

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы: Ознакомление с принципами построения систем управления и основными методами регулирования. Получение практических навыков в преобразовании структурных схем управления. Составление уравнений динамики систем управления для передаточных функций замкнутых и разомкнутых систем. Приведение уравнений динамики к нормальной форме Коши. Исследование устойчивости систем управления.

Порядок выполнения работы

1. Используя правила перестановки и переноса узлов и сумматоров, избавиться от перекрестных связей. Затем с помощью правил преобразования звеньев, соединенных последовательно, параллельно или охваченных обратной связью, преобразовать исходную многоконтурную схему в одноконтурную. Все вычисления проделать в общем виде (не подставляя выражений для передаточных функций звеньев). При преобразовании передаточных функций нужно воспользоваться обозначениями, приведенными в исходных данных.
2. В полученные передаточные функции системы подставить выражения для передаточных функций звеньев и числовые значения их параметров. Используя передаточные функции замкнутой СУ, записать их представление в форме уравнений n -го порядка и в форме Коши.
3. Построить асимптотические амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики разомкнутой системы управления по асимптотическим характеристикам отдельных звеньев. Исследовать устойчивость и определить предельный коэффициент усиления схемы.

4. Используя алгебраический критерий Рауса или Гурвица, исследовать устойчивость и определить предельный коэффициент усиления схемы.
5. Сравнить результаты пп. 3 и 4 задания. Если они не совпадают с точностью ± 3 дБ. Следует искать ошибку.
6. Построить годографы передаточных функций и определить с помощью частотных критериев Найквиста или Михайлова устойчивость системы управления.

Теоретические сведения

Представление дифференциальных уравнений в форме Коши

В общем случае для уравнения вида

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n) y(t) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m) x(t)$$

система уравнений 1-го порядка в форме Коши примет вид (при этом $x(t)=x$, $y(t)=y$)

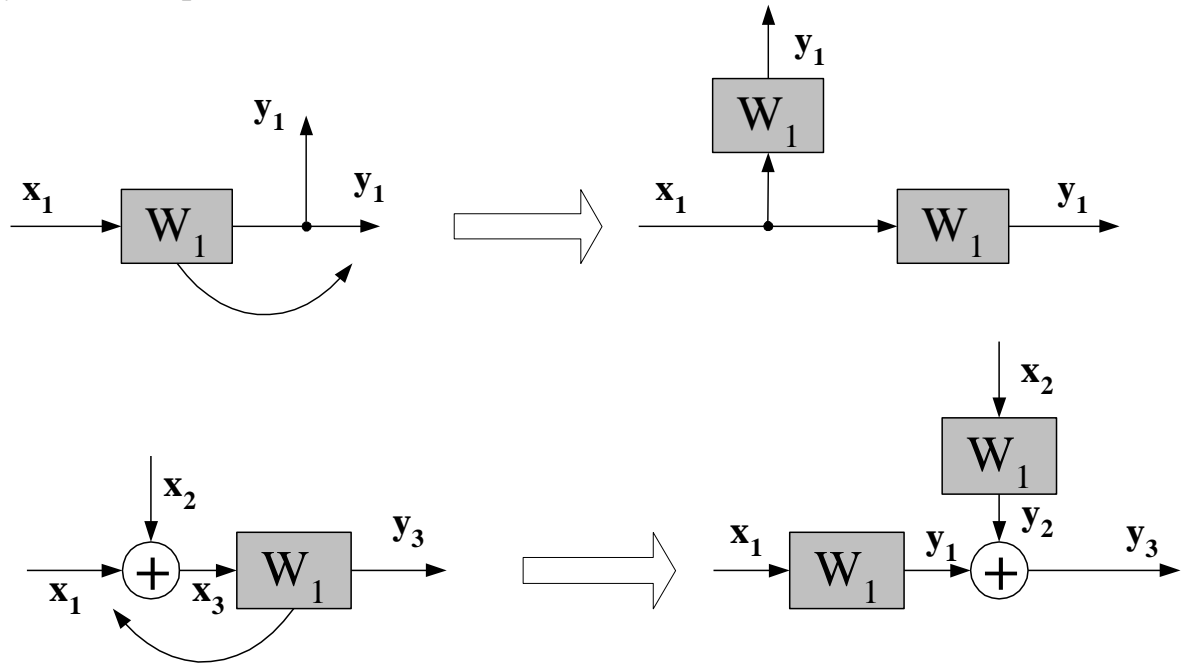
$$\begin{aligned} y(t) &= u_n + \beta_0 x(t), \\ p u_n &= u_{n-1} + \beta_1 x, \\ &\dots \\ p u_2 &= u_1 + \beta_{n-1} x, \\ p u_1 &= -(a_1 u_1 + a_2 u_2 + \dots + a_n u_n - \beta_n x) a_0^{-1} \end{aligned}$$

