

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
(ДГТУ)

ФАКУЛЬТЕТ: АВТОМАТИЗАЦИЯ, МЕХАТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
КАФЕДРА: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к расчетно-графической работе №1

по дисциплине: Теория автоматического управления
для студентов: Заочной сокращенной формы обучения по на-
правлению 15.03.04 “Автоматизация техноло-
гических процессов и производств”
автор: к.т.н. доцент Чувейко М.В.

Ростов-на-Дону

2019

Аннотация

Приведены пояснения по выбору варианта задания для расчетно-графической работы по дисциплине «Теория автоматического управления», а также пояснения по выполнению разделов контрольной работы. Методические указания предназначены для студентов заочной сокращенной формы обучения по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Содержание

1	Цели и задачи	4
2	Выбор варианта задания	4
3	Задание на контрольную работу	5
3.1	Общие сведения	5
3.2	Основные этапы выполнения	5
3.3	Рекомендации по выполнению и оформлению	6
4	Индивидуальные задания	8
	Список литературы	109
	Приложение А Пример выполнения контрольной работы	110

1 Цели и задачи

Целью выполнения данной контрольной работы является получение основных знаний и навыков по анализу линейных стационарных динамических систем. В качестве систем могут выступать различные линеаризованные технические объекты (механические, электрические, электромеханические, гидравлические, пневматические и т.п.) и физические процессы (процессы резания, процессы трения, тепловые процессы и т.п.). Достижение поставленной цели обеспечивается выполнением ряда типовых заданий (исследования системы на устойчивость, построение различных характеристик и т.п.). После выполнения некоторых заданий необходимо сделать соответствующие выводы о динамических свойствах исследуемого объекта. Необходимость формулирования выводов объясняется тем, что у студента должна сформироваться четкая связь между результатами полученными при помощи математических методов и физическим поведением исследуемого объекта или процесса.

2 Выбор варианта задания

Исходными данными для выполнения контрольной работы являются структурная схема исследуемой динамической системы и передаточные функции всех её элементов. Для выбора задания необходимо:

- а) Определить номер варианта N. Номер варианта соответствует двум последним цифрам номера зачетной книжки.
- б) Выбрать в соответствии со своим номером варианта параметры исследуемой системы в главе 4.

3 Задание на контрольную работу

3.1 Общие сведения

В данном разделе приводится перечень заданий которые необходимо выполнить в контрольной работе. По каждому заданию даны краткие указания, а также ссылки на литературные источники в которых подробно освещены соответствующие вопросы.

Выполнение работы рекомендуется осуществлять в соответствии с примером выполнения, приведенном в приложении к данному методическому пособию.

3.2 Основные этапы выполнения

Для успешного выполнения работы необходимо осуществление следующих пунктов контрольной работы:

- а) Выбрать индивидуальное задание (см. главу 2).
- б) Структурные преобразования схемы. Выполнение преобразований над структурной схемой системы необходимо для представления системы в виде одного звена с эквивалентной передаточной функцией. Следует обратить внимание, что структурные преобразования выполняются по правилам эквивалентных преобразований. (см. [1] п. 2.7 на стр. 56).
- в) Анализ устойчивости системы. Анализ устойчивости системы является чрезвычайно важным этапом в исследовании системы, так как позволяет выявить является ли система работоспособной. В данной контрольной работе предлагается выполнить анализ устойчивости по основным критериям устойчивости: по критерию Гурвица, корневому критерию и критерию Михайлова. (см. [1] п. 3 на стр. 88, [2] п. 5.3 на стр. 141).
- г) Частотная передаточная функция системы. В данном разделе необходимо получить частотную передаточную функцию системы, которая потребуется в следующем разделе контрольной работы. (см. [1] п. 2.5 на стр. 37).

д) Частотные характеристики системы. В данном разделе необходимо построить основные частотные характеристики системы. Следует отметить, что частотные характеристики являются еще одной формой описания систем. По частотным характеристикам получают важные сведения о динамических свойствах системы. В контрольной работе предлагается построить следующие частотные характеристики (см. [1] п. 2.5 на стр. 37):

- 1) вещественную частотную характеристику (ВЧХ);
- 2) мнимую частотную характеристику (МЧХ);
- 3) амплитудную частотную характеристику (АЧХ);
- 4) фазовую частотную характеристику (ФЧХ);
- 5) амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ).

е) Построение переходных процессов. Существует множество методов позволяющих определить реакцию системы на воздействие типовой формы. Можно выделить две основные группы этих методов: аналитические и численные. В данной работе предлагается использовать численный метод определения реакции системы на ступенчатое воздействие и воздействие δ -импульса. Для этого предлагается использование библиотеки Control System Toolbox математического пакета Matlab. (см. [1] п. 2.4.2 на стр. 35, см. [3]).

3.3 Рекомендации по выполнению и оформлению

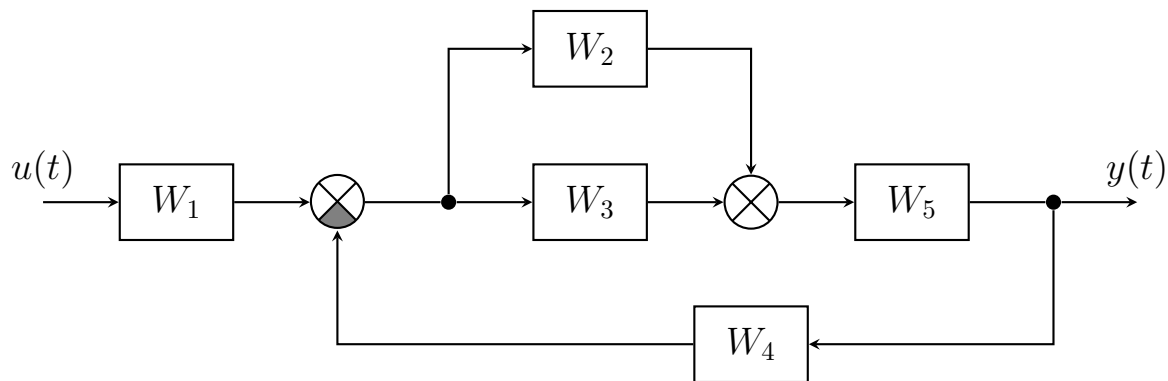
В контрольной работе необходимо приводить все схемы, графики, аналитические выкладки при выводе передаточных функций и других выражений. В работе присутствует довольно большое количество сложных вычислительных операций. Эти вычисления можно выполнять без применения ЭВМ. В этом случае подробное описание процесса вычислений приводится в приложении к контрольной работе. Если для вычисления используется ЭВМ, то их детальное описание в контрольной работе можно не приводить. Вместо этого приводятся листинги программ (тексты программ) при помощи которых выполнялись вычисления.

Для проведения численного моделирования динамики динамической системы использование ЭВМ так же не является необходимым. Допускается ручное вычисление методом Рунге-Кутты с приведением всех соответствующих расчетов в тексте контрольной работы. При использовании ЭВМ для проведения вычислений необходимо привести листинги программ или, в случае использования для моделирования программ типа Simulink, снимки с экрана (screenshot), а также графики выходного сигнала.

4 Индивидуальные задания

Вариант №00

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4.5}{4.4s + 1.5},$$

$$W_2(s) = 3,$$

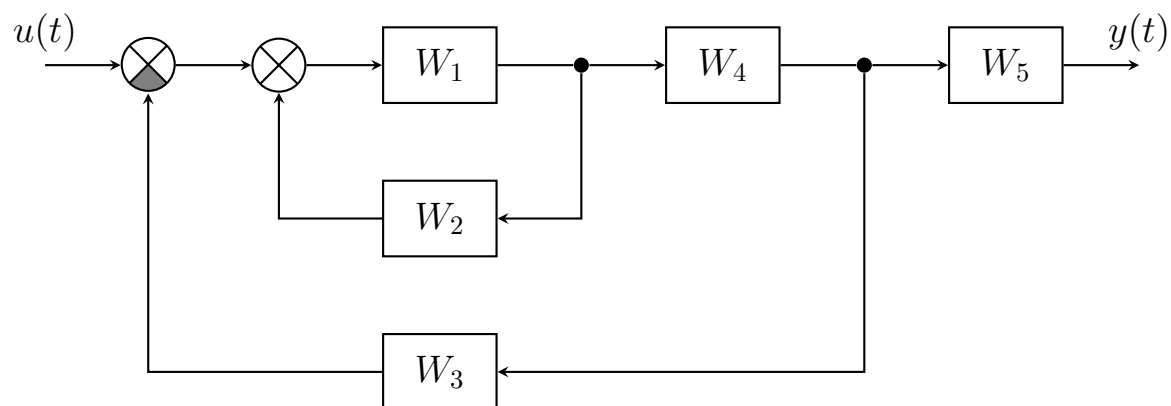
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = 3,$$

$$W_5(s) = \frac{6.8}{3.5s^2 + 3.2s + 0.5}.$$

Вариант №01

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.1}{5.3s + 8.2},$$

$$W_2(s) = \frac{0.7}{2.4s + 6.7},$$

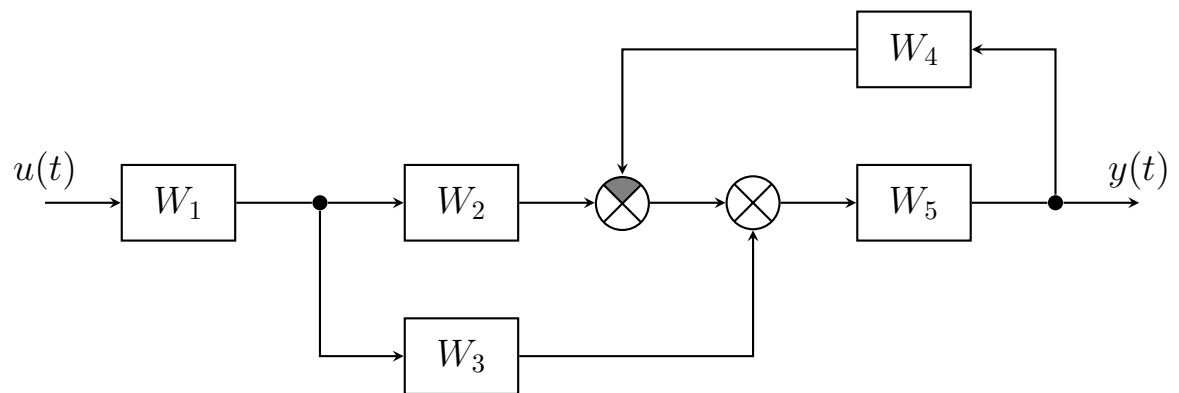
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{0.7}{2.1s + 9.6},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №02

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.8}{7s + 9.7},$$

$$W_2(s) = \frac{5.9}{6.9s + 2.3},$$

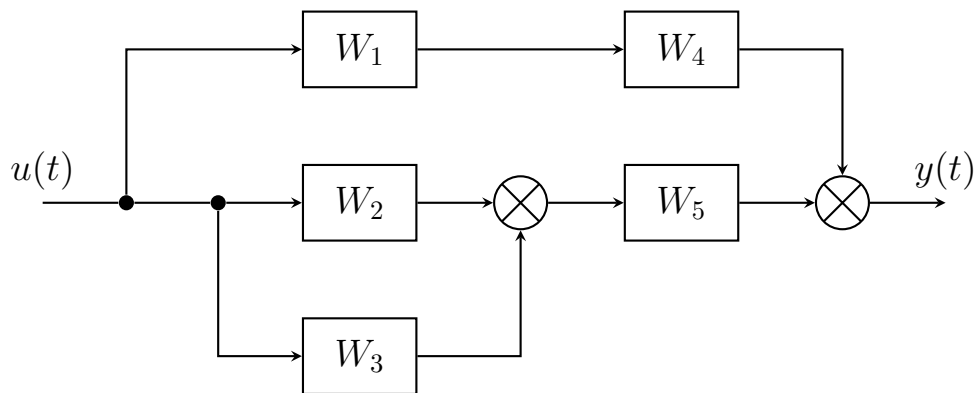
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{0.5}{2.7s + 8.5},$$

$$W_5(s) = 2.$$

Вариант №03

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.7}{3.1s^2 + s + 2.3},$$

$$W_2(s) = 2,$$

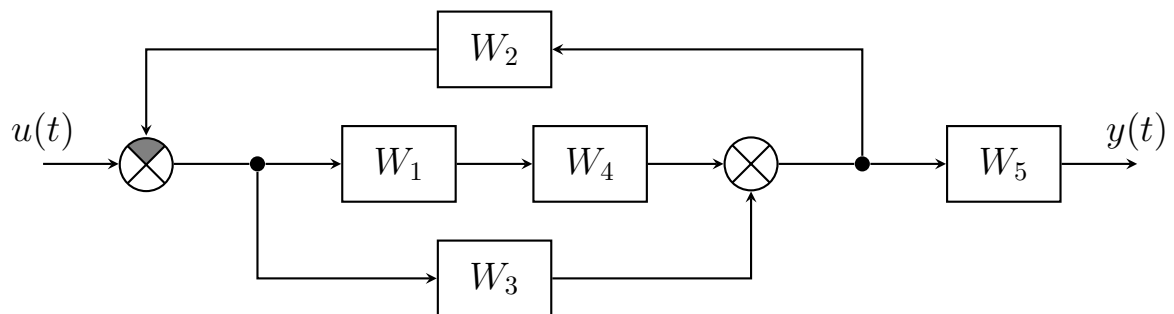
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{4.8}{3s + 5.4},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №04

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 4,$$

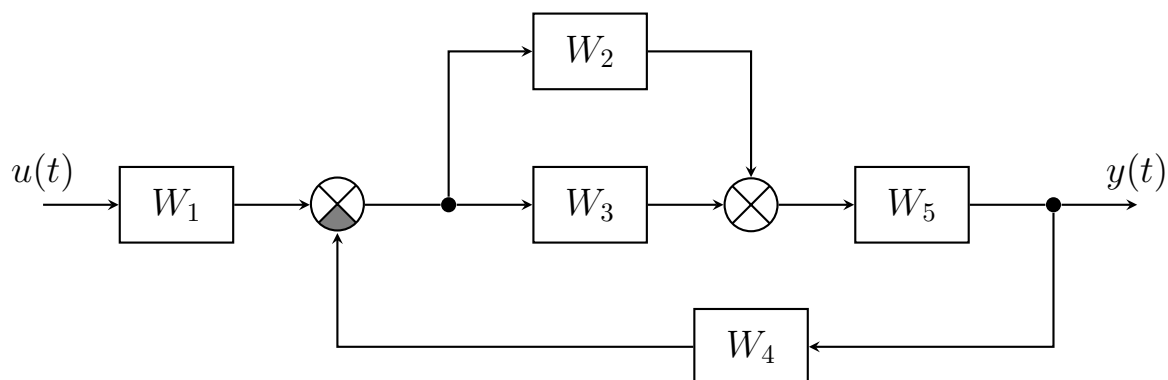
$$W_3(s) = \frac{4.7}{0.1s + 3.5},$$

$$W_4(s) = \frac{9.1}{3.8s + 4.5},$$

$$W_5(s) = \frac{0.4}{7.2s + 5.5}.$$

Вариант №05

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.9}{1.2s + 3.1},$$

$$W_2(s) = \frac{4.5}{8.5s + 9.4},$$

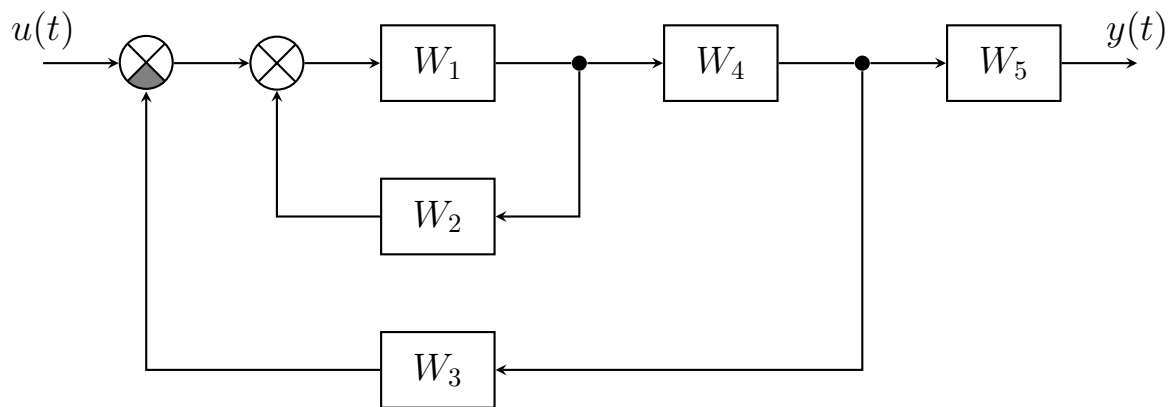
$$W_3(s) = 5,$$

$$W_4(s) = \frac{8.4}{9.5s + 7.8},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №06

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.8}{4.8s + 5.1},$$

$$W_2(s) = \frac{6.4}{9.4s + 8.1},$$

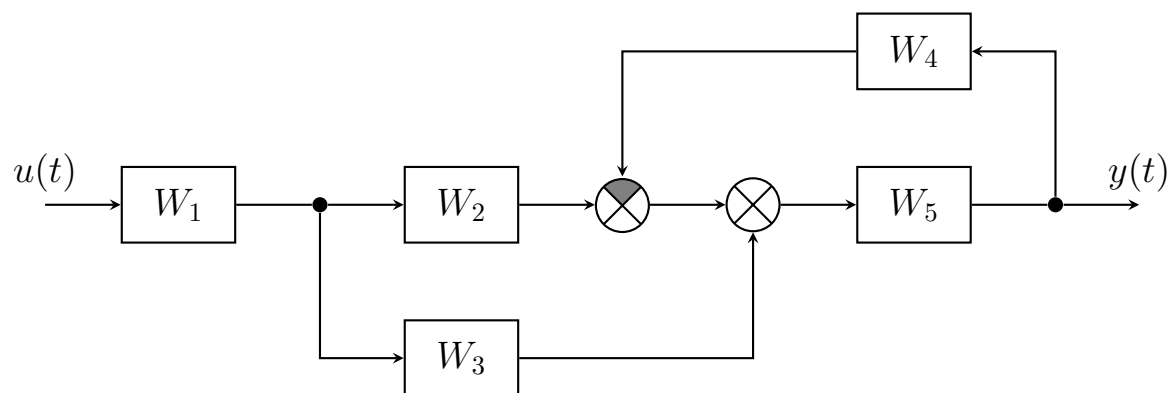
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{0.5}{6.8s + 4},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №07

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.7}{0.7s + 5.4},$$

$$W_2(s) = 6,$$

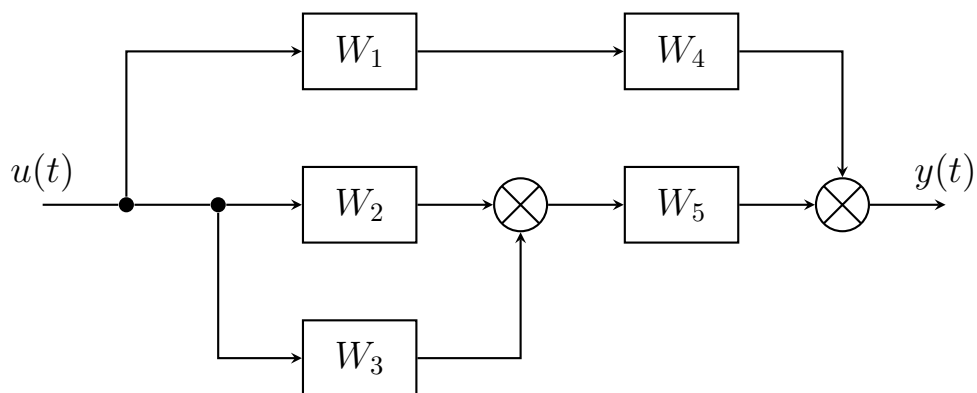
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = 5,$$

$$W_5(s) = \frac{6.1}{2.1s^2 + 9.4s + 0.5}.$$

Вариант №08

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{2.4}{3.9s^2 + 7.1s + 9.7},$$

$$W_2(s) = 7,$$

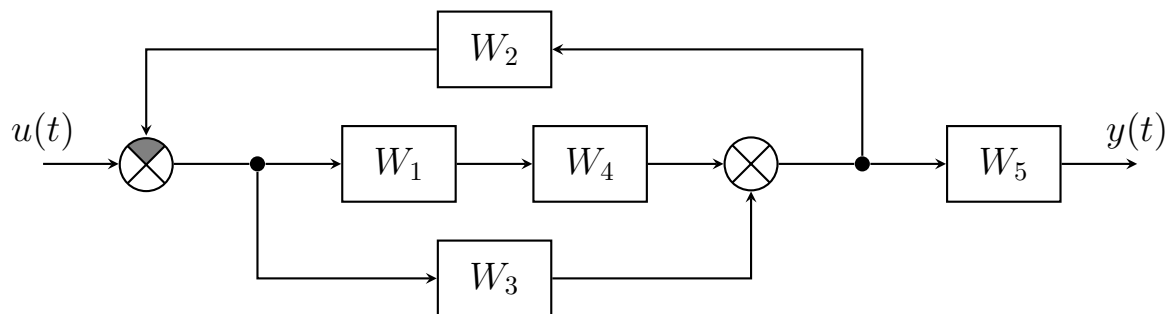
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{9.9}{7.9s + 2},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №09

