схему САР, показывающую из каких элементов состоит эта САР и как они соединены между собой. Фактически структурная схема представляет собой графическое изображение математической модели САР, связывающее входные и выходные переменные элементов САР через их передаточные функции.

Динамические звенья на структурной схеме изображают в виде прямоугольника. Суммирующее звено (рисунок 3.1 а), реализующее уравнение $y=x_1+x_2$ и сравнивающее звено (рисунок 3.1 б), реализующее уравнение $y=x_1-x_2$, изображают в виде круга, разделенного на сектора, причем сектор, куда подается вычитаемое, зачерняют. Соединение, показанное на рисунке 3.1 в, называют узлом, реализующим функцию размножения сигнала $y=x_1=x_2$.

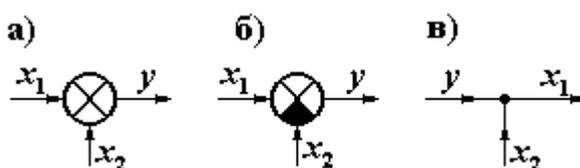


Рисунок 3.1

Правила преобразования структурных схем.

В результате синтеза САР может получиться ее сложная структурная схема, содержащая последовательно и параллельно включенные звенья, часть из которых может быть охвачена обратными связями. Для проведения практических расчетов такую структурную схему желательно упростить. Выполняется это по нижеизложенным правилам.

1) Последовательное соединение звеньев (рисунок 3.2 а).

Задачей преобразования является замена цепи из последовательно соединенных звеньев одним звеном с передаточной функцией, эквивалентной этому соединению (рисунок 3.2 б).

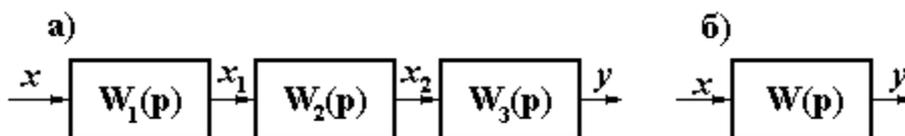


Рисунок 3.2

Из схемы соединения следует:

$$x_1=W_1(p)x; x_2=W_2(p)x_1; y=W_3(p)x_2.$$

Исключая из этих уравнений промежуточные переменные x_1 и x_2 , получим

$$y = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)x,$$

откуда

$$W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p),$$

т.е. передаточная функция последовательно соединенных звеньев равна произведению передаточных функций этих звеньев.

2) Параллельное соединение звеньев (рисунок 3.3). При параллельном соединении на вход всех звеньев подается один и тот же сигнал, а выходные сигналы складываются.

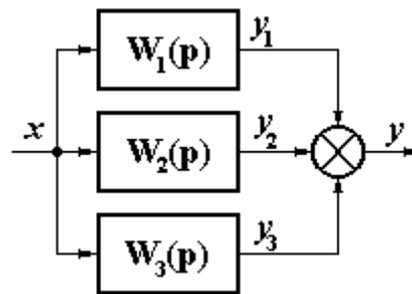


Рисунок 3.3

Из схемы соединения звеньев следует:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 = W_1(p)x + W_2(p)x + W_3(p)x = [W_1(p) + W_2(p) + W_3(p)]x,$$

откуда

$$W(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

т.е. передаточная функция параллельно соединенных звеньев равна сумме передаточных функций этих звеньев.

3) Звено, охваченное обратной связью (рисунок 3.4).

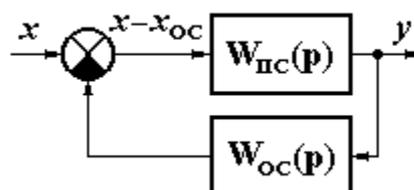


Рисунок 3.4

Под обратной связью понимают подачу выходной величины звена (звена прямой связи $W_{пс}(p)$) через другое звено (звено обратной связи $W_{ос}(p)$), снова на его вход. Обратная связь может быть положительной, если выходная величина звена обратной связи $x_{ос}$ складывается с входной величиной x , и отрицательной, если вычитается.