Введенные коэффициенты определяются из соотношений

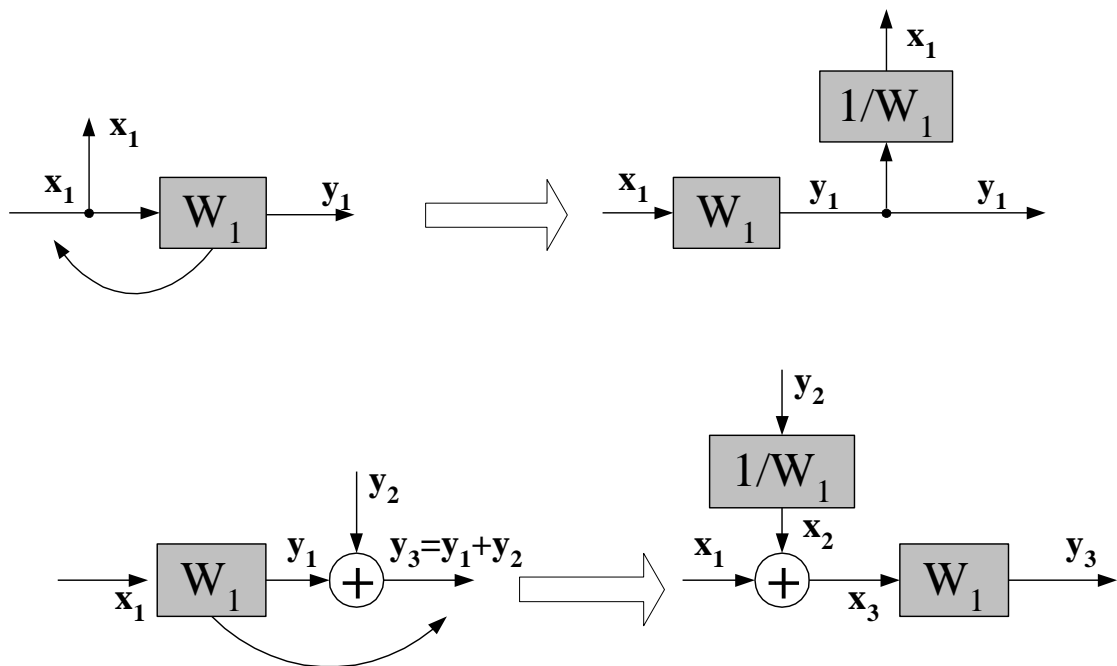
$$\beta_i = \begin{cases} 0 & \text{при } i < n - m \\ (b_{i-n+m} - \sum_{j=1}^{i-n+m} a_j \beta_{i-j}) * a_0^{-1} & \text{при } n - m \leq i < n \\ b_m - \sum_{j=1}^m a_j \beta_{n-j} & \text{при } i = n \end{cases}$$

Правила преобразования схем

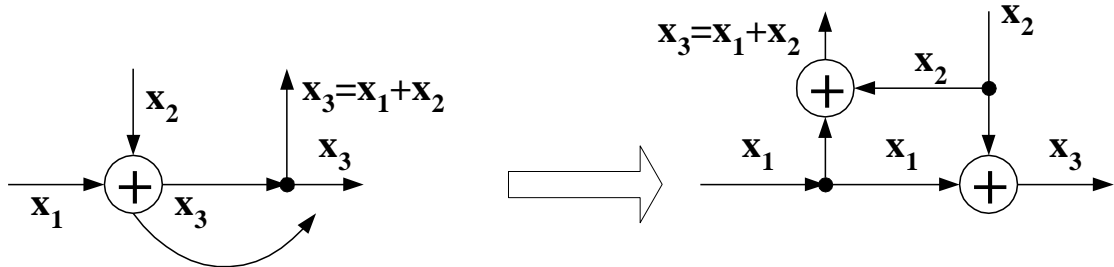
1. При перемещении звена через узел по направлению ветвления необходимо в подсоединенные к узлу ветви добавить звенья с передаточной функцией перемещаемого звена