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4.6}{1.2s + 7.6},$$

$$W_2(s) = 5,$$

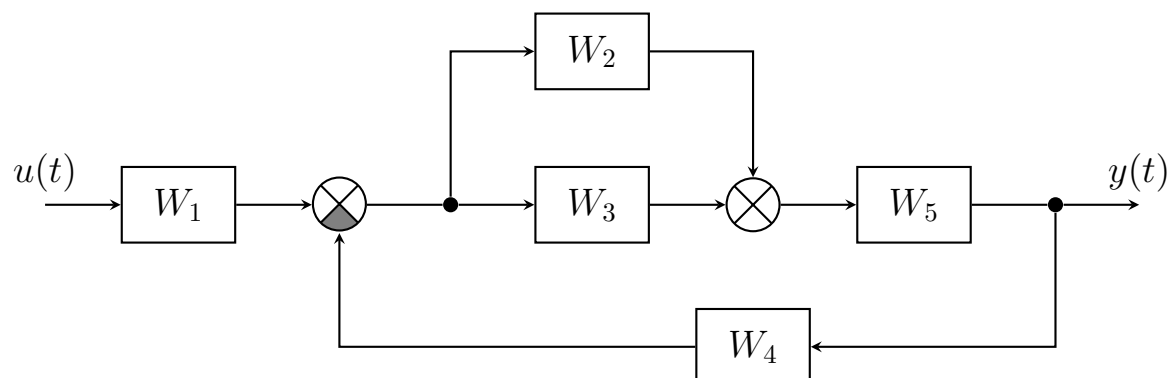
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = 7,$$

$$W_5(s) = \frac{1.5}{0.6s^2 + 0.9s + 2.3}.$$

Вариант №10

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 8,$$

$$W_2(s) = 5,$$

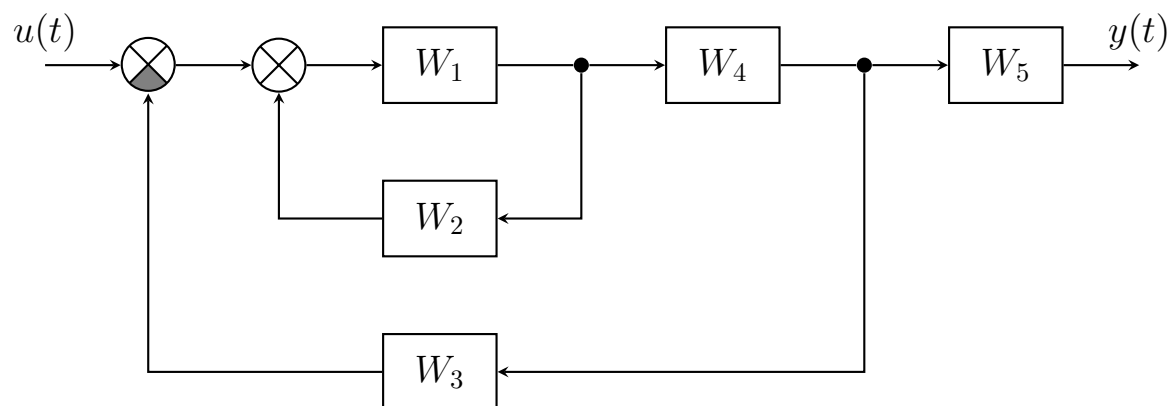
$$W_3(s) = \frac{1}{4.3s + 6.4},$$

$$W_4(s) = \frac{3.3}{5.5s + 0.1},$$

$$W_5(s) = \frac{6.8}{3.1s + 1.9}.$$

Вариант №11

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.8}{5.9s + 3.8},$$

$$W_2(s) = 3,$$

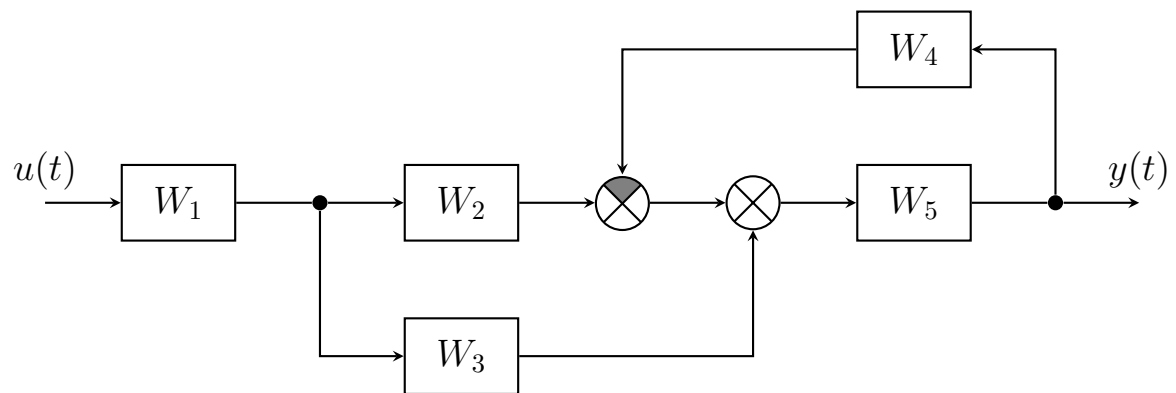
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = 6,$$

$$W_5(s) = \frac{1.5}{6.9s^2 + 3.6s + 9.5}.$$

Вариант №12

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 4,$$

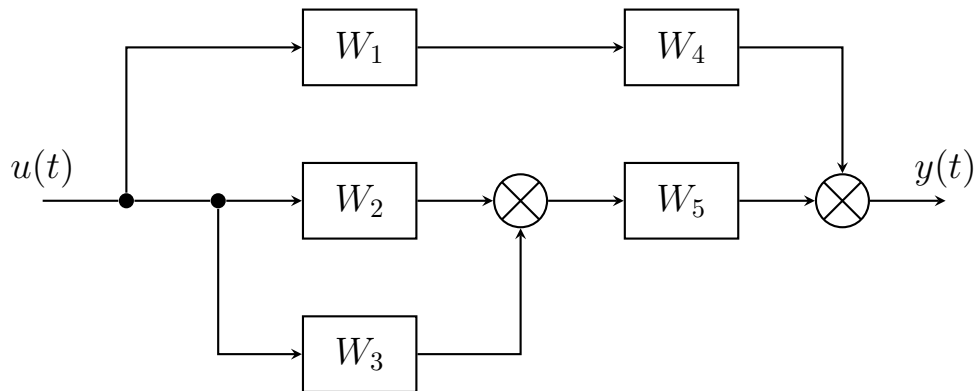
$$W_3(s) = \frac{5.8}{1.5s + 2.1},$$

$$W_4(s) = \frac{7.5}{4s + 1.7},$$

$$W_5(s) = \frac{7.6}{4.3s + 7.4}.$$

Вариант №13

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 7,$$

$$W_2(s) = 5,$$

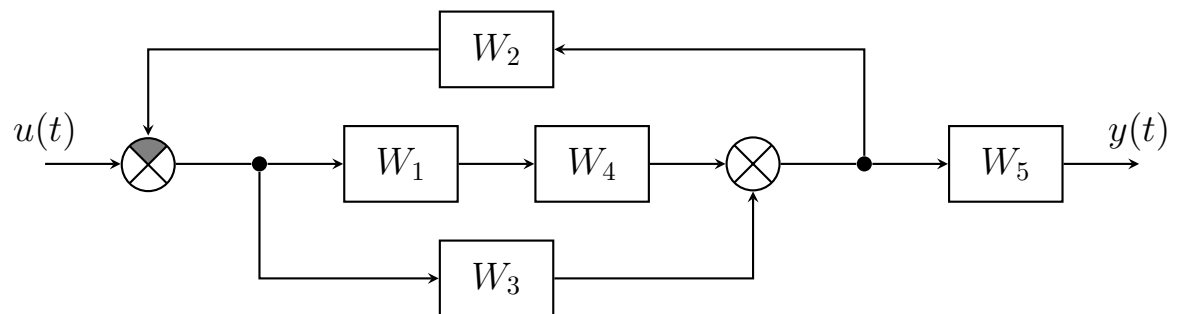
$$W_3(s) = \frac{9.9}{5.5s + 0.6},$$

$$W_4(s) = \frac{2.4}{4.3s + 9.1},$$

$$W_5(s) = \frac{3.3}{7s + 8.5}.$$

Вариант №14

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{2.3}{3.1s + 7.3},$$

$$W_2(s) = \frac{4.1}{5.7s + 7.3},$$

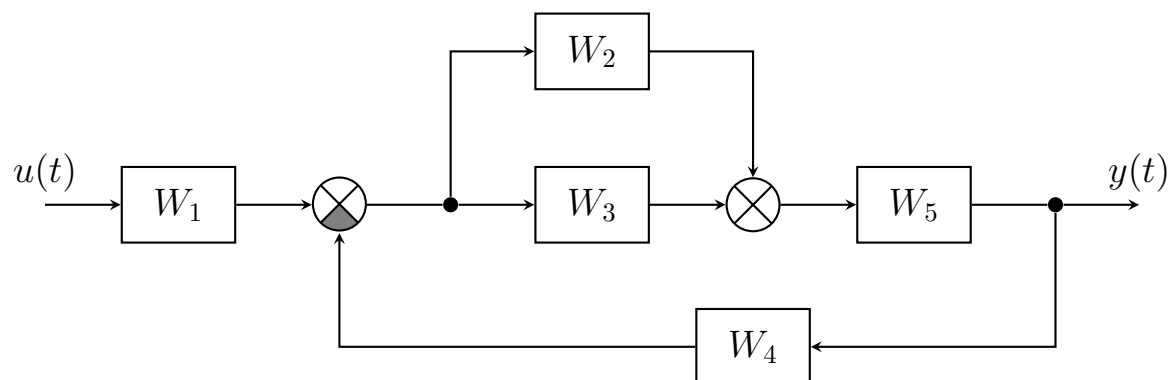
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{7.8}{6.2s + 5.2},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №15

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{8.5}{3.7s^2 + 5s + 2.5},$$

$$W_2(s) = 6,$$

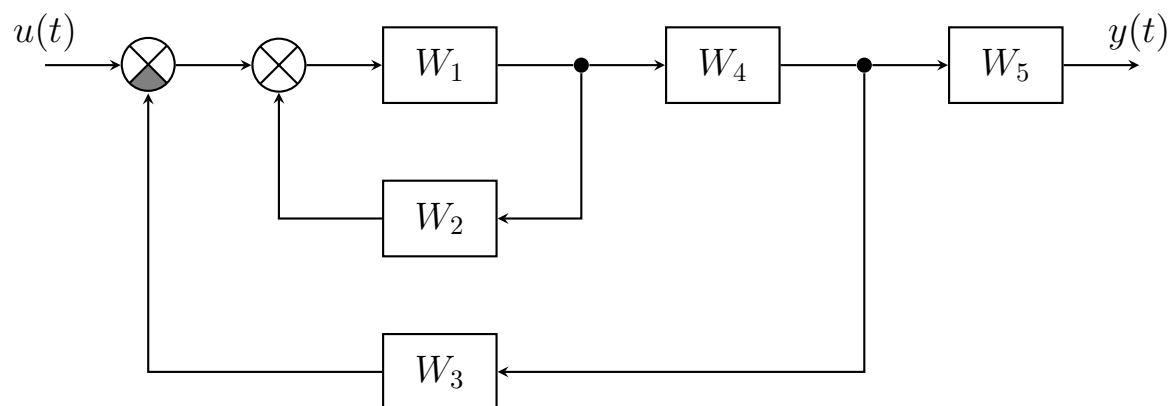
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{2}{6.9s + 7.3},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №16

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.8}{8.3s + 6},$$

$$W_2(s) = \frac{4.7}{5.2s + 4.8},$$

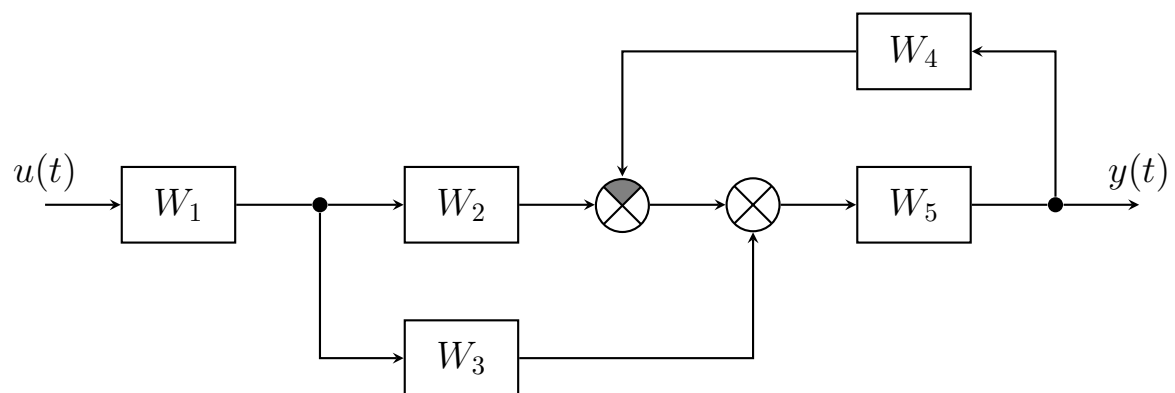
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{7.9}{1.6s + 8.8},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №17

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.2}{6.6s + 6.1},$$

$$W_2(s) = 4,$$

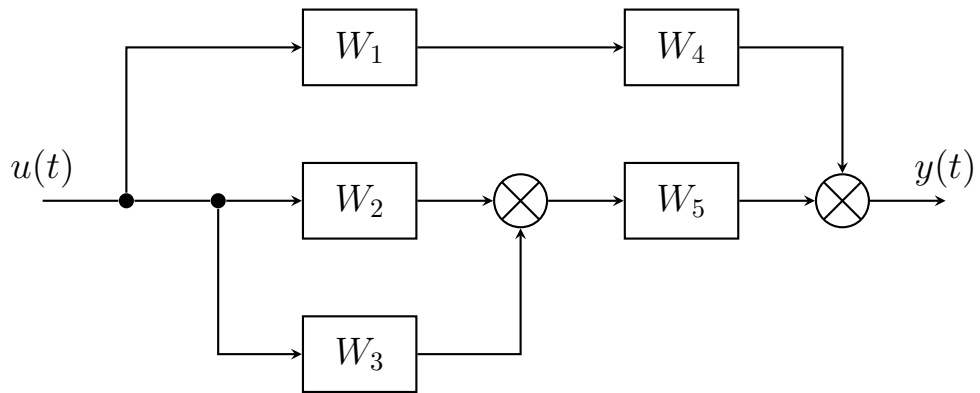
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = 6,$$

$$W_5(s) = \frac{7.2}{5.5s^2 + 7.6s + 1.7}.$$

Вариант №18

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 5,$$

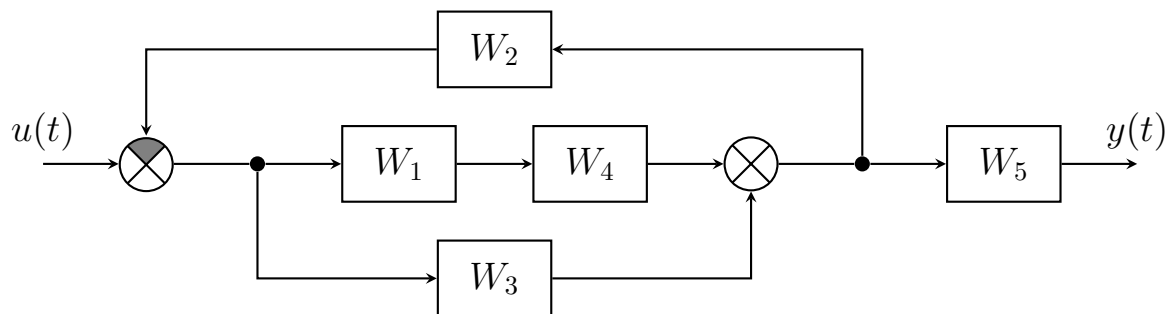
$$W_3(s) = \frac{4.6}{3.5s + 7.6},$$

$$W_4(s) = \frac{5.4}{3.2s + 0.4},$$

$$W_5(s) = \frac{8}{8s + 6.5}.$$

Вариант №19

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.1}{5s + 6.2},$$

$$W_2(s) = \frac{5.7}{1.9s + 2.4},$$

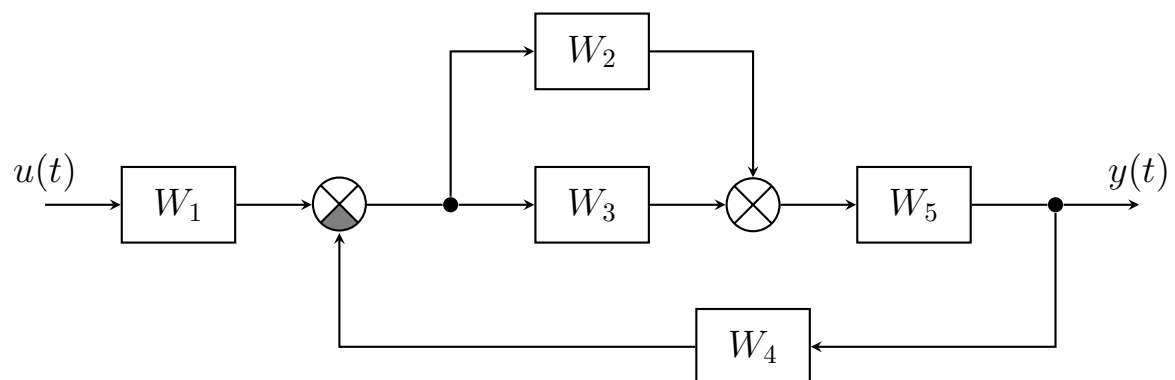
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = \frac{1.7}{7s + 7.6},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №20

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.5}{1.1s^2 + 2.3s + 9.2},$$

$$W_2(s) = 5,$$

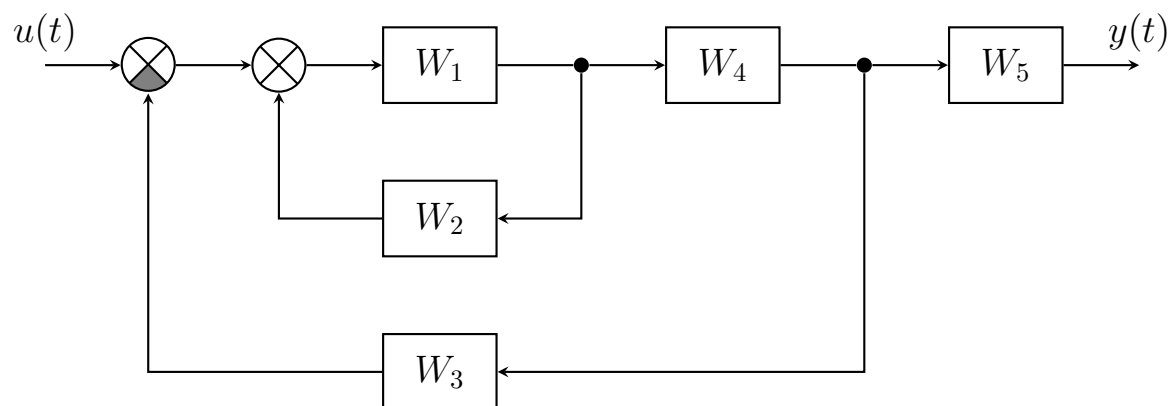
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{8.5}{7.6s + 3.6},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №21