Из схемы соединения следует:

$$y = W_{пс}(p)(x - x_{ос}); \quad x_{ос} = W_{ос}(p)y.$$

Исключая из этих уравнений переменную $x_{ос}$, получим

$$y[1 + W_{пс}(p) \cdot W_{ос}(p)] = W_{ос}(p)x,$$

откуда

$$y = \frac{W_{пс}(p)}{1 + W_{пс}(p)W_{ос}(p)} x = W(p)x.$$

Таким образом, передаточная функция соединения звеньев с обратной связью определяется выражением

$$W(p) = \frac{W_{пс}(p)}{1 \pm W_{пс}(p)W_{ос}(p)}.$$

В этой формуле знак плюс в знаменателе ставится при отрицательной обратной связи, и знак минус при положительной.

Если передаточная функция звена обратной связи $W_{ос}(p)=1$, то обратная связь называется единичной, а само звено обратной связи на структурной схеме не изображается.

4) Перенос сумматора (рисунок 3.5).

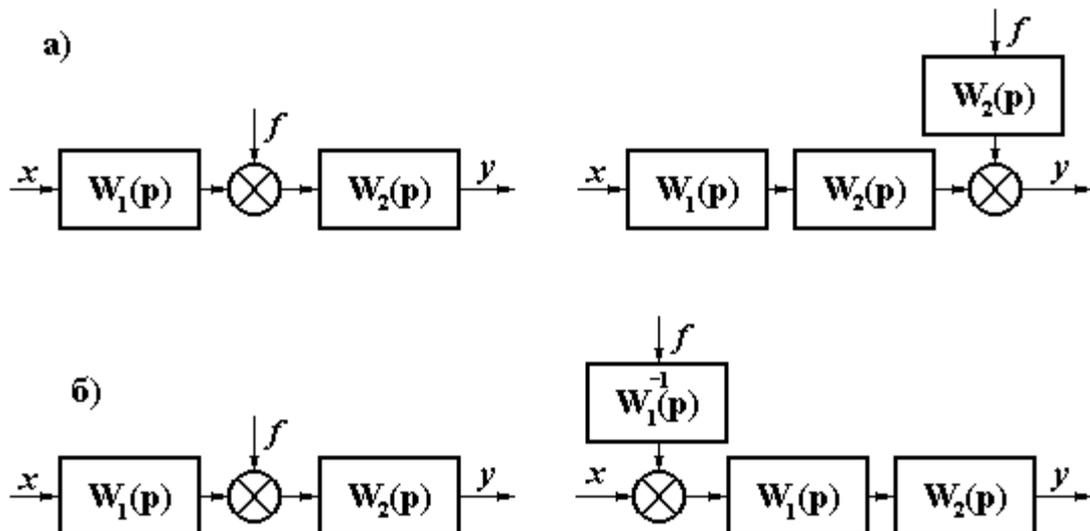


Рисунок 3.5

При переносе сумматора по ходу сигнала в структурную схему необходимо добавить звено с передаточной функцией звена, через которое переносится сумматор (рисунок 3.5 а).

При переносе сумматора против хода сигнала необходимо добавить звено с передаточной функцией, равной обратной передаточной функции звена, через которое переносится сумматор (рисунок 3.5 б).

5) Перенос узла (рисунок 3.6).