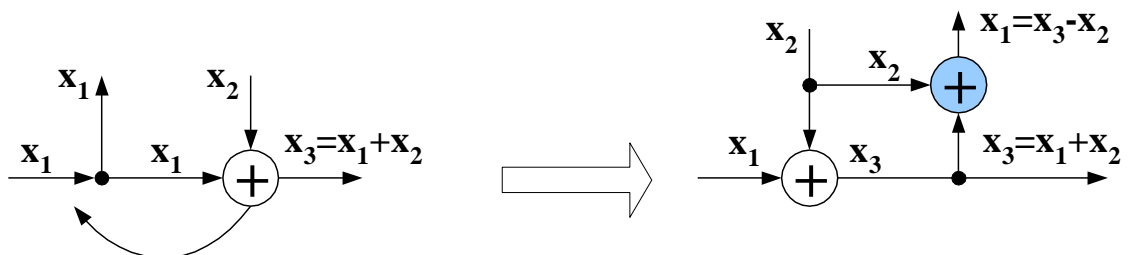
2. При перемещении звена через узел против направления ветвления необходимо в подсоединенные к узлу ветви добавить звенья с передаточной функцией, обратной передаточной функции перемещаемого звена



3. При перемещении суммирующего узла через узел по направлению ветвления необходимо в отходящих от разветвления узлах добавить такие же, как и перемещаемый узел суммирующие узлы



4. При перемещении суммирующего узла через узел разветвления против направления ветвления необходимо в отходящих от разветвления узлах добавить суммирующие узлы, отличающиеся от перемещаемого знаками прибавляемых величин.



№	Тип звена	Передаточная функция
1	Безынерционное	$W(p) = k$
2	Апериодическое 1-го порядка	$W(p) = \frac{k}{1 + Tp}, \quad T = \text{const}$
3	Апериодическое 2-го порядка	$W(p) = \frac{k}{1 + T_1 p + T_2^2 p^2}$
4	Колебательное ($\xi < 1$)	$W(p) = \frac{k}{1 + 2\xi Tp + T^2 p^2}$
5	Идеальное интегрирующее	$W(p) = \frac{k}{p}$
6	Интегрирующее с замедлением	$W(p) = \frac{k}{p(1 + Tp)}$
7	Идеальное дифференцирующее	$W(p) = kp$
8	Дифференцирующее 1-го порядка	$W(p) = 1 + kp$
9	Дифференцирующее с замедлением	$W(p) = \frac{kp}{1 + Tp}$