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.4}{7.8s + 8.5},$$

$$W_2(s) = 3,$$

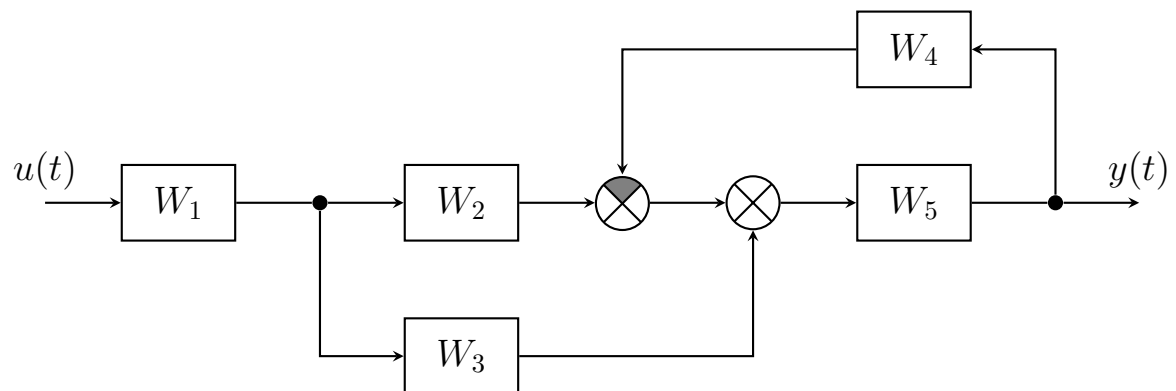
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = 2,$$

$$W_5(s) = \frac{9.1}{7.7s^2 + 4.4s + 1.6}.$$

Вариант №22

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{5.4}{6s^2 + 9.5s + 6.6},$$

$$W_2(s) = 5,$$

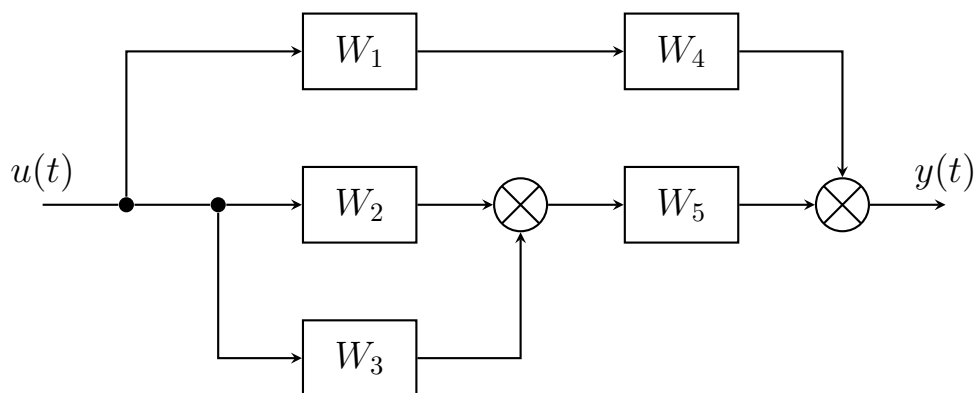
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = \frac{5}{9.4s + 6.2},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №23

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.2}{0.1s^2 + 4.1s + 3},$$

$$W_2(s) = 3,$$

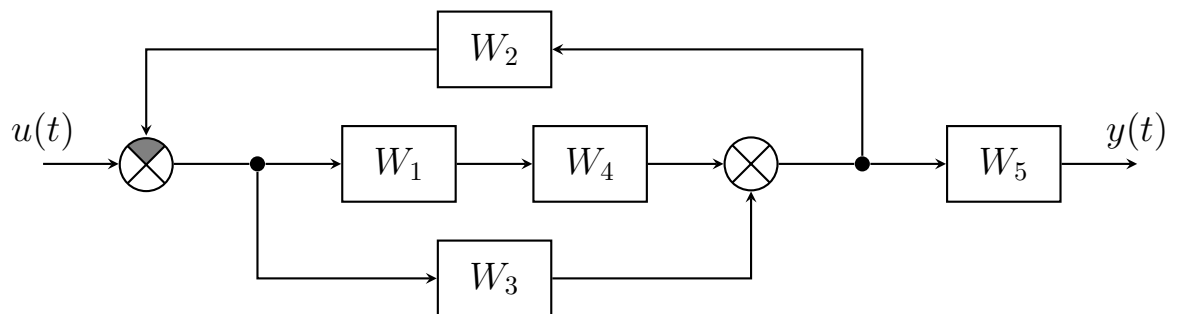
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{1.7}{1.3s + 6.4},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №24

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{8.9}{8s + 2.3},$$

$$W_2(s) = 3,$$

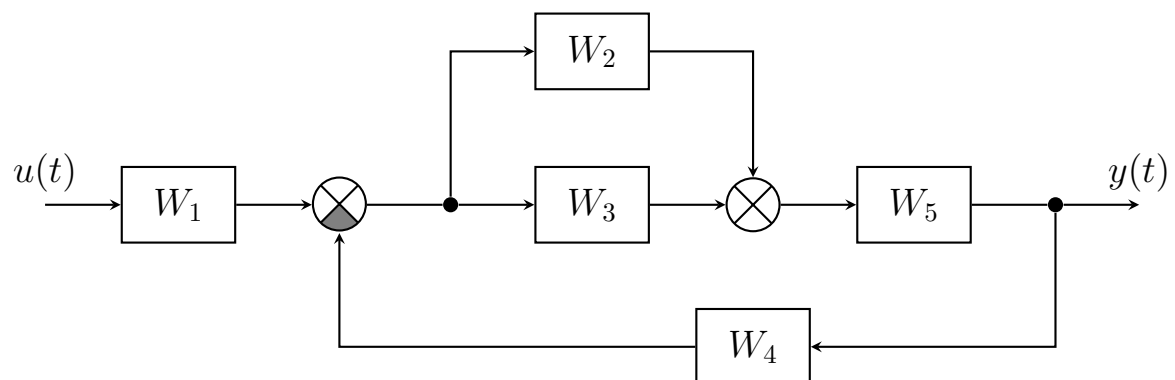
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = 6,$$

$$W_5(s) = \frac{4.2}{4.3s^2 + 9.5s + 4.8}.$$

Вариант №25

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6}{1.8s + 7.3},$$

$$W_2(s) = 3,$$

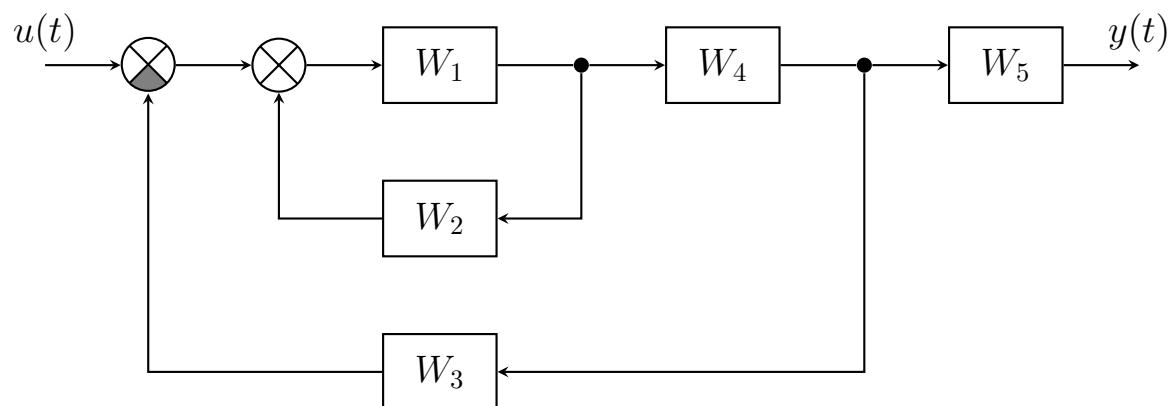
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = 4,$$

$$W_5(s) = \frac{9.1}{4.1s^2 + 3.4s + 7.5}.$$

Вариант №26

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.4}{3.4s^2 + 4.3s + 6.5},$$

$$W_2(s) = 4,$$

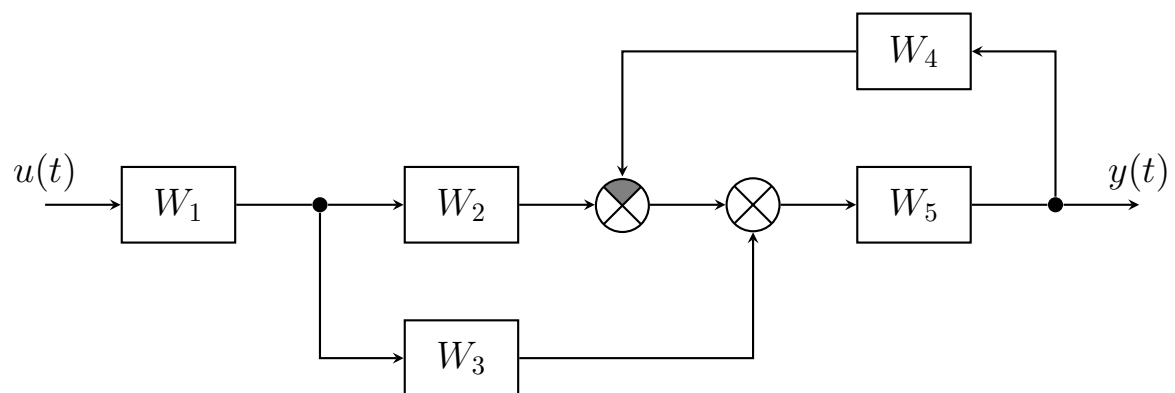
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{4.3}{7.4s + 3.2},$$

$$W_5(s) = 7.$$

Вариант №27

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{8.1}{6.5s + 4.2},$$

$$W_2(s) = 8,$$

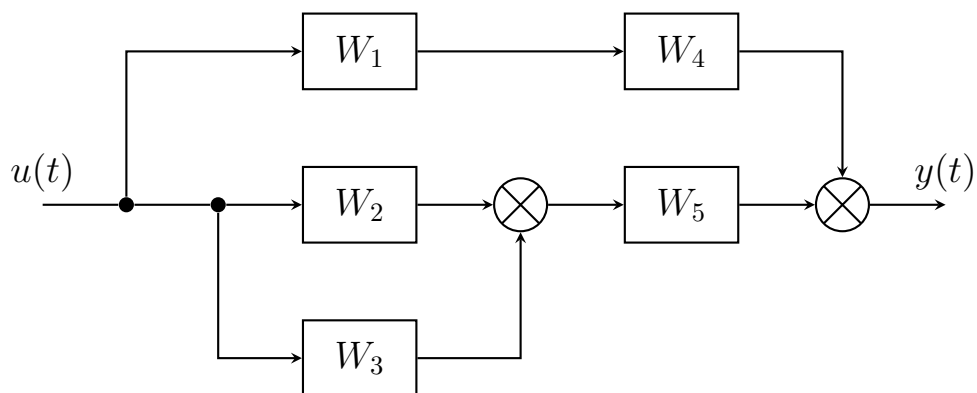
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = 5,$$

$$W_5(s) = \frac{5}{3.9s^2 + 9.9s + 0.1}.$$

Вариант №28

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.4}{3.8s + 6.5},$$

$$W_2(s) = \frac{0.5}{7.8s + 0.6},$$

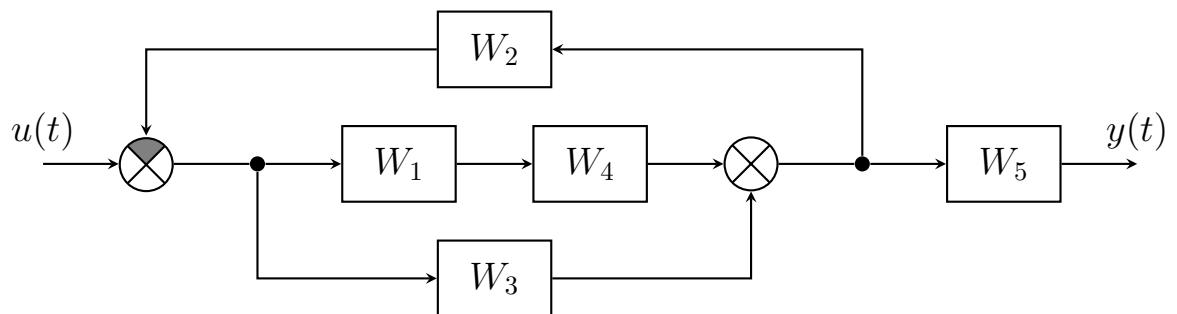
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{0.4}{1.1s + 2.7},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №29

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 5,$$

$$W_2(s) = 3,$$

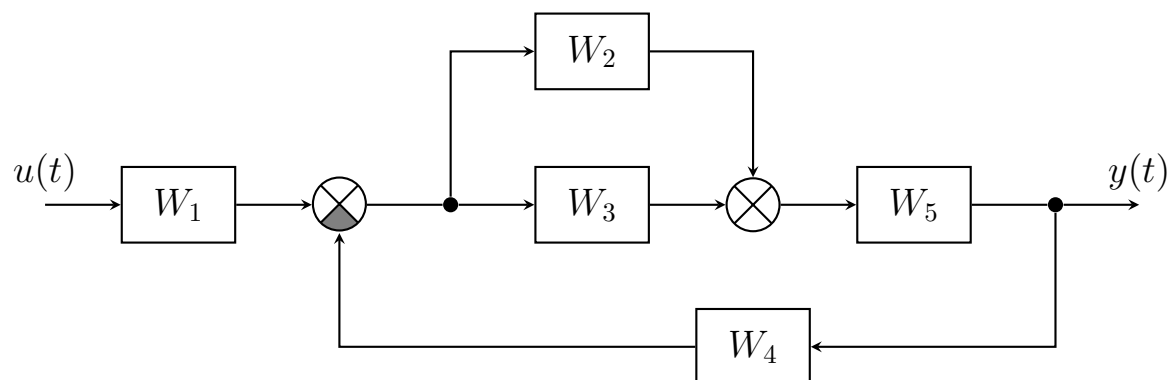
$$W_3(s) = \frac{9}{2.9s + 0.9},$$

$$W_4(s) = \frac{5.1}{2.1s + 2.5},$$

$$W_5(s) = \frac{9.1}{3.9s + 0.3}.$$

Вариант №30

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 5,$$

$$W_2(s) = 7,$$

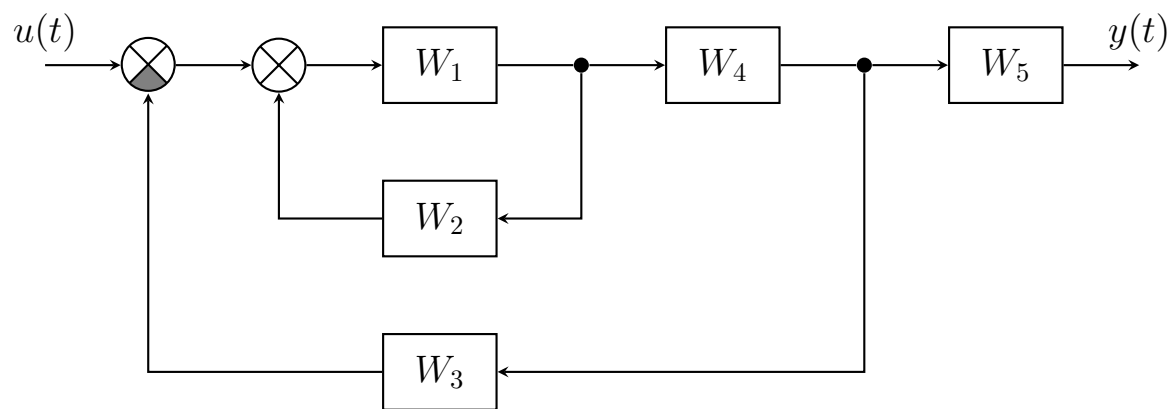
$$W_3(s) = \frac{1.8}{0.8s + 5.5},$$

$$W_4(s) = \frac{6.2}{6.9s + 9.2},$$

$$W_5(s) = \frac{1.6}{1.7s + 7.8}.$$

Вариант №31

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.8}{3.6s^2 + 2.6s + 8.8},$$

$$W_2(s) = 5,$$

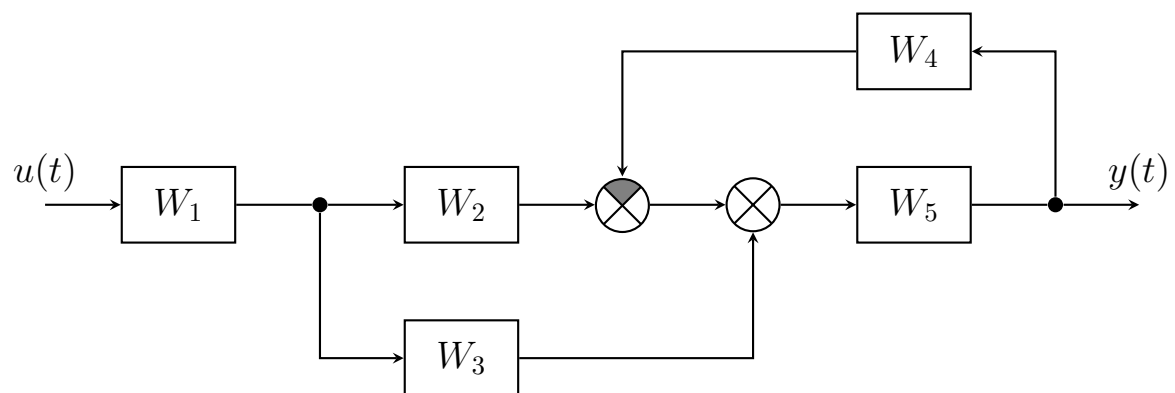
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{8.3}{2.7s + 2.6},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №32

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4.6}{7.1s + 5.5},$$

$$W_2(s) = \frac{7.1}{8.7s + 8},$$

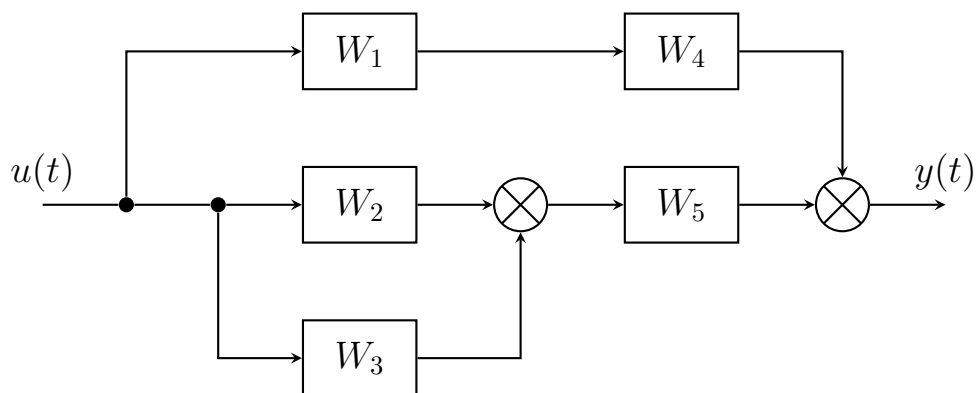
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = \frac{4.2}{9.8s + 7.2},$$

$$W_5(s) = 7.$$

Вариант №33

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.3}{4s + 1.4},$$

$$W_2(s) = \frac{7.5}{5.8s + 8.9},$$

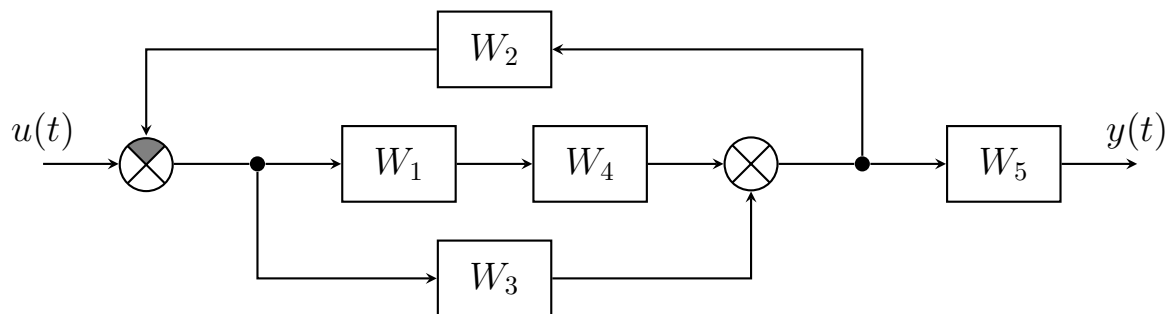
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{6.2}{2.7s + 2.3},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №34