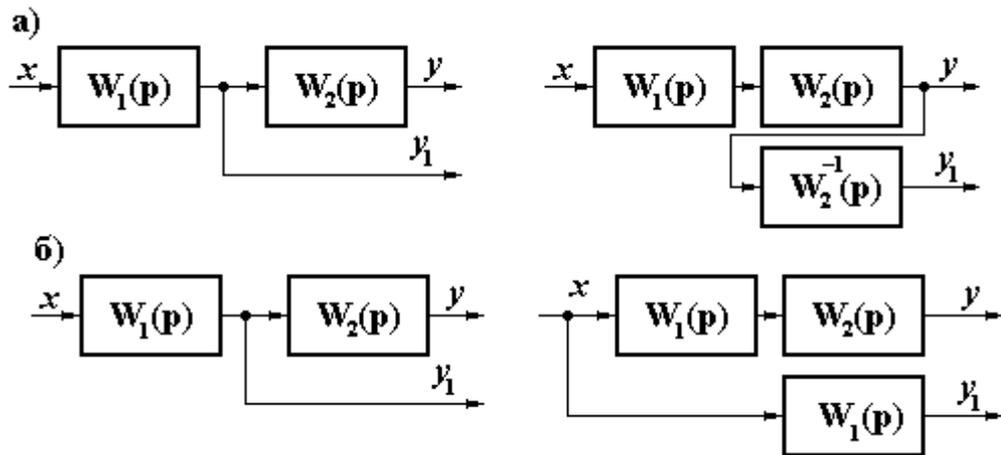


Рисунок 3.6

При переносе узла по ходу сигнала необходимо добавить звено с передаточной функцией, равной обратной передаточной функции звена, через которое переносится узел.

При переносе узла против хода сигнала необходимо добавить звено с передаточной функцией звена, через которое переносится узел (рисунок 3.6 б).

Преобразование многоконтурных структурных схем.

Многоконтурной называют схему, если она, кроме главной обратной связи, содержит местные обратные связи. Целью преобразования является приведение многоконтурной системы, структурная схема которой показана на рисунке 3.7, к эквивалентной ей одноконтурной.

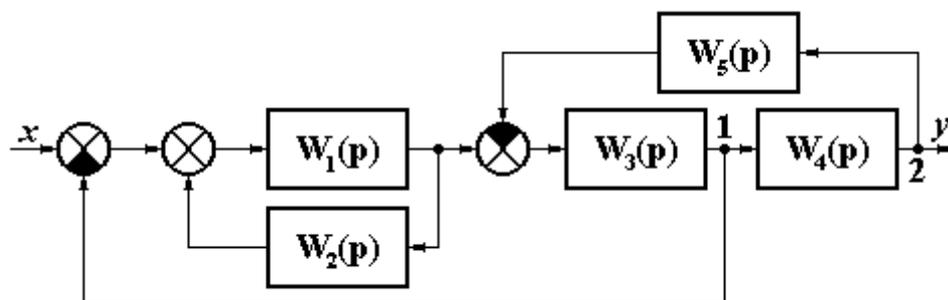


Рисунок 3.7

На первом этапе заменим соединение $W_1(p)$ и $W_2(p)$ им эквивалентным и перенесем узел 1 в узел 2. Тогда получим следующую схему (рисунок 3.8):

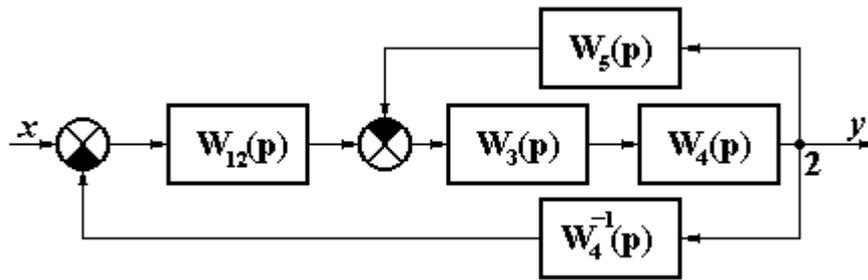


Рисунок 3.8

В схеме по рис. 3.8 имеем

$$W_{12}(p) = \frac{W_1(p)}{1 - W_1(p)W_2(p)},$$

Заменяя в рисунке 3.8 соединение с отрицательной обратной связью эквивалентным звеном, получаем эквивалентную одноконтурную схему (рисунок 3.9).

В этой схеме

$$W_{345}(p) = \frac{W_3(p)W_4(p)}{1 + W_3(p)W_4(p)W_5(p)}.$$

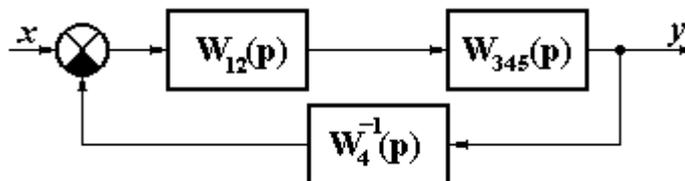


Рисунок 3.9