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ

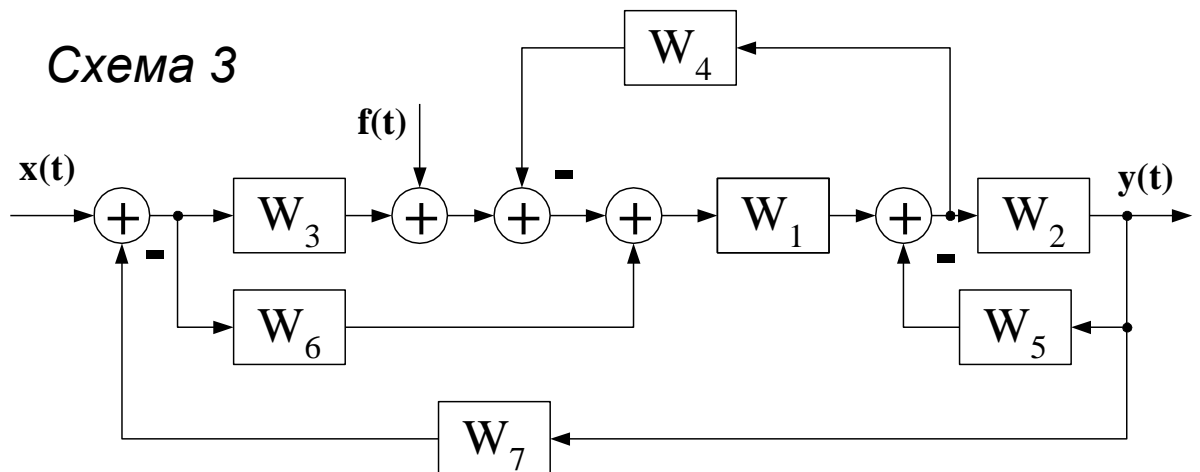
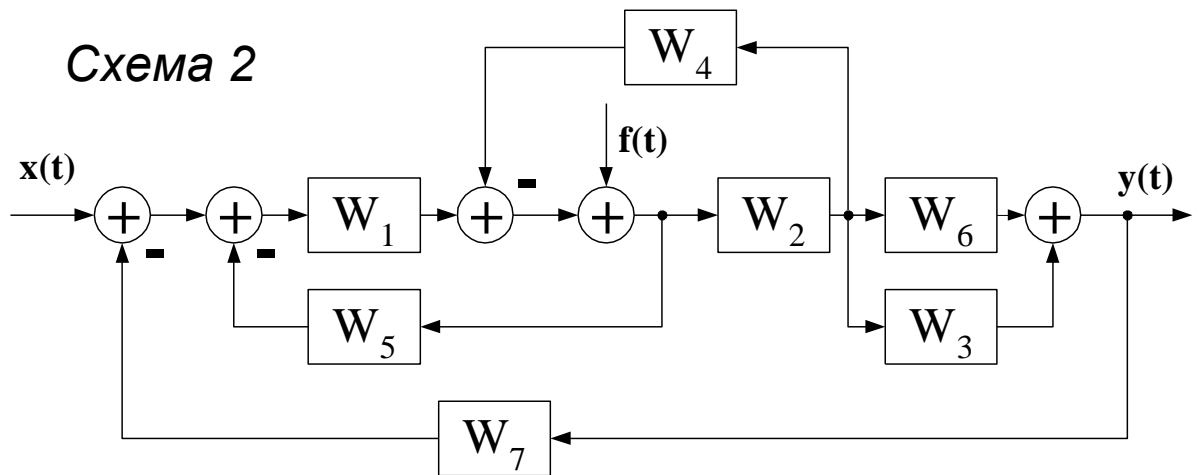
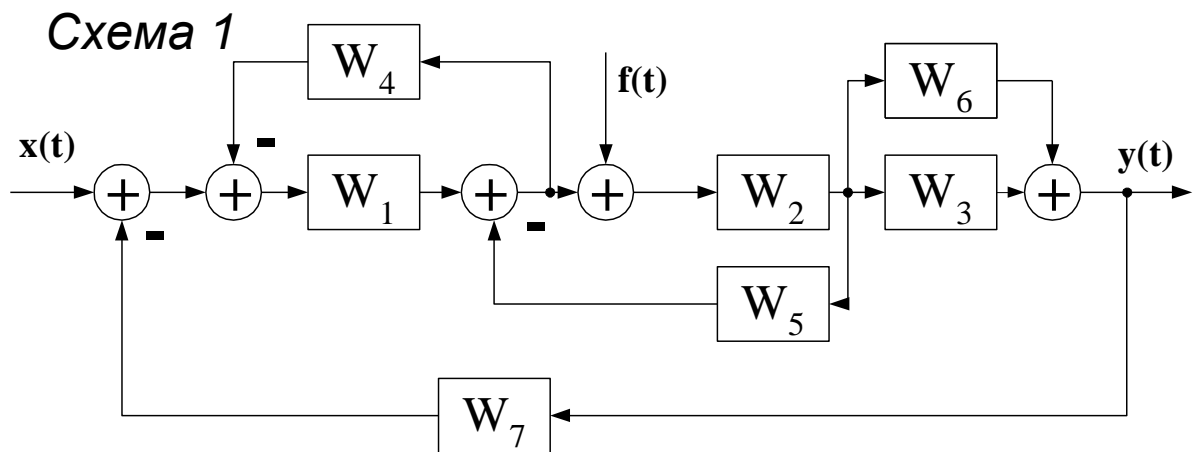