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 7,$$

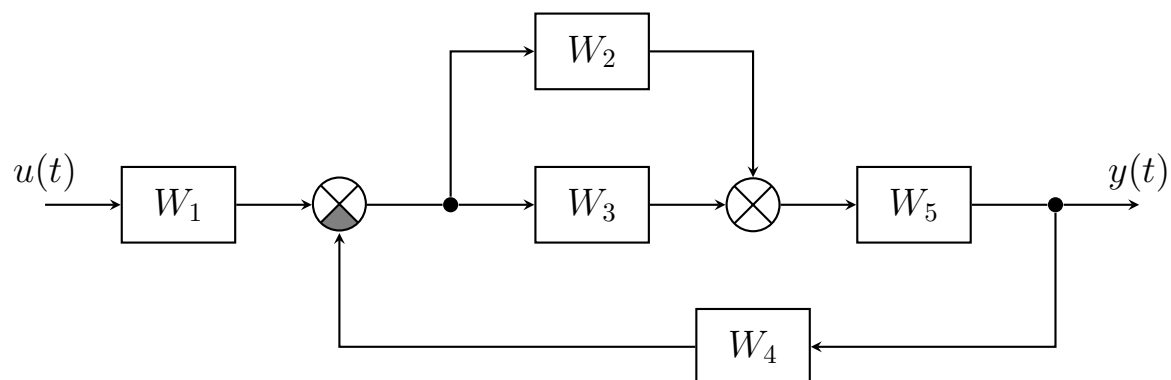
$$W_3(s) = \frac{1.9}{1.5s + 7.3},$$

$$W_4(s) = \frac{4.2}{8.7s + 4.7},$$

$$W_5(s) = \frac{8.3}{4.9s + 6.8}.$$

Вариант №35

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.9}{5.2s^2 + 1.9s + 0.7},$$

$$W_2(s) = 6,$$

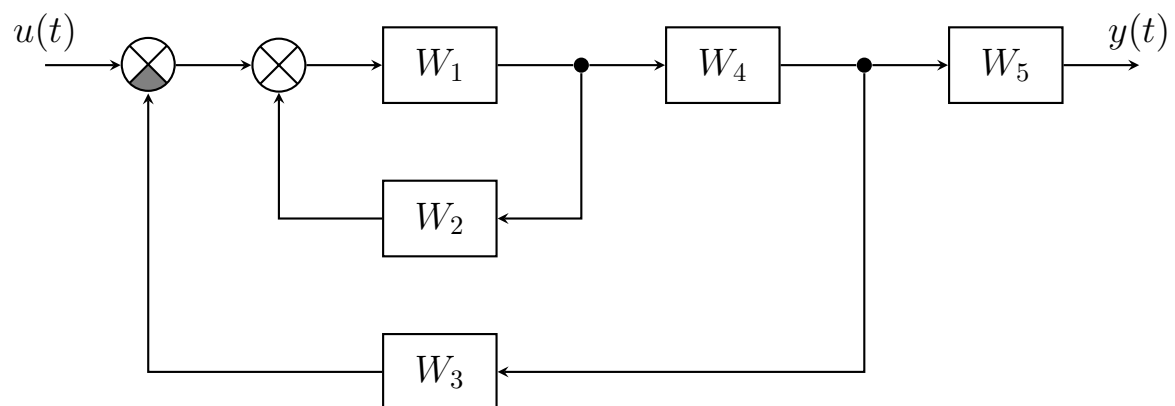
$$W_3(s) = 5,$$

$$W_4(s) = \frac{6.5}{1.4s + 2.5},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №36

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.3}{5.9s^2 + 7.5s + 8.5},$$

$$W_2(s) = 8,$$

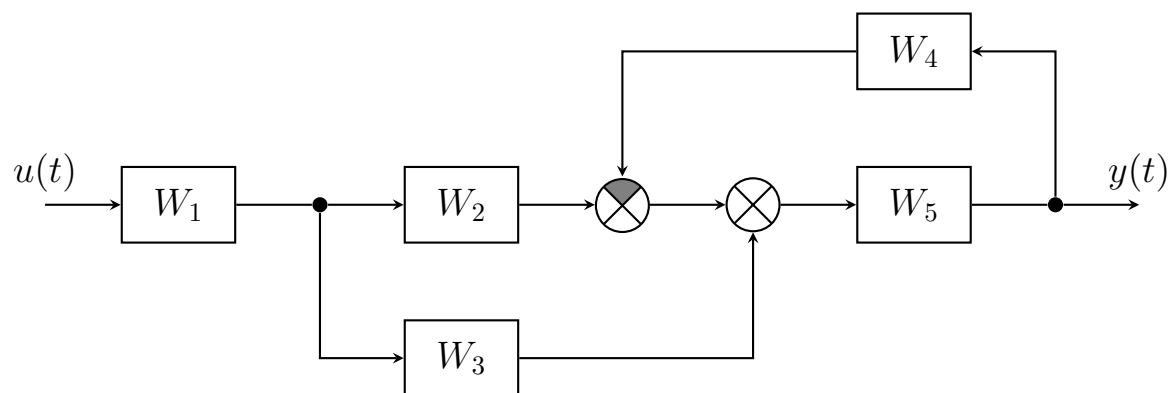
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{8.6}{5.6s + 9},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №37

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{2.3}{6.3s + 1},$$

$$W_2(s) = \frac{6.8}{s + 0.4},$$

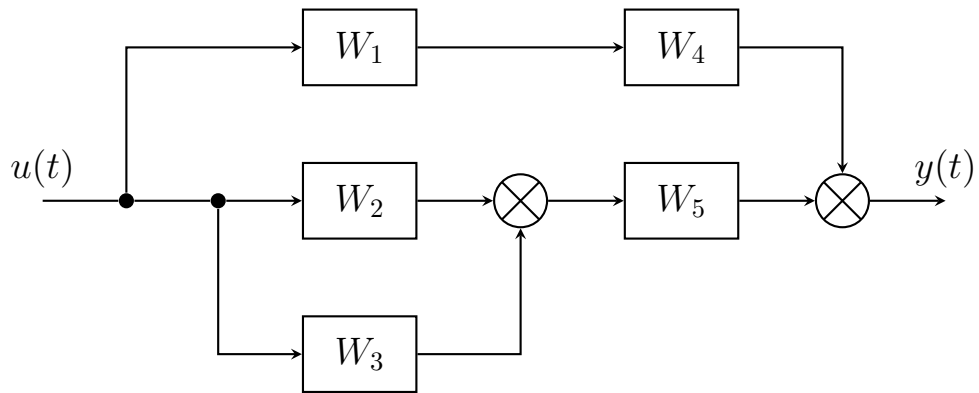
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{4.4}{6.2s + 9.8},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №38

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 7,$$

$$W_2(s) = 8,$$

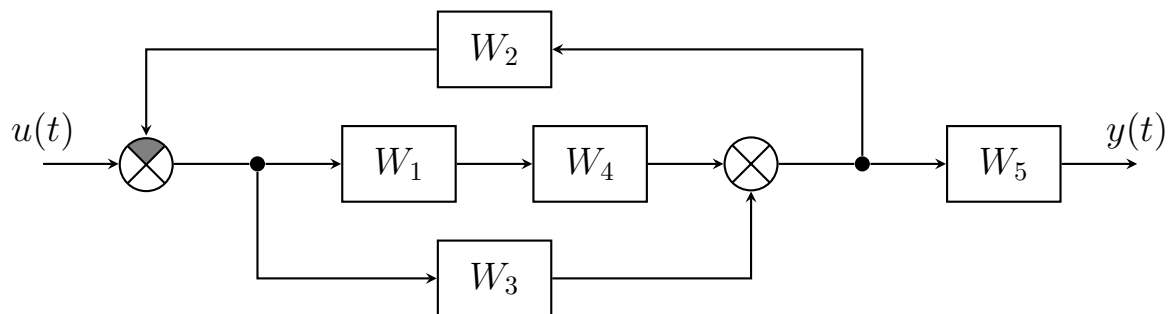
$$W_3(s) = \frac{0.9}{9.1s + 5.1},$$

$$W_4(s) = \frac{6.3}{6s + 7.8},$$

$$W_5(s) = \frac{0.8}{9.6s + 2}.$$

Вариант №39

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{5.2}{0.1s^2 + 3.4s + 5.5},$$

$$W_2(s) = 4,$$

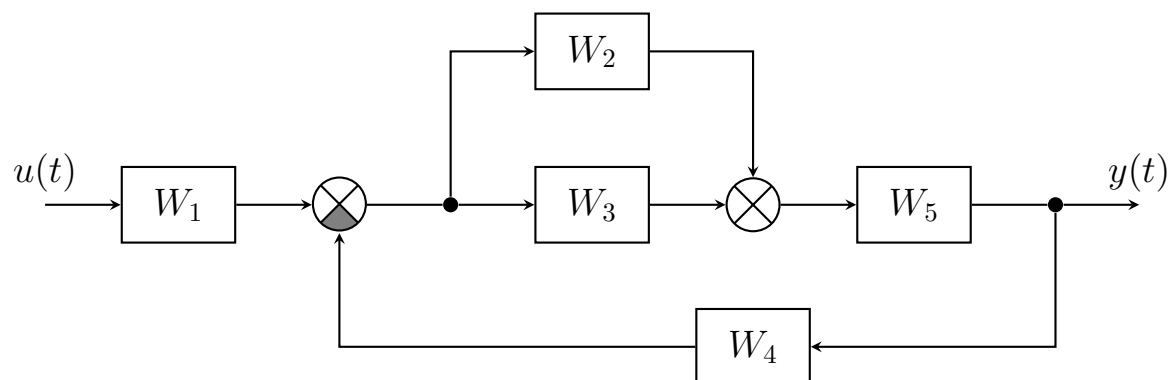
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{4.6}{3.4s + 3.3},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №40

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.9}{6.7s^2 + 4.9s + 2.3},$$

$$W_2(s) = 8,$$

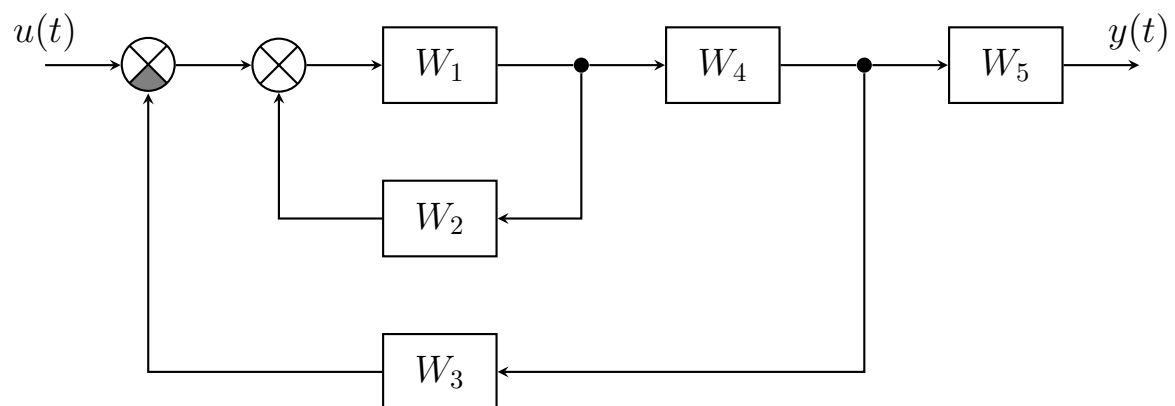
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{5.2}{7.7s + 7.5},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №41

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.8}{4.1s + 2.6},$$

$$W_2(s) = 7,$$

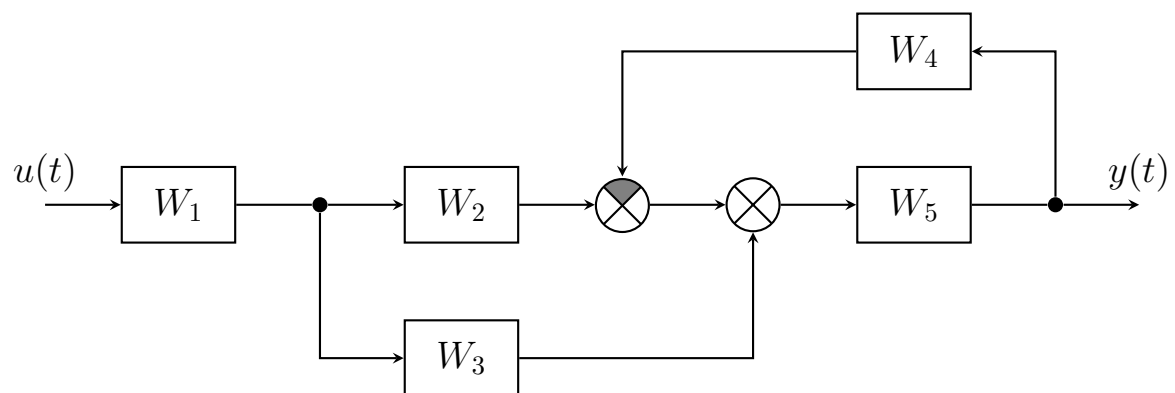
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = 4,$$

$$W_5(s) = \frac{3.2}{8.5s^2 + 5.4s + 4.3}.$$

Вариант №42

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 3,$$

$$W_2(s) = 2,$$

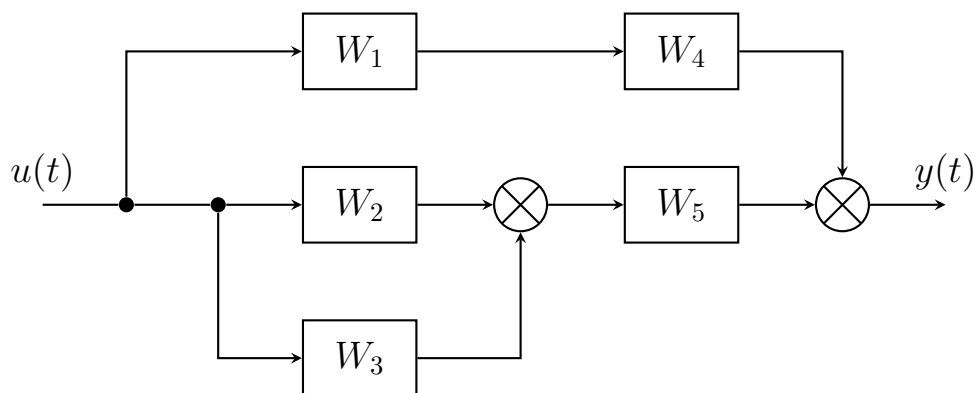
$$W_3(s) = \frac{0.6}{1.1s + 8.8},$$

$$W_4(s) = \frac{6.8}{1.7s + 5.5},$$

$$W_5(s) = \frac{4.7}{1.2s + 5}.$$

Вариант №43

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 8,$$

$$W_2(s) = 8,$$

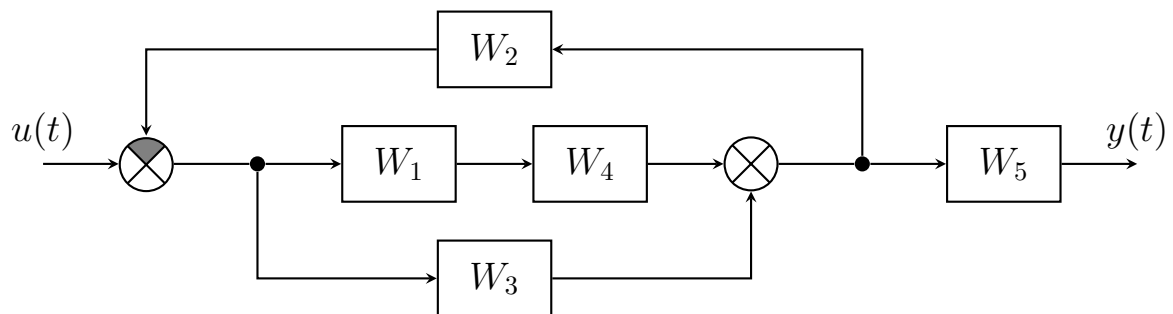
$$W_3(s) = \frac{6.3}{4.2s + 8.3},$$

$$W_4(s) = \frac{8}{4.4s + 8.5},$$

$$W_5(s) = \frac{1.1}{7.4s + 8}.$$

Вариант №44

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.2}{6.6s^2 + 6.7s + 8.4},$$

$$W_2(s) = 4,$$

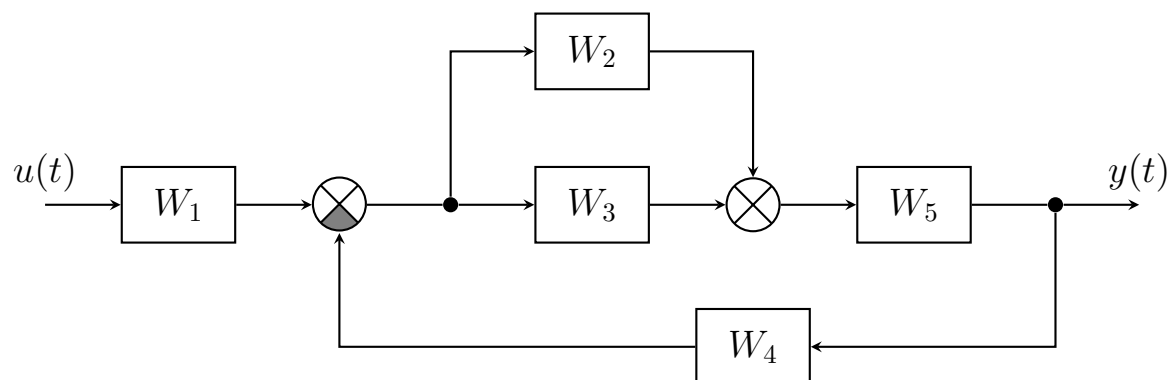
$$W_3(s) = 5,$$

$$W_4(s) = \frac{1.2}{8.7s + 8.4},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №45