Схема 4

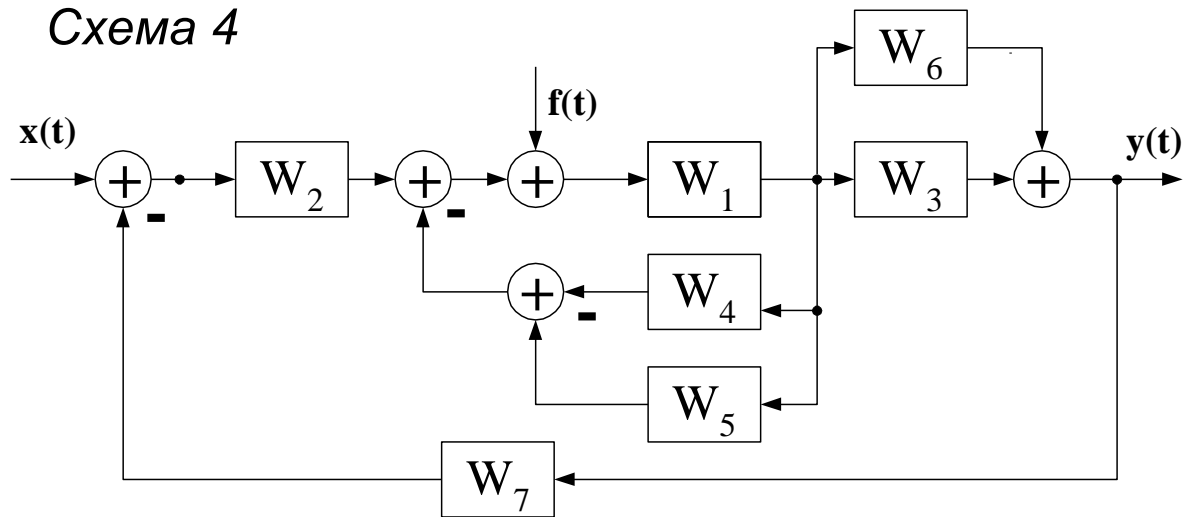
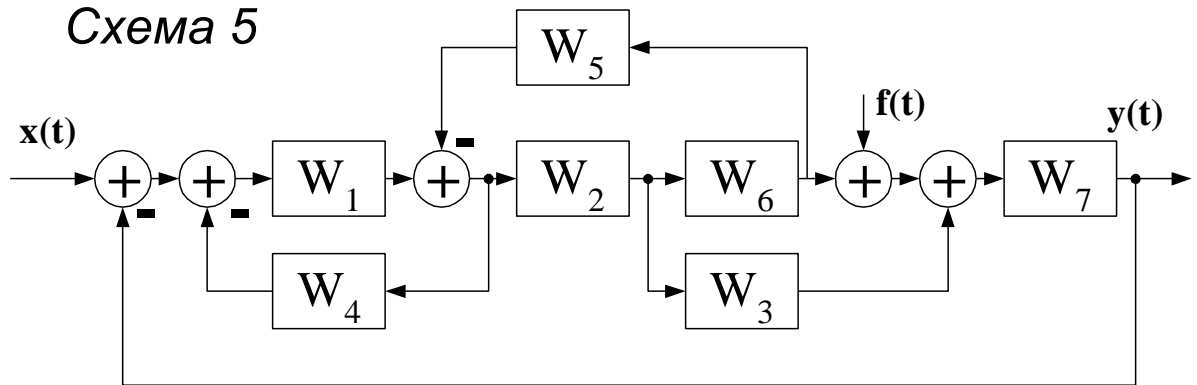


Схема 5



Соотношения для передаточных функций схем 1-5

$$\frac{W_1}{1 + W_1 W_4} = \frac{k_1}{T_1 p + \tau}; \quad W_2 = T_2 p + 1;$$

$$W_3 + W_6 = \frac{k_2}{T_3^2 p^2 + T_4 p + 1}; \quad W_5 = 0; \quad W_7 = k_3.$$