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{2.3}{0.6s + 6.2},$$

$$W_2(s) = 2,$$

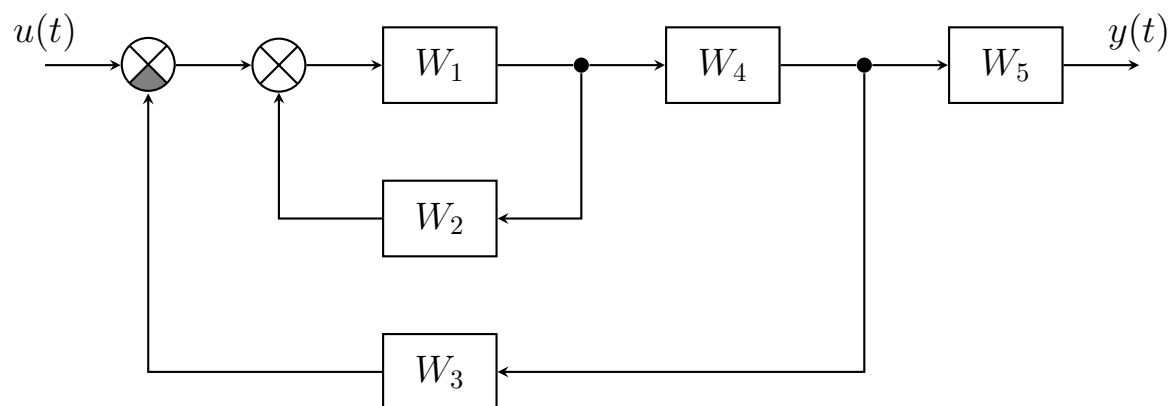
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = 7,$$

$$W_5(s) = \frac{9.9}{8.8s^2 + 5.8s + 0.7}.$$

Вариант №46

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{2.2}{5s^2 + 2.4s + 7.8},$$

$$W_2(s) = 4,$$

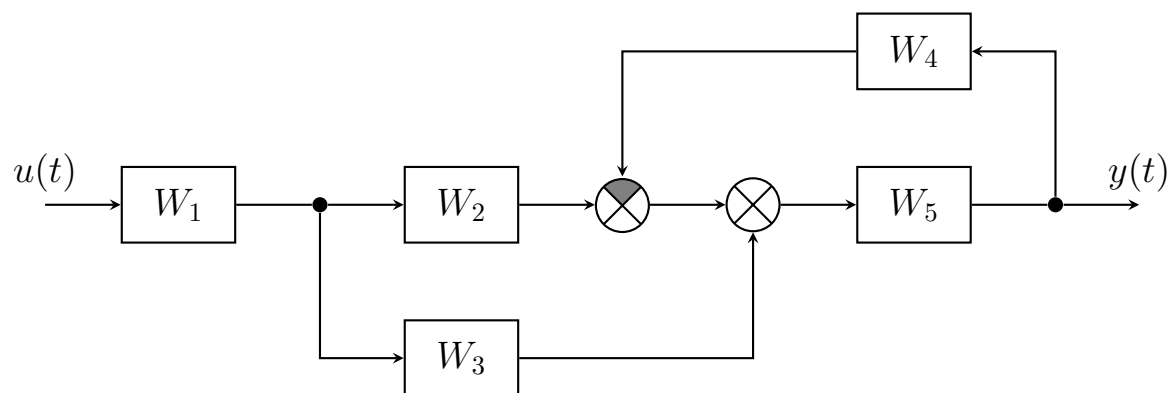
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{8.8}{2.7s + 7.9},$$

$$W_5(s) = 2.$$

Вариант №47

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 7,$$

$$W_2(s) = 4,$$

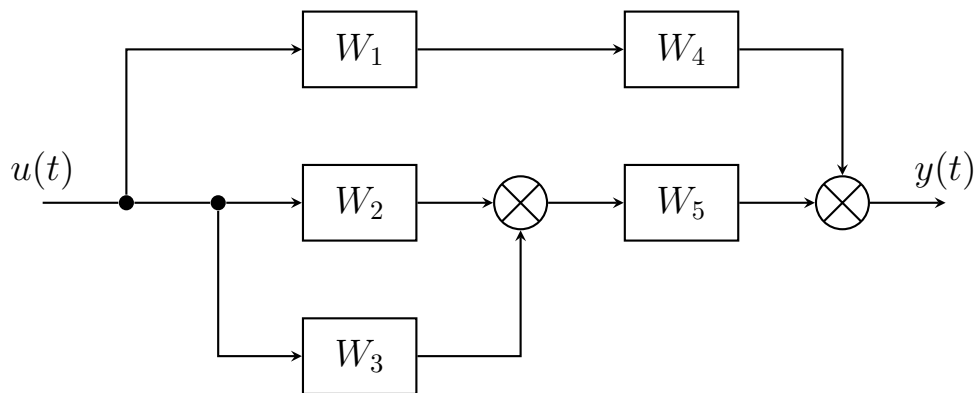
$$W_3(s) = \frac{6.5}{6.6s + 8.6},$$

$$W_4(s) = \frac{5}{5.7s + 2.5},$$

$$W_5(s) = \frac{7.4}{4.1s + 0.9}.$$

Вариант №48

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.5}{0.7s + 0.5},$$

$$W_2(s) = \frac{3.2}{2s + 0.7},$$

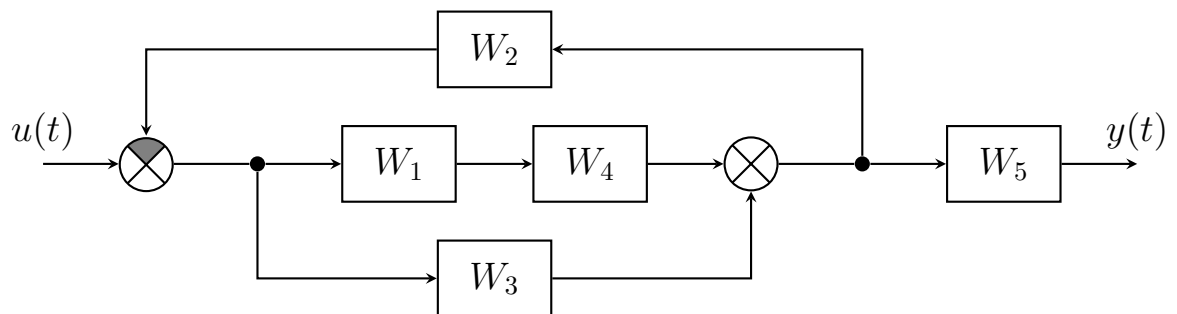
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{9.2}{1.9s + 5.5},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №49

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.9}{3.1s + 7.7},$$

$$W_2(s) = \frac{2.1}{1.8s + 5},$$

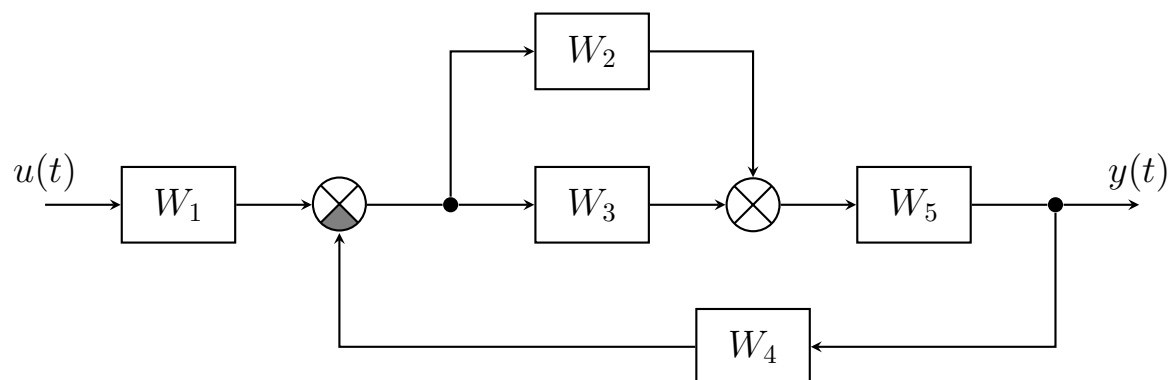
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{5.9}{9.8s + 0.4},$$

$$W_5(s) = 2.$$

Вариант №50

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.3}{8.7s^2 + 6.7s + 6.1},$$

$$W_2(s) = 3,$$

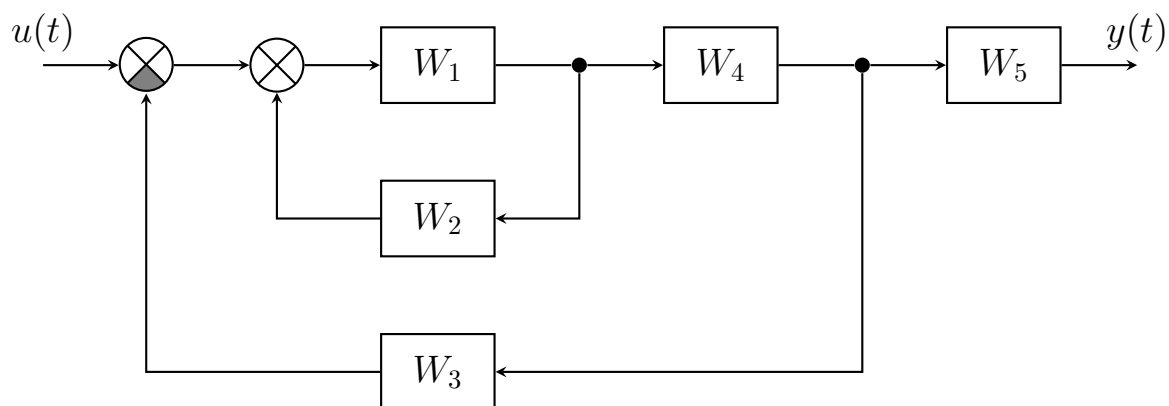
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{3.4}{4.3s + 8.6},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №51

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 6,$$

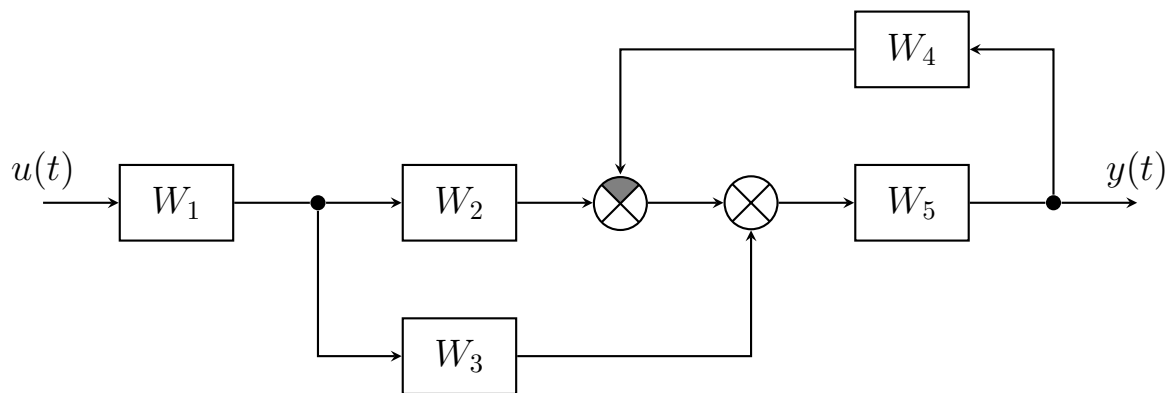
$$W_3(s) = \frac{5.2}{7.9s + 4.2},$$

$$W_4(s) = \frac{6.7}{5.3s + 3.6},$$

$$W_5(s) = \frac{3.2}{6.2s + 9.2}.$$

Вариант №52

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4.8}{4.7s + 6.6},$$

$$W_2(s) = 8,$$

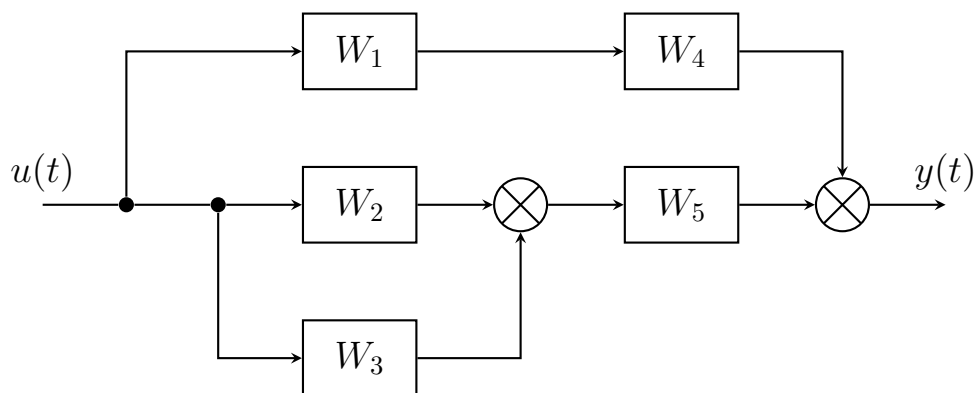
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = 7,$$

$$W_5(s) = \frac{6.8}{5.6s^2 + 1.2s + 0.1}.$$

Вариант №53

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.2}{6.4s^2 + 7.6s + 1.8},$$

$$W_2(s) = 2,$$

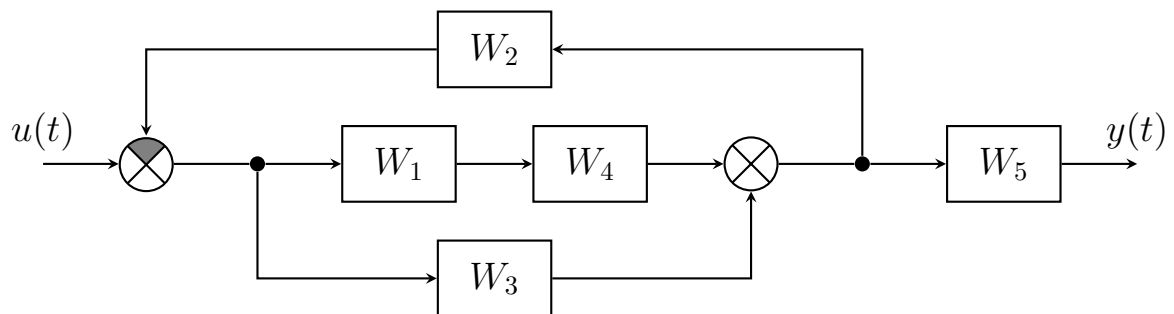
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{0.6}{0.2s + 8.7},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №54

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.8}{8.2s + 4.9},$$

$$W_2(s) = 8,$$

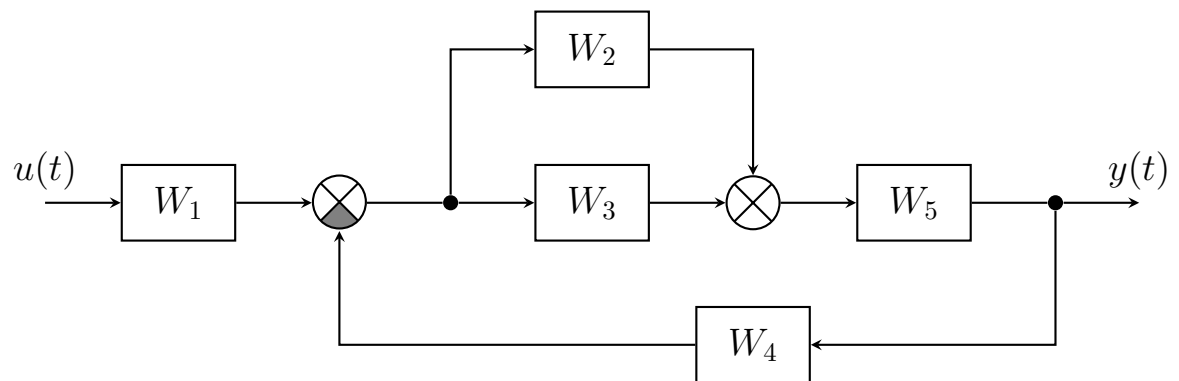
$$W_3(s) = 5,$$

$$W_4(s) = 7,$$

$$W_5(s) = \frac{3.1}{1.1s^2 + 7.6s + 6.8}.$$

Вариант №55

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4}{4s^2 + 8.9s + 9.8},$$

$$W_2(s) = 3,$$

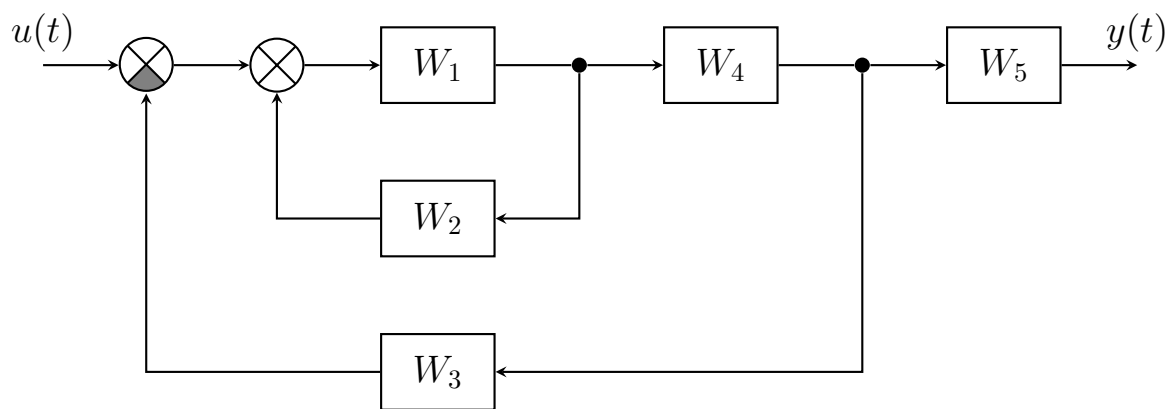
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = \frac{4.5}{0.4s + 5},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №56

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 5,$$

$$W_2(s) = 2,$$

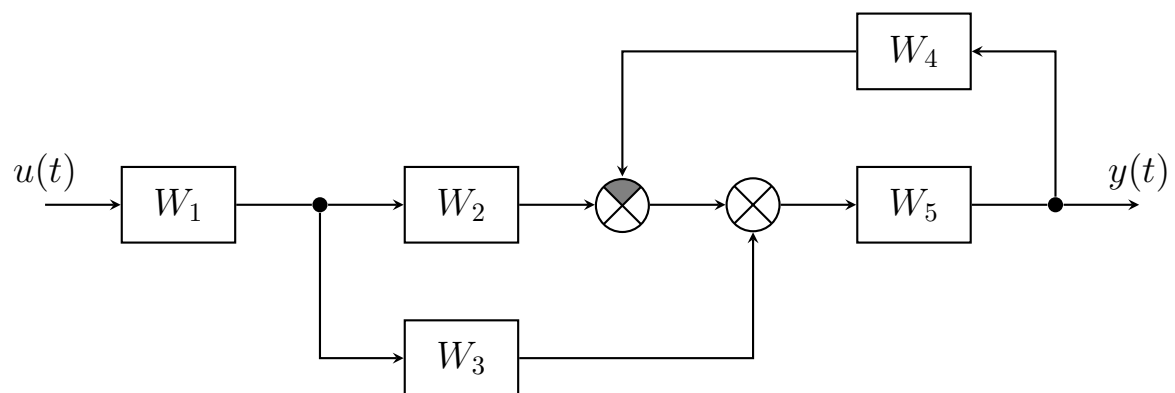
$$W_3(s) = \frac{2.7}{7s + 5.6},$$

$$W_4(s) = \frac{8.2}{6.7s + 1.4},$$

$$W_5(s) = \frac{3.1}{7s + 8.7}.$$

Вариант №57

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 3,$$

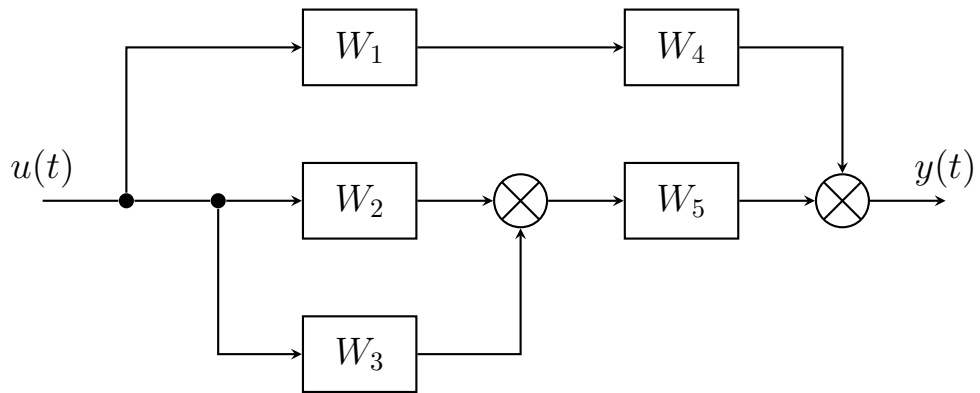
$$W_3(s) = \frac{3.8}{0.6s + 3},$$

$$W_4(s) = \frac{4.8}{8.3s + 0.3},$$

$$W_5(s) = \frac{7.3}{0.7s + 6.4}.$$

Вариант №58

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.4}{1.3s + 1.5},$$

$$W_2(s) = 5,$$

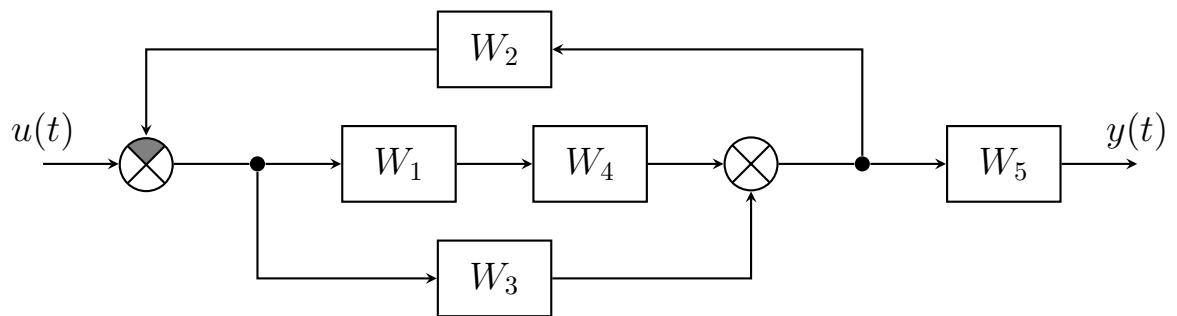
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = 7,$$

$$W_5(s) = \frac{1.4}{2.1s^2 + 0.7s + 6.1}.$$

Вариант №59

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.4}{1.7s^2 + 7.4s + 8.5},$$

$$W_2(s) = 3,$$

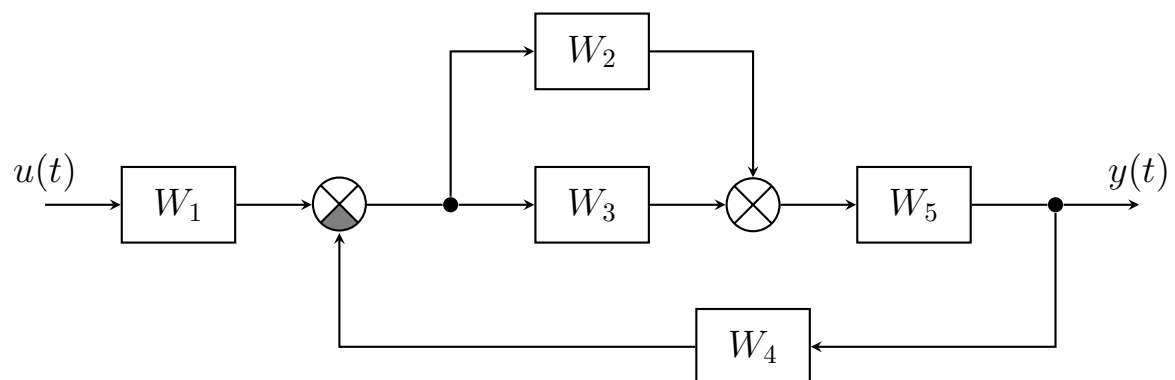
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{8.6}{7s + 2.9},$$

$$W_5(s) = 2.$$

Вариант №60

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 6,$$

$$W_2(s) = 3,$$

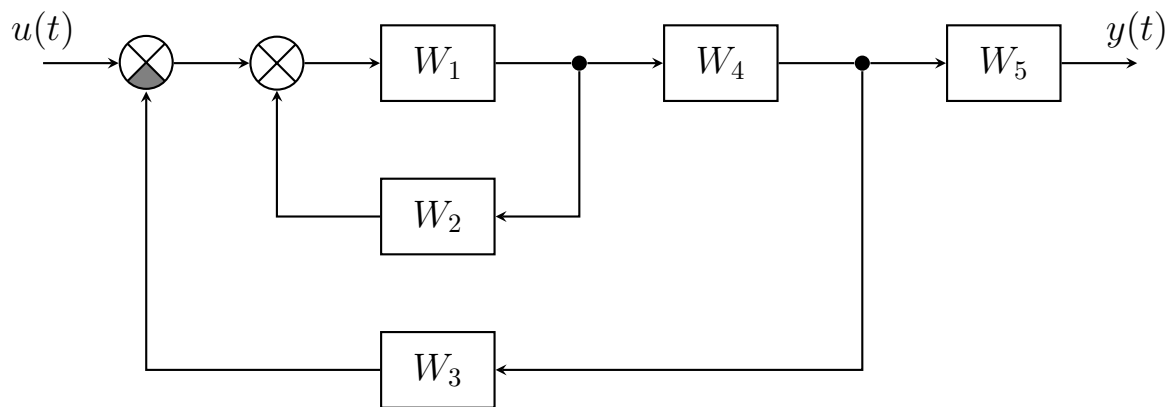
$$W_3(s) = \frac{3.3}{4.4s + 7.9},$$

$$W_4(s) = \frac{6.5}{5.6s + 6.9},$$

$$W_5(s) = \frac{6.9}{2.8s + 8}.$$

Вариант №61

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.5}{5.1s + 6.9},$$

$$W_2(s) = \frac{2}{2.3s + 8.6},$$

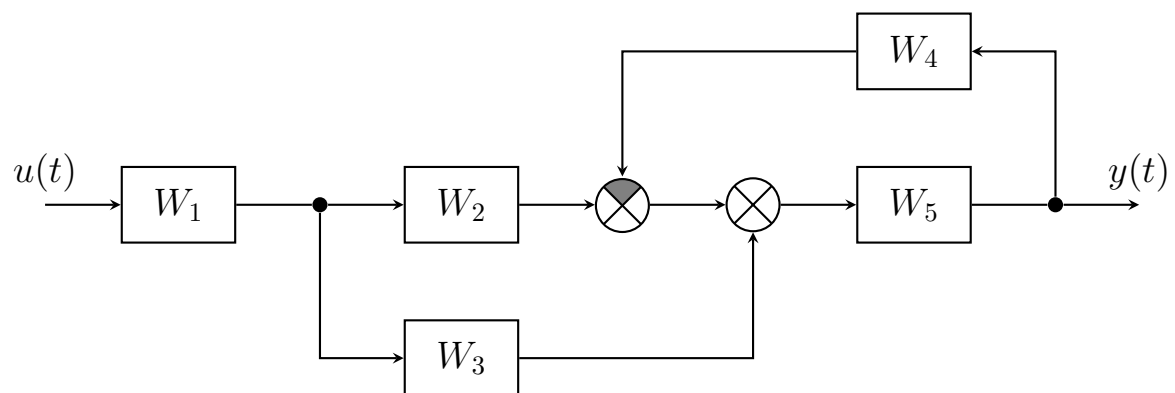
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{6.4}{5.6s + 6.5},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №62

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.3}{3.7s + 8.5},$$

$$W_2(s) = 6,$$

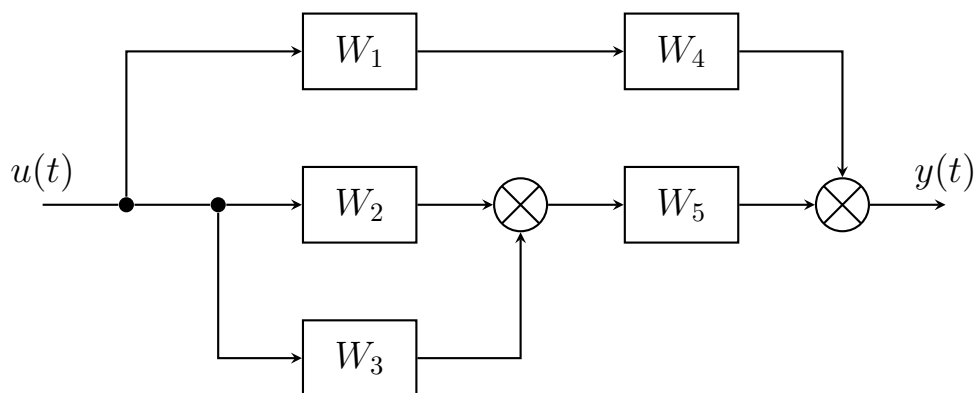
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = 4,$$

$$W_5(s) = \frac{5}{2.4s^2 + 7.8s + 9.4}.$$

Вариант №63

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.5}{1.4s + 0.1},$$

$$W_2(s) = \frac{7.7}{2.4s + 3.4},$$

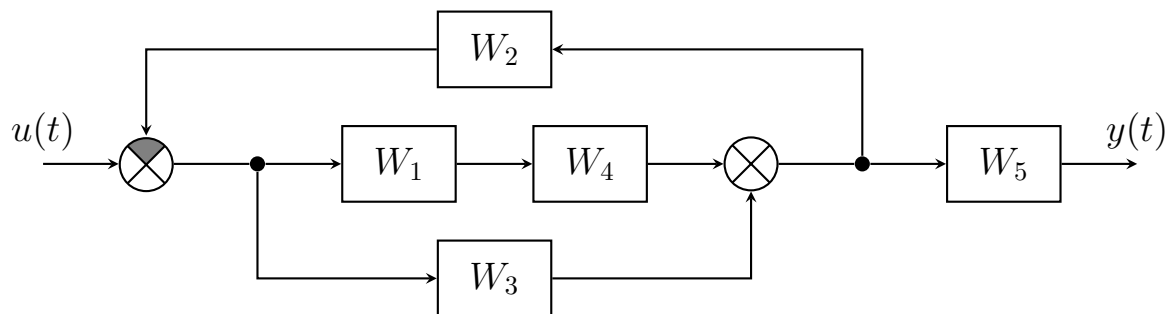
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = \frac{6.1}{4s + 8.7},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №64

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4.7}{2.3s^2 + 6.3s + 2.8},$$

$$W_2(s) = 4,$$

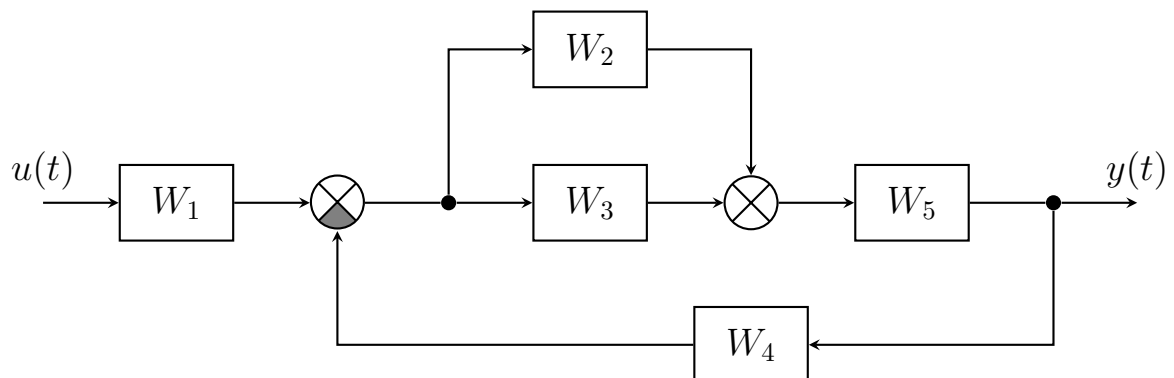
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{2.8}{3.1s + 5.5},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №65

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{1.6}{3.3s + 4.2},$$

$$W_2(s) = \frac{2.2}{7.7s + 9.1},$$

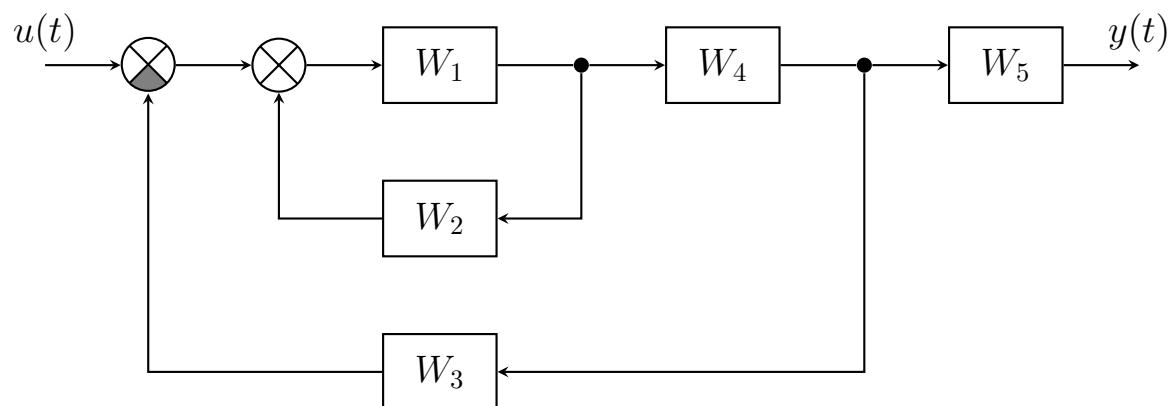
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{1.8}{2.6s + 8.8},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №66

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{8.5}{6.8s + 4.7},$$

$$W_2(s) = \frac{3.2}{5s + 6},$$

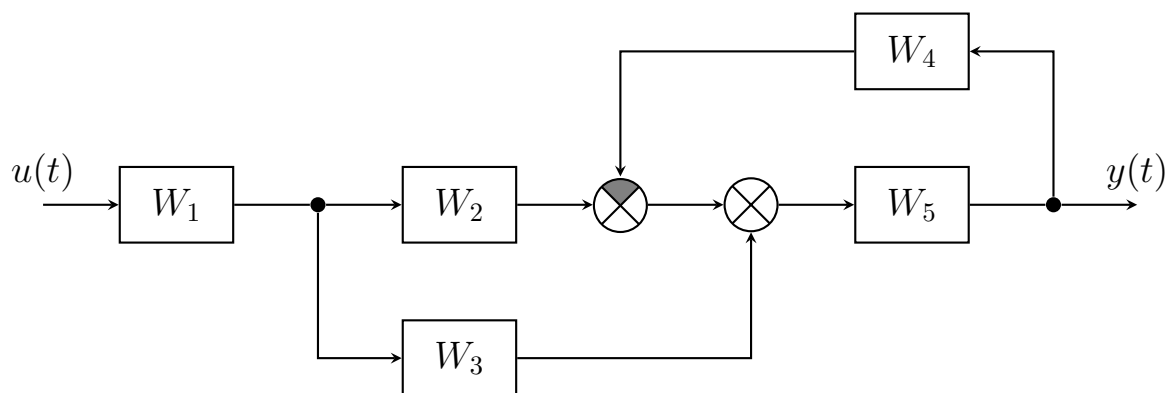
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{5.9}{3.6s + 6.3},$$

$$W_5(s) = 8.$$

Вариант №67

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7}{4.6s + 6.6},$$

$$W_2(s) = 3,$$

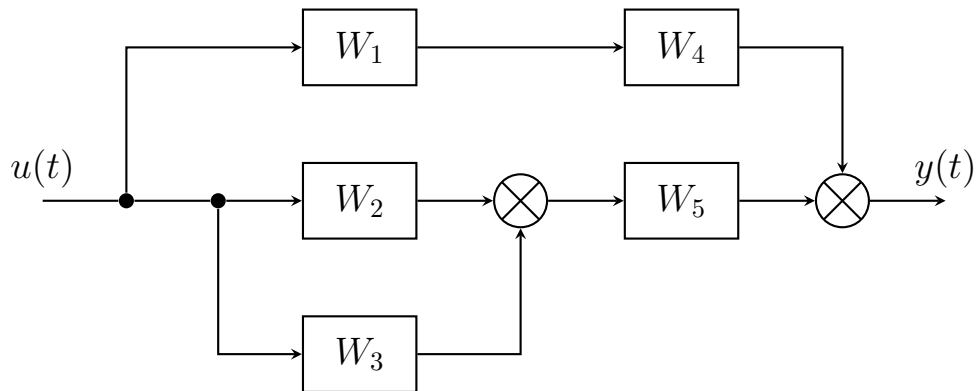
$$W_3(s) = 5,$$

$$W_4(s) = 2,$$

$$W_5(s) = \frac{1}{8.7s^2 + 5.1s + 0.5}.$$

Вариант №68

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7}{1.3s + 3.4},$$

$$W_2(s) = 6,$$

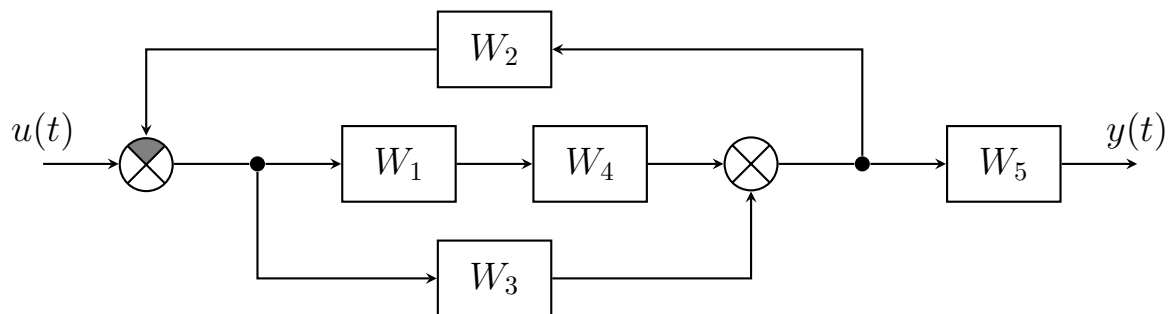
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = 2,$$

$$W_5(s) = \frac{8.3}{6.2s^2 + 5.6s + 8}.$$

Вариант №69

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 5,$$

$$W_2(s) = 6,$$

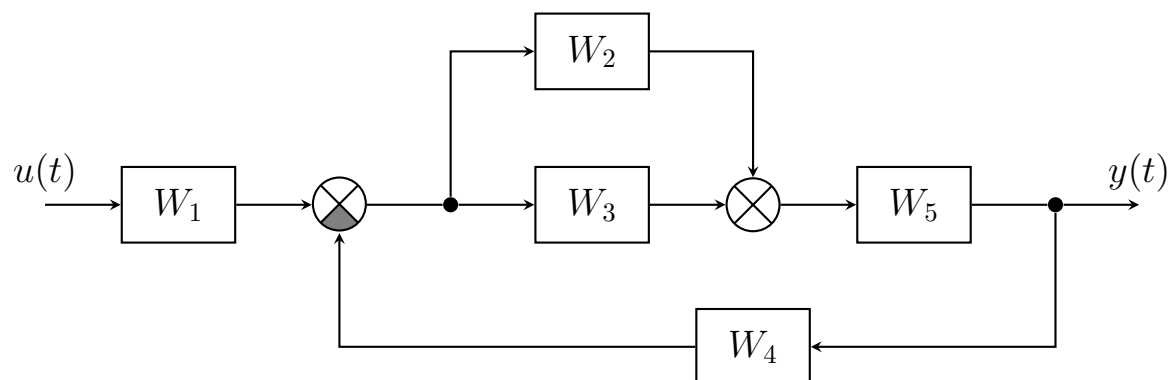
$$W_3(s) = \frac{8.3}{3.3s + 7.2},$$

$$W_4(s) = \frac{8}{7.7s + 5.8},$$

$$W_5(s) = \frac{9}{2.2s + 7.2}.$$

Вариант №70

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.2}{9.4s^2 + 4.9s + 7.2},$$

$$W_2(s) = 3,$$

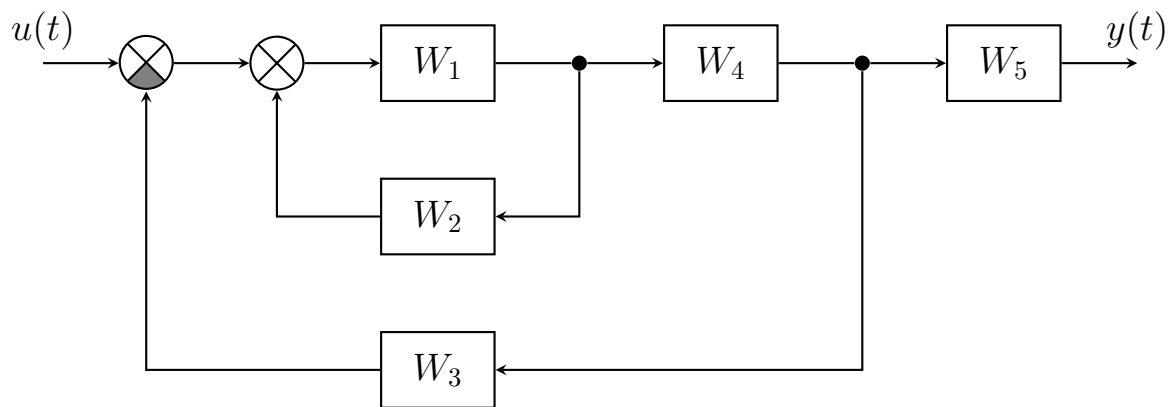
$$W_3(s) = 3,$$

$$W_4(s) = \frac{3.1}{8.9s + 8.4},$$

$$W_5(s) = 2.$$

Вариант №71

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.8}{5.5s + 0.6},$$

$$W_2(s) = 7,$$

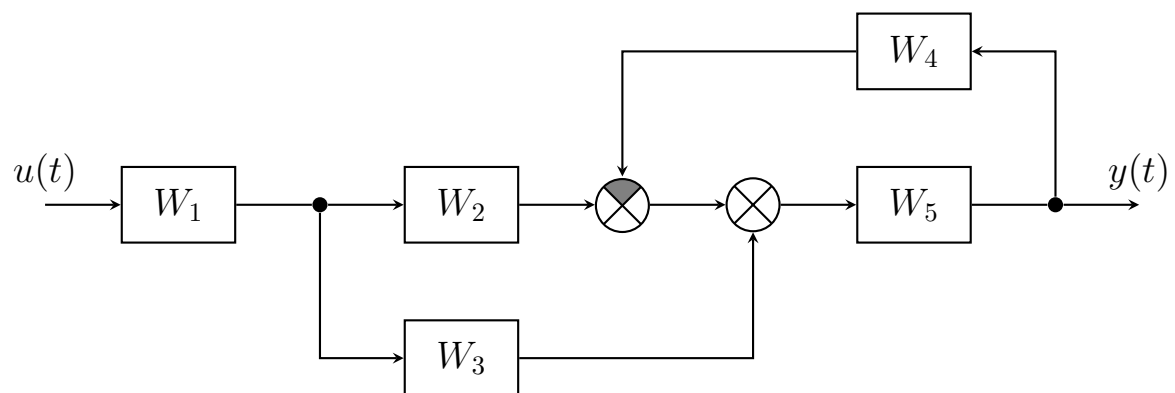
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = 3,$$

$$W_5(s) = \frac{6.4}{0.6s^2 + 2.8s + 8.1}.$$

Вариант №72

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{5}{6s^2 + 7.8s + 4.6},$$

$$W_2(s) = 4,$$

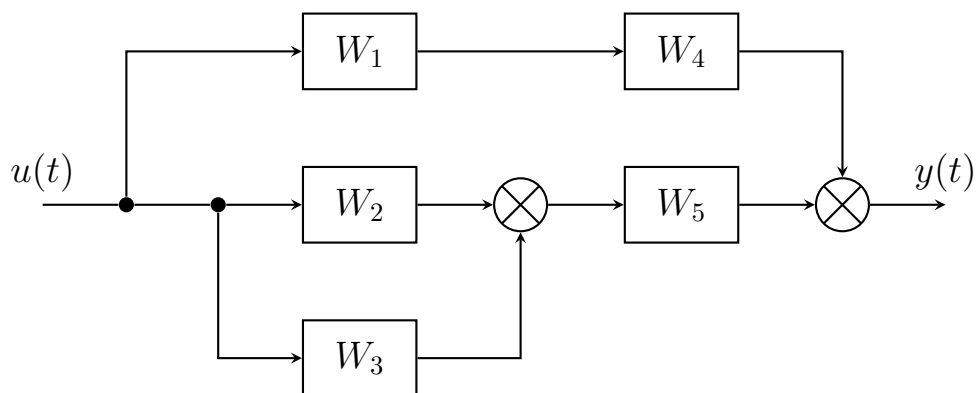
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{7.3}{1.2s + 1.2},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №73