Схема 6

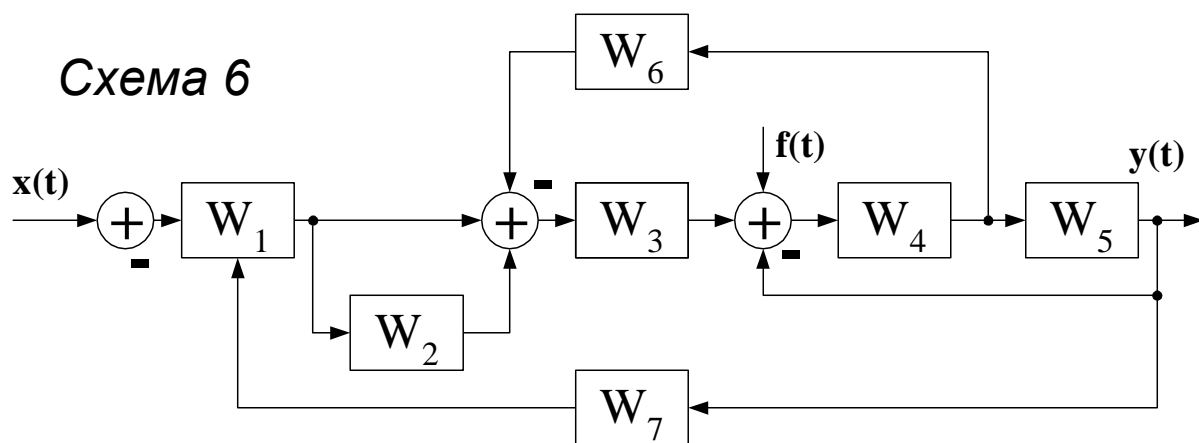


Схема 7

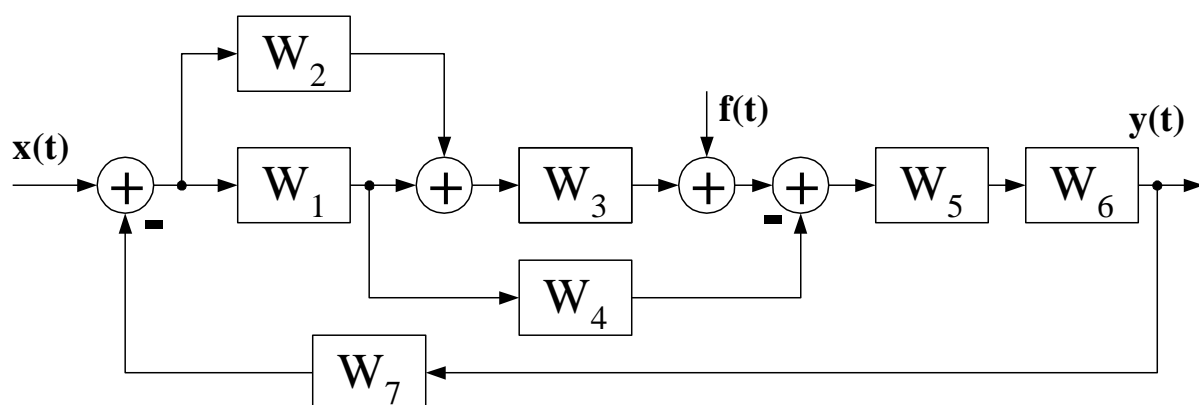


Схема 8

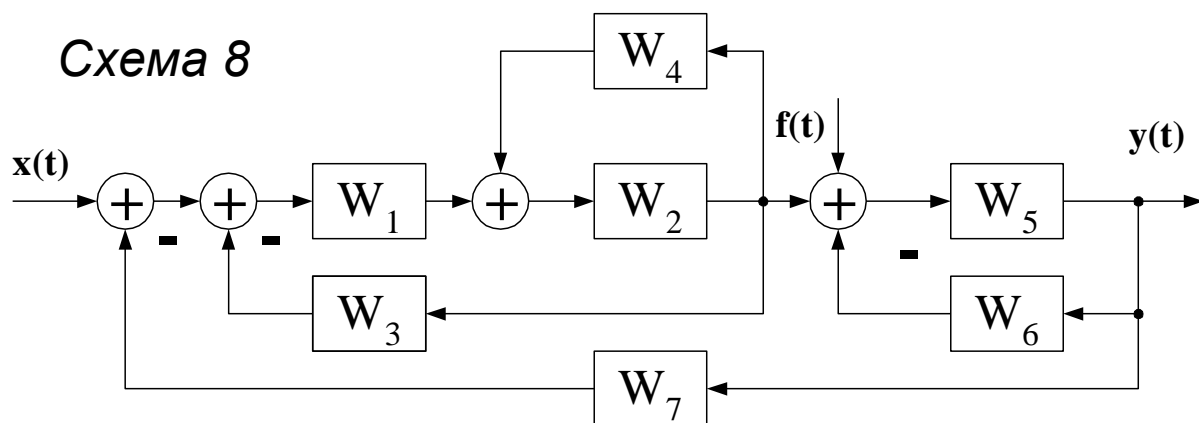


Схема 9

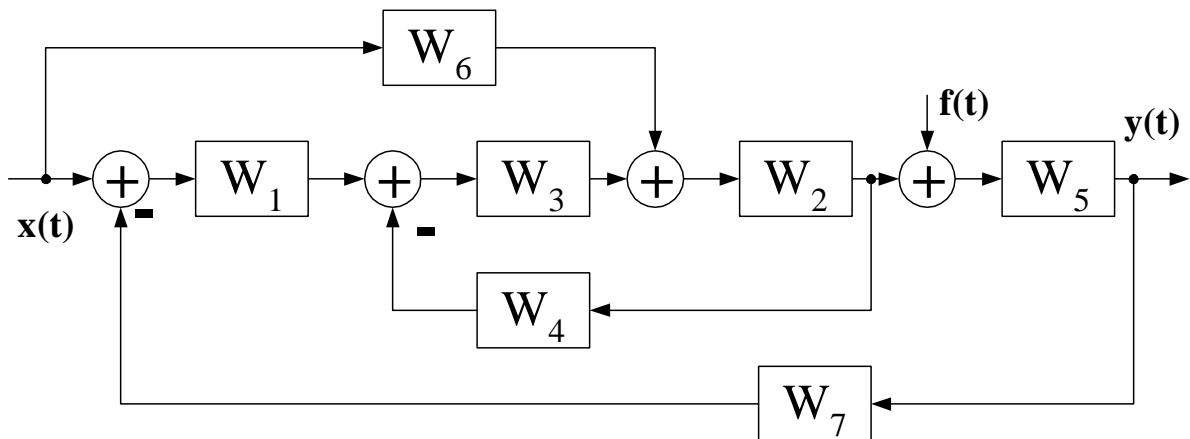
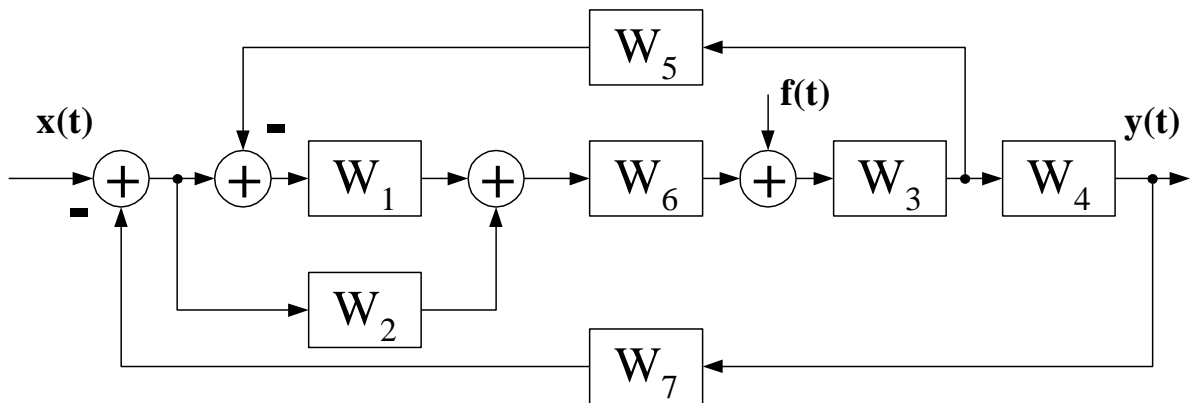


Схема 10



Соотношения для передаточных функций схем 6-10

$$W_1 = \frac{k_1}{T_1 p + \tau}; \quad W_2 = \frac{k_2}{T_2 p + \alpha_2}; \quad W_3 = \frac{k_3(\tau p + \alpha_3)}{T_3 p + 1}$$

$$W_4 = \frac{k_4}{T_4 p + \tau}; \quad W_5 = \frac{k_5}{T_8^2 p^2 + T_5 p + 1}; \quad W_6 = \frac{k_6}{T_6 p + \alpha_6}; \quad W_7 = \frac{k_7}{T_7 p + 1};$$