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7}{0.9s^2 + 6.8s + 7.5},$$

$$W_2(s) = 2,$$

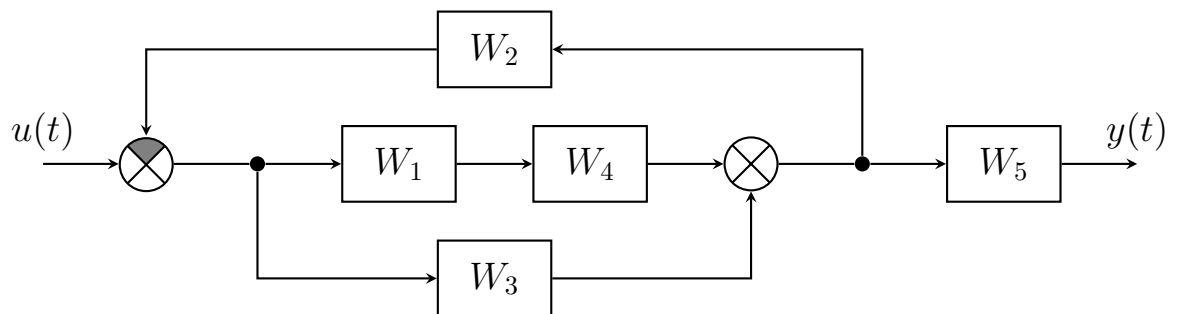
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{1.1}{6.8s + 8.4},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №74

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{2.3}{6.5s + 4.5},$$

$$W_2(s) = 2,$$

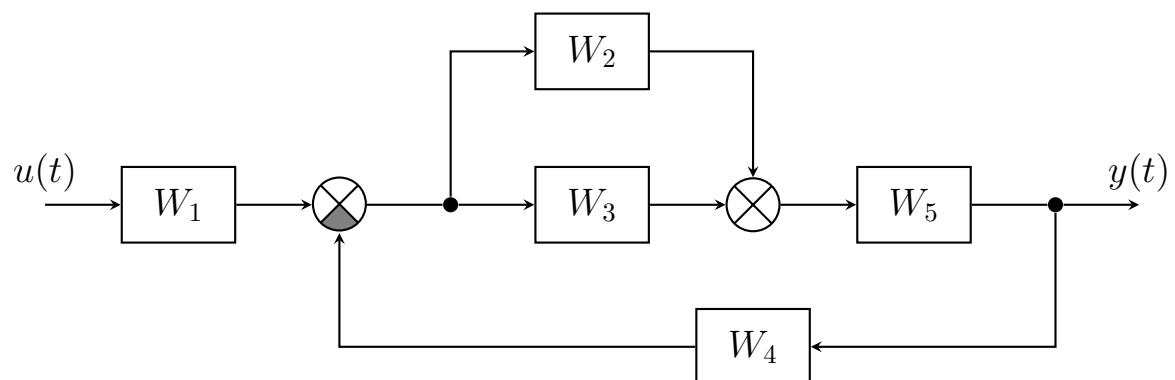
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = 8,$$

$$W_5(s) = \frac{6}{5.2s^2 + 4.2s + 4.9}.$$

Вариант №75

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{9.2}{9.5s + 2.8},$$

$$W_2(s) = 4,$$

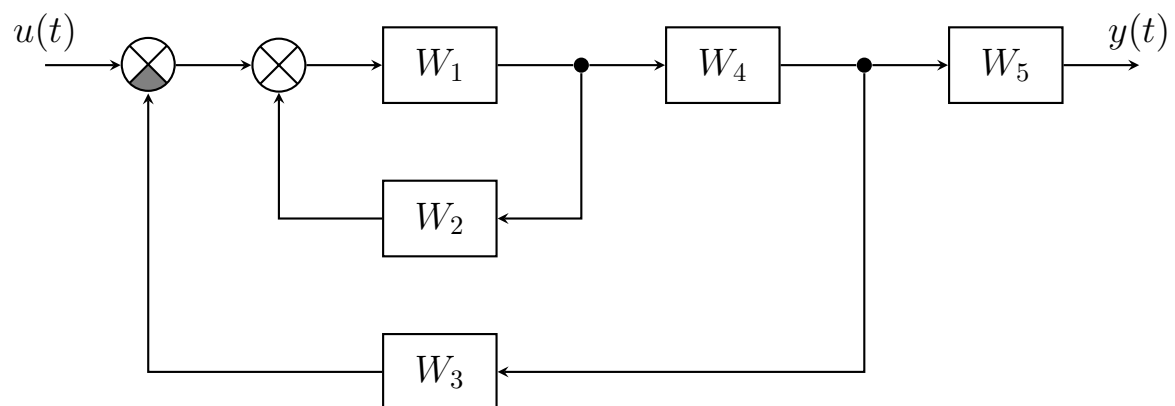
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = 5,$$

$$W_5(s) = \frac{6.2}{4.2s^2 + 2.4s + 4.3}.$$

Вариант №76

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 6,$$

$$W_2(s) = 2,$$

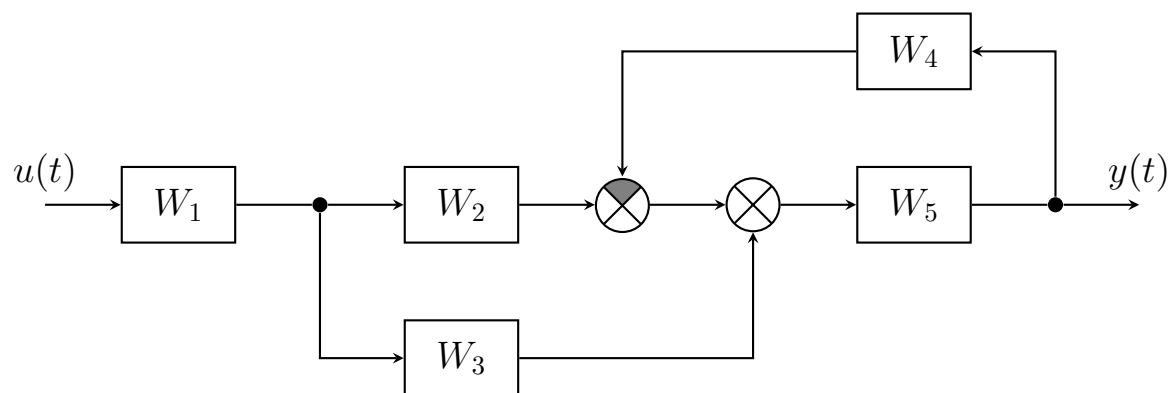
$$W_3(s) = \frac{4.6}{2.4s + 6.6},$$

$$W_4(s) = \frac{6.9}{9.7s + 7.4},$$

$$W_5(s) = \frac{9.9}{7.6s + 3.9}.$$

Вариант №77

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 6,$$

$$W_2(s) = 8,$$

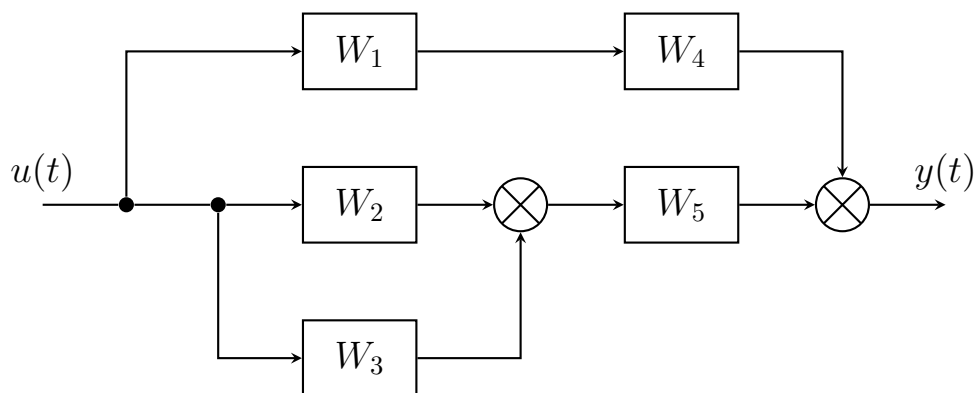
$$W_3(s) = \frac{0.9}{2.4s + 2.9},$$

$$W_4(s) = \frac{8.4}{5.4s + 2.9},$$

$$W_5(s) = \frac{1.9}{6.3s + 5.3}.$$

Вариант №78

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 8,$$

$$W_2(s) = 4,$$

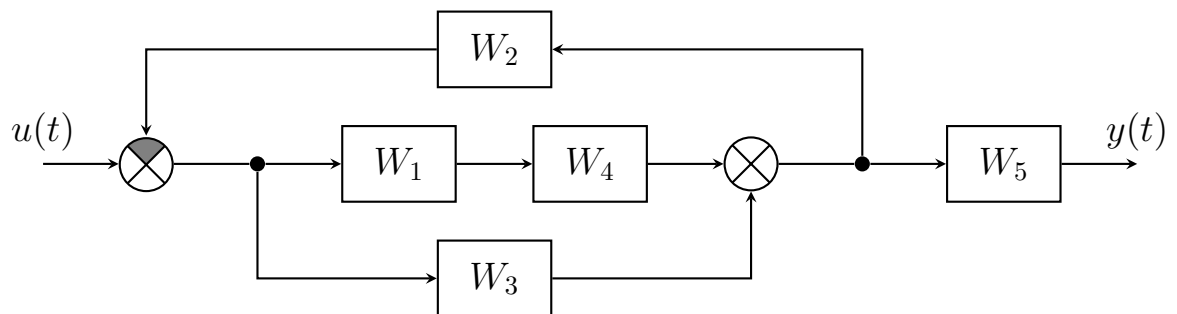
$$W_3(s) = \frac{9.9}{3.9s + 5.5},$$

$$W_4(s) = \frac{2.4}{8.4s + 9.2},$$

$$W_5(s) = \frac{9}{7.6s + 5.9}.$$

Вариант №79

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{5.6}{1.9s^2 + 2.1s + 8.7},$$

$$W_2(s) = 7,$$

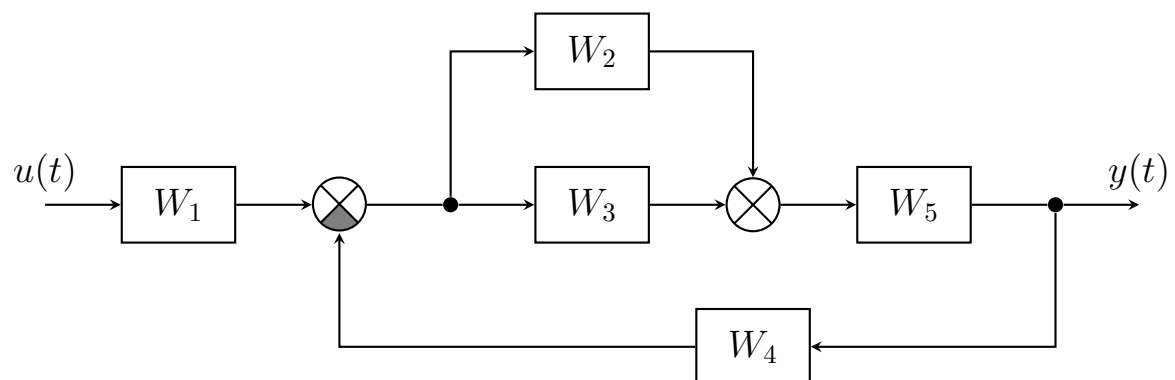
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{9.7}{0.9s + 2.5},$$

$$W_5(s) = 3.$$

Вариант №80

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{8.5}{2.1s + 0.4},$$

$$W_2(s) = 4,$$

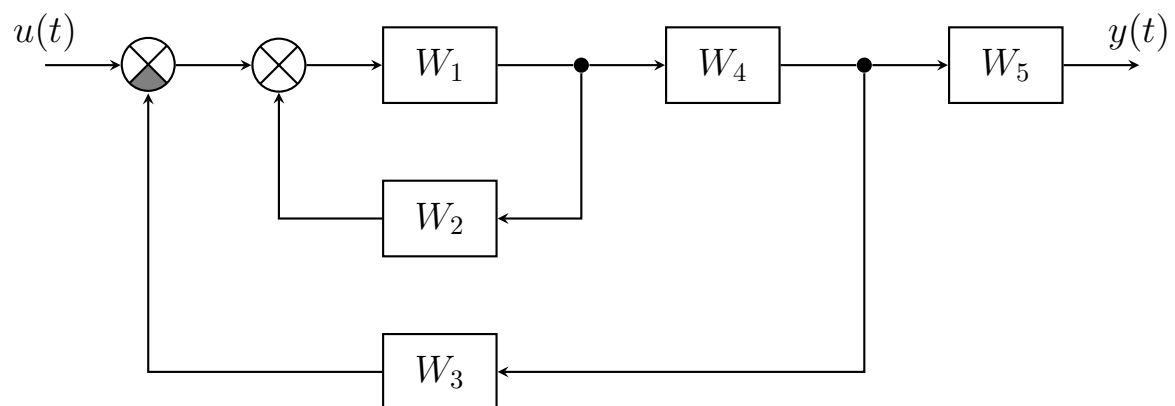
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = 7,$$

$$W_5(s) = \frac{3.3}{7.9s^2 + 7.5s + 7.5}.$$

Вариант №81

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{1.1}{9.9s + 8.8},$$

$$W_2(s) = 5,$$

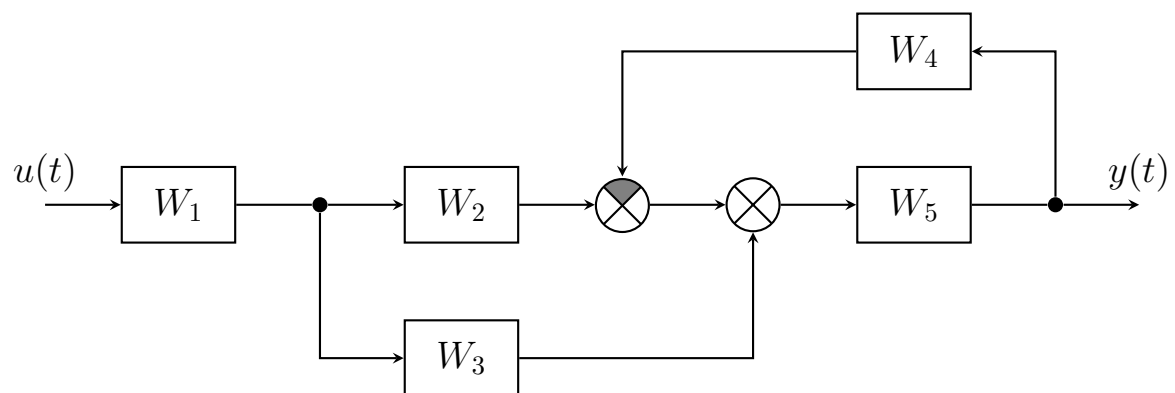
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = 6,$$

$$W_5(s) = \frac{0.9}{1.6s^2 + 5.4s + 2}.$$

Вариант №82

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{0.4}{8.3s^2 + 0.9s + 7.5},$$

$$W_2(s) = 6,$$

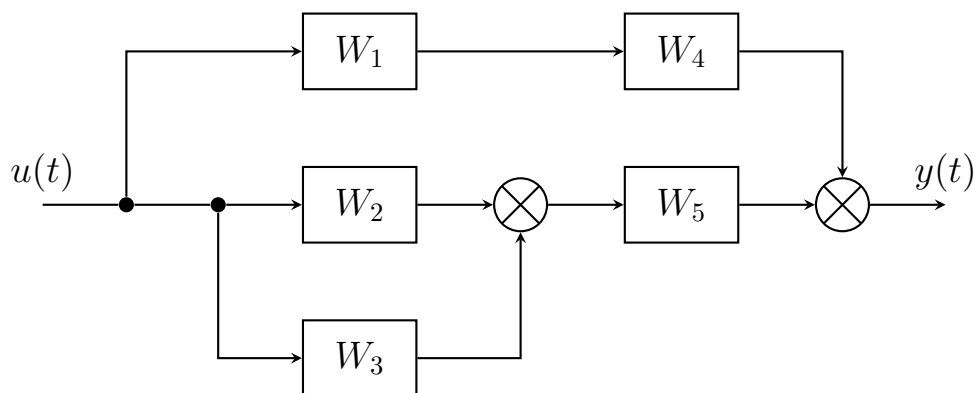
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{3.4}{9.8s + 5.7},$$

$$W_5(s) = 7.$$

Вариант №83

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{4.9}{1.9s^2 + 9.4s + 7.4},$$

$$W_2(s) = 3,$$

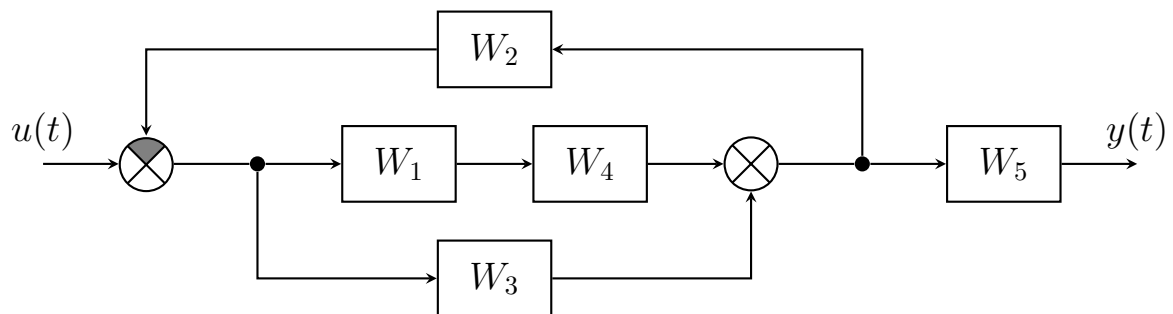
$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{0.8}{8.4s + 8.1},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №84