Таблица 1. Значения параметров систем управления

№ варианта	№ схемы.	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	α_2	α_3	α_6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	10	10	1	-	-	-	-	-	-	-
2	2	10	20	0,5	-	-	-	-	-	-	-
3	3	5	20	1	-	-	-	-	-	-	-
4	4	25	40	0,1	-	-	-	-	-	-	-
5	5	5	4	5	-	-	-	-	-	-	-
6	6	10	1	2	2	5	-	4	0	1	-
7	7	2	10	3	5	2	1	1	0	1	1
8	8	1	1	0,1	3	2	3	4	1	0	1
9	9	10	4	2	3	9	5	1	0	1	1
10	10	0,3	10	5	10	1	4	1	0	1	1
11	1	4	5	5	-	-	-	-	-	-	-
12	2	2	5	10	-	-	-	-	-	-	-
13	3	25	4	1	-	-	-	-	-	-	-
14	4	50	1	2	-	-	-	-	-	-	-
15	5	2	2	25	-	-	-	-	-	-	-
16	6	25	25	0,1	2	3	-	1	0	1	-
17	7	2	2	5	10	1	2	1	0	1	1
18	8	1	1	0,1	1	4	6	2	1	0	1
19	9	5	5	4	3	1	7	2	0	1	1
20	10	1	1	5	2	1	4	2	0	1	1
21	1	20	20	5	-	-	-	-	-	-	-
22	2	25	25	2	-	-	-	-	-	-	-
23	3	25	25	1	-	-	-	-	-	-	-
24	4	8	8	4	-	-	-	-	-	-	-
25	5	5	5	6	-	-	-	-	-	-	-
26	6	4	4	2,5	3	7	-	2	0	1	-
27	7	2	2	3,8	4	1	2	1	0	1	1
28	8	4	4	7,5	1	8	2	4	1	0	1
29	9	2	2	8,5	5	1	2	3	0	1	1
30	10	10	10	6,5	4	2	1	1	0	1	1

Таблица 2. Значения временных характеристик

№ варианта	№ схемы	T ₁ ,с	T ₂ ,с	T ₃ ,с	T ₄ ,с	T ₅ ,с	T ₆ ,с	T ₇ ,с	T ₈ ,с	τ,с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	0,05	0,05	0,1	0,1	-	-	-	-	0,1
2	2	0,05	0,1	0,5	0,5	-	-	-	-	0,1
3	3	0,02	0,1	0,63	0,2	-	-	-	-	0,1
4	4	1,0	0,02	0,32	1,1	-	-	-	-	0
5	5	1,0	0,04	0,32	1,1	-	-	-	-	0
6	6	0,1	1,0	0,02	3,0	0	-	0	0	0
7	7	0	1,0	2,0	2,0	0,05	0	0	0,04	0
8	8	0	0,2	0	0	0,5	0	0,03	0	1
9	9	0	1,0	0,2	0	0,6	0	0	0,33	0
10	10	0	1,0	0,35	1,0	0	1,0	0	0	0
11	1	1,0	0,5	0,1	0,1	-	-	-	-	1
12	2	0,8	0,3	0,5	0,6	-	-	-	-	1
13	3	0,6	0,2	0,3	0,4	-	-	-	-	1
14	4	0,4	0,2	0,8	0,3	-	-	-	-	1
15	5	0,2	0,1	0,6	0,2	-	-	-	-	1
16	6	0,5	0,2	0,2	0,1	0	-	0	0	0
17	7	0	0,5	0,8	1,2	0,1	0	0	0,1	0
18	8	0	0,1	0	0	0,4	0	0,1	0	1
19	9	0	0,8	1,5	0	0,1	0	0,1	0,1	0
20	10	0	1,2	0,4	0,9	0	1,2	0	0	0
21	1	0,8	0,6	1,4	2,0	-	-	-	-	0,5
22	2	1,2	1,0	2,5	2,0	-	-	-	-	0,5
23	3	1,6	1,0	1,8	2,0	-	-	-	-	0,5
24	4	0,1	0,7	1,2	1,0	-	-	-	-	0,5
25	5	0,7	0,6	0,6	1,0	-	-	-	-	0,5
26	6	0,1	0,3	1,2	0,8	0	-	0	0	0
27	7	0	0,4	1,2	0,4	0,4	0	0	0,2	0
28	8	0	0,8	0	0	0,6	0	0,4	0	1
29	9	0	1,2	0,6	0	0,3	0	0	0,5	0
30	10	0	2,2	0,8	1,1	0	0,7	0	0	0