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.6}{5.7s + 9.1},$$

$$W_2(s) = 2,$$

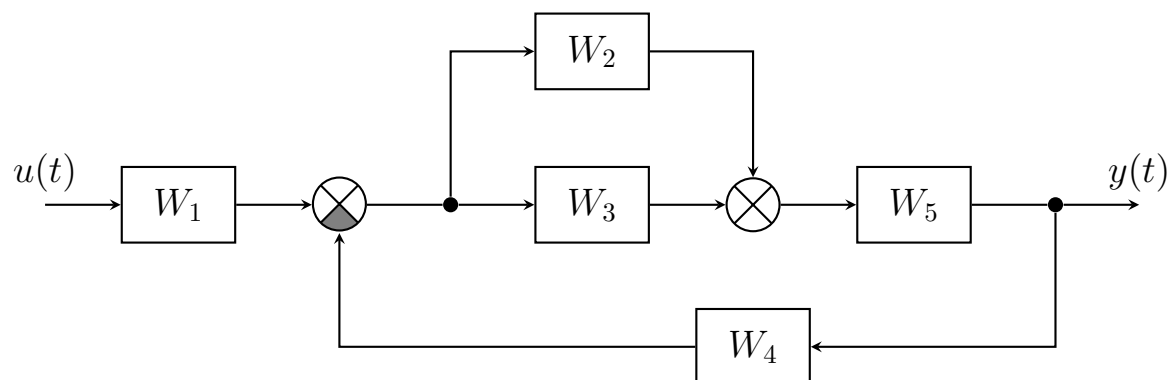
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = 5,$$

$$W_5(s) = \frac{8.3}{5.2s^2 + 5.4s + 5.8}.$$

Вариант №85

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{5.5}{6.1s^2 + 8.7s + 9.3},$$

$$W_2(s) = 7,$$

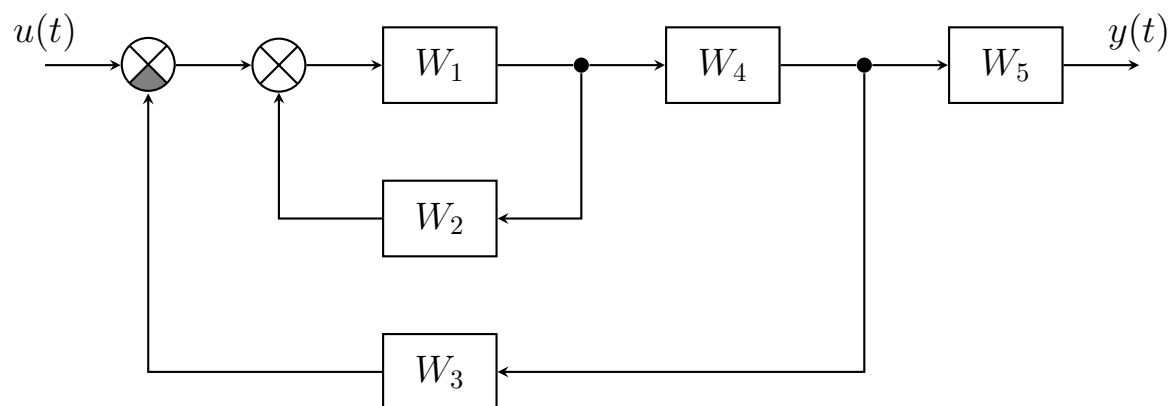
$$W_3(s) = 2,$$

$$W_4(s) = \frac{4.4}{3.1s + 1.3},$$

$$W_5(s) = 5.$$

Вариант №86

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6}{5.9s^2 + 2.8s + 6},$$

$$W_2(s) = 4,$$

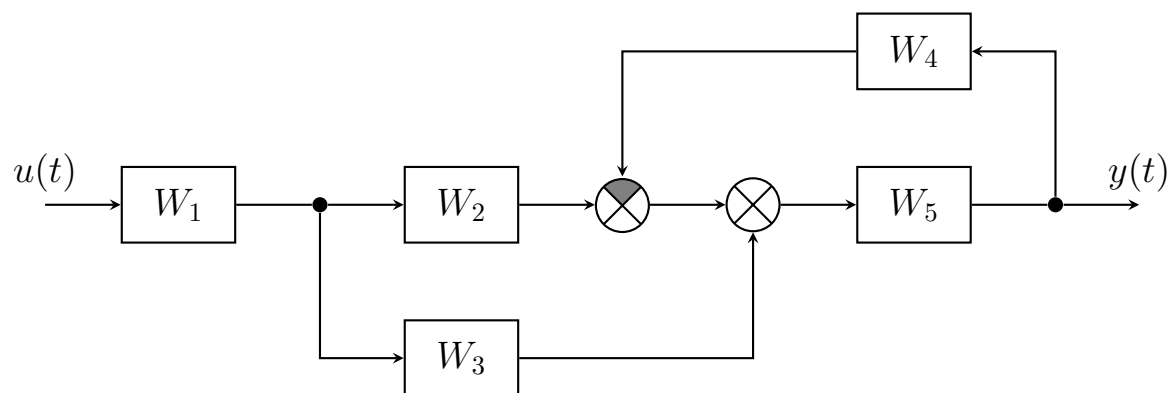
$$W_3(s) = 5,$$

$$W_4(s) = \frac{2.8}{2.5s + 6.7},$$

$$W_5(s) = 7.$$

Вариант №87

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 4,$$

$$W_2(s) = 6,$$

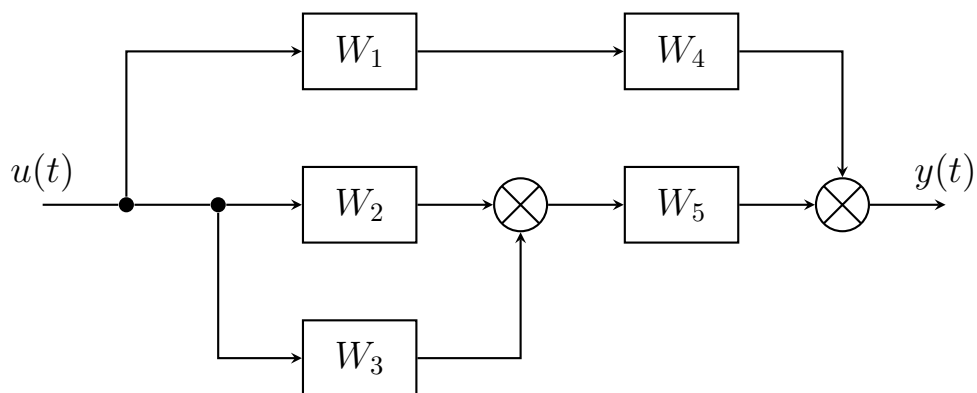
$$W_3(s) = \frac{3.2}{2.3s + 7.5},$$

$$W_4(s) = \frac{3.1}{4.1s + 5},$$

$$W_5(s) = \frac{9.8}{9s + 3.7}.$$

Вариант №88

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 4,$$

$$W_2(s) = 8,$$

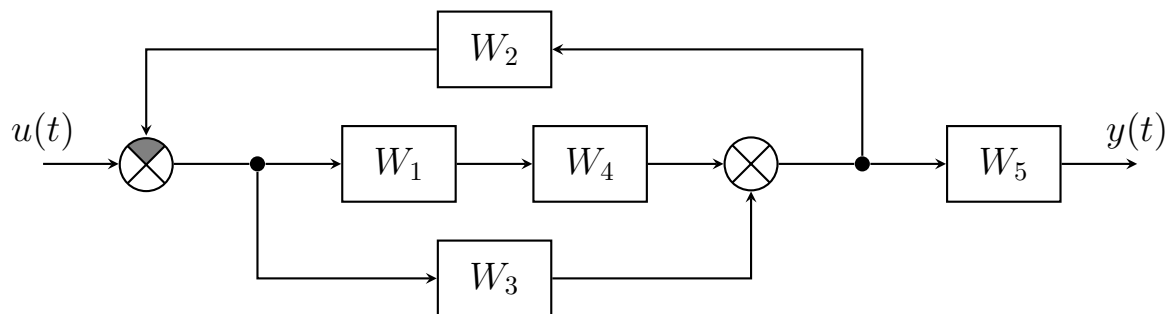
$$W_3(s) = \frac{7.7}{3.3s + 8.4},$$

$$W_4(s) = \frac{0.3}{9.9s + 6.8},$$

$$W_5(s) = \frac{6.3}{8.2s + 3.2}.$$

Вариант №89

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.8}{3.7s + 3.6},$$

$$W_2(s) = 8,$$

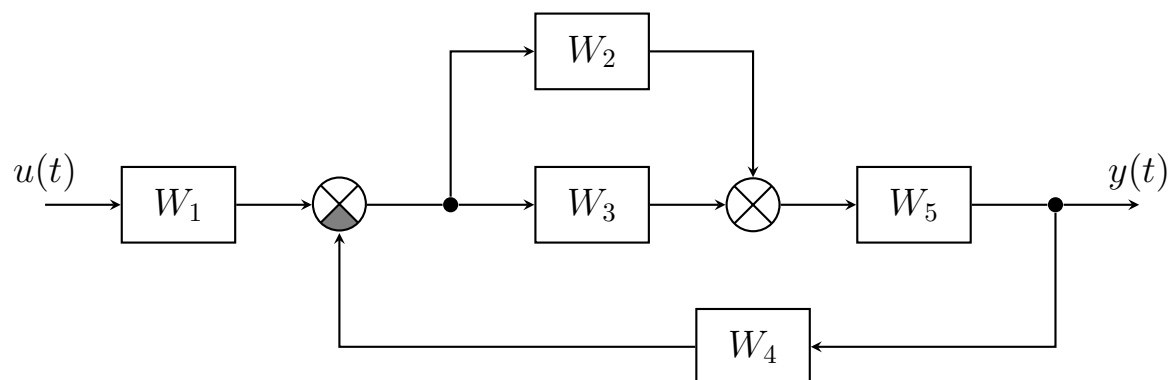
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = 2,$$

$$W_5(s) = \frac{6}{5.1s^2 + 1.9s + 7.6}.$$

Вариант №90

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 4,$$

$$W_2(s) = 5,$$

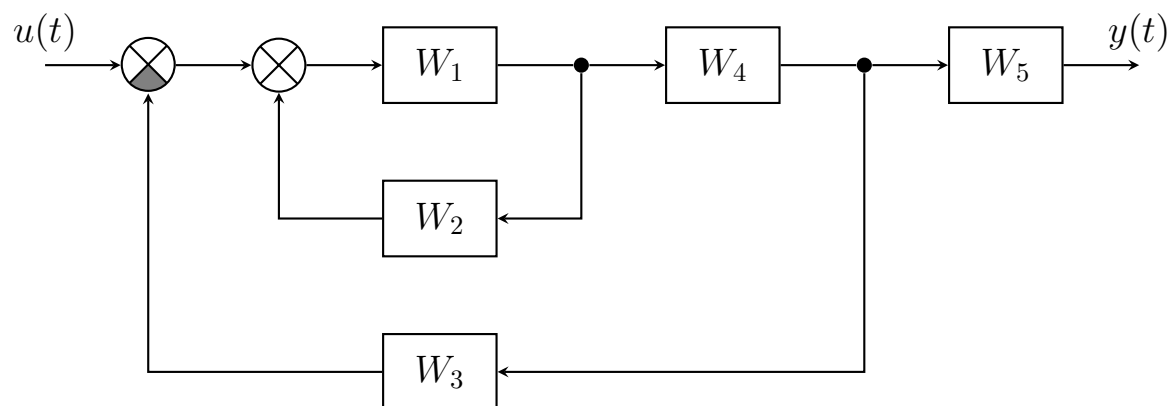
$$W_3(s) = \frac{5.4}{8.9s + 5.6},$$

$$W_4(s) = \frac{3.8}{6.8s + 3.2},$$

$$W_5(s) = \frac{0.9}{4.1s + 2.5}.$$

Вариант №91

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.3}{4.3s^2 + 9.2s + 4.8},$$

$$W_2(s) = 2,$$

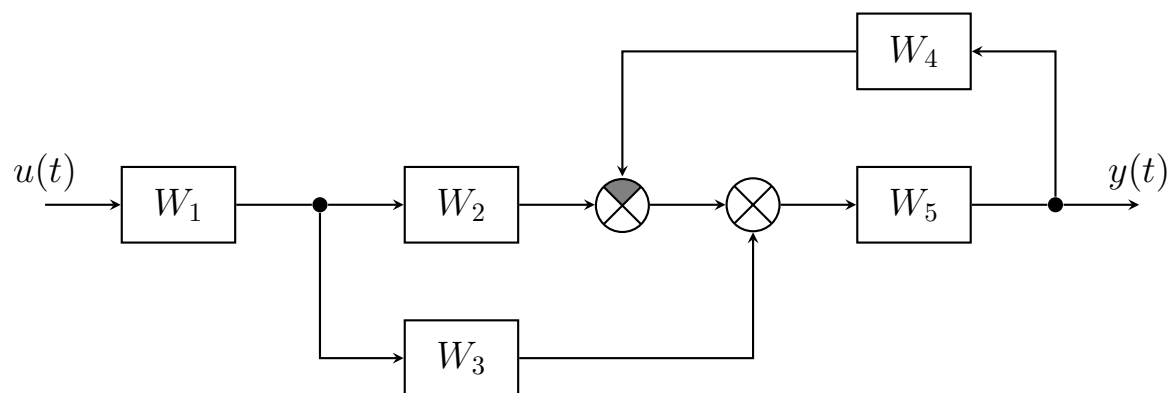
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{9}{8s + 8},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №92

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 8,$$

$$W_2(s) = 8,$$

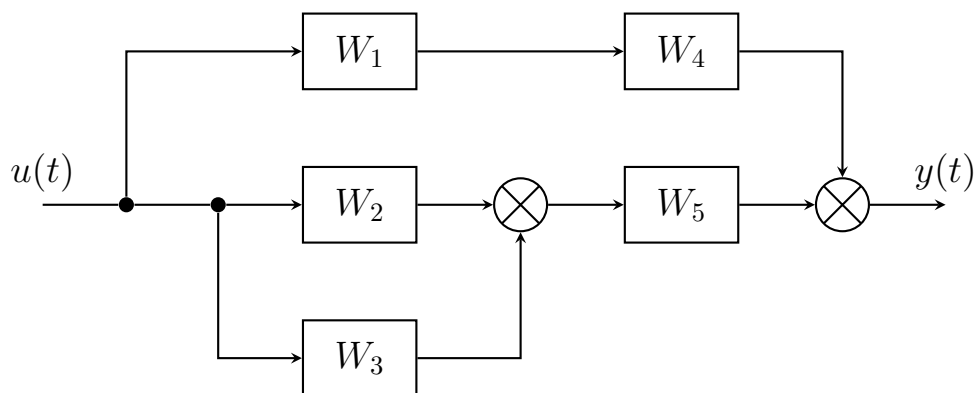
$$W_3(s) = \frac{1.9}{4.9s + 4.4},$$

$$W_4(s) = \frac{0.6}{9.6s + 6.5},$$

$$W_5(s) = \frac{4.8}{9.1s + 3.2}.$$

Вариант №93

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{5.6}{0.2s + 5.4},$$

$$W_2(s) = \frac{6.5}{1.3s + 0.1},$$

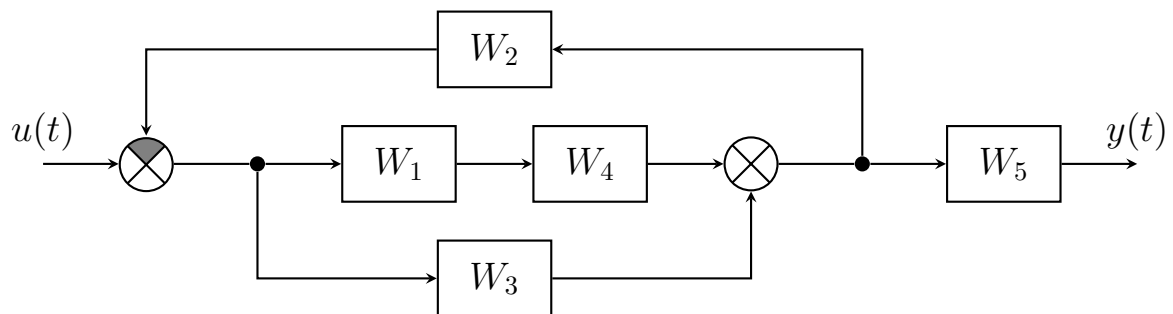
$$W_3(s) = 8,$$

$$W_4(s) = \frac{8.8}{1.2s + 4.9},$$

$$W_5(s) = 7.$$

Вариант №94

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{6.5}{1.1s^2 + 7.4s + 8.1},$$

$$W_2(s) = 2,$$

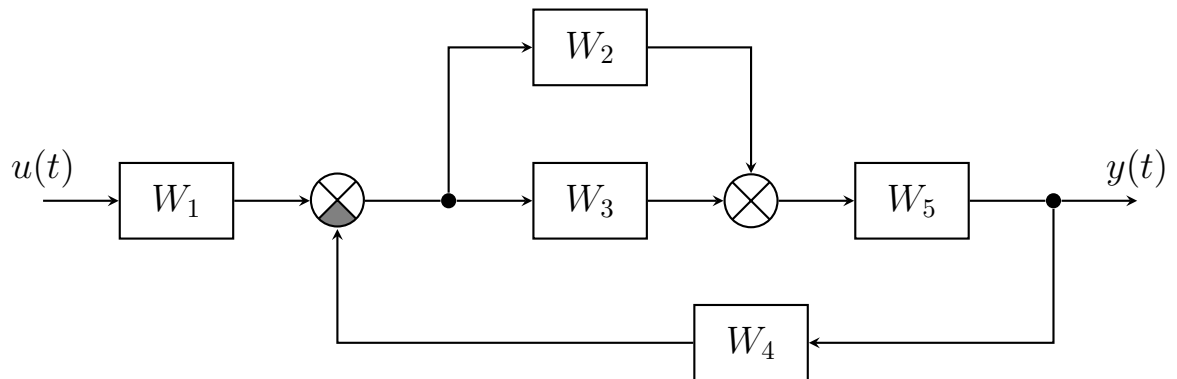
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{2}{8s + 5.3},$$

$$W_5(s) = 2.$$

Вариант №95

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 7,$$

$$W_2(s) = 8,$$

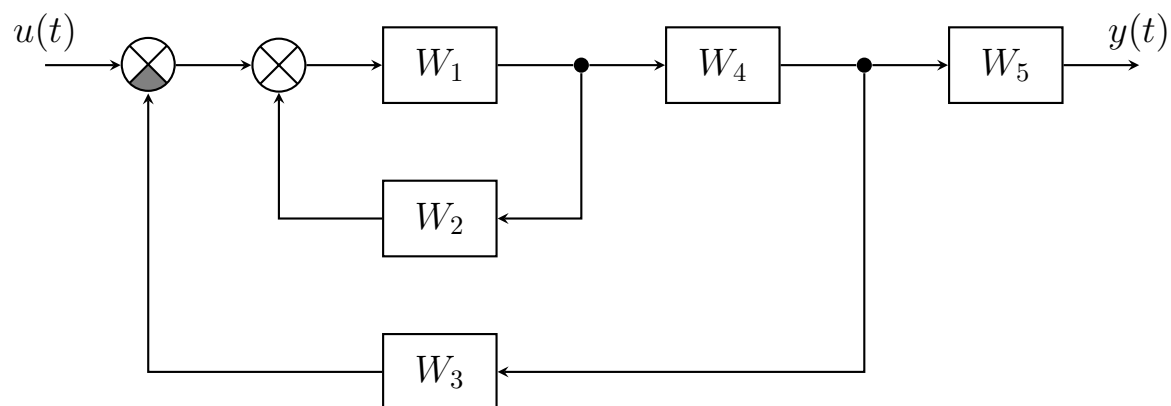
$$W_3(s) = \frac{3.7}{6s + 9.8},$$

$$W_4(s) = \frac{3.6}{1.3s + 2.5},$$

$$W_5(s) = \frac{4.9}{5.2s + 8.7}.$$

Вариант №96

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 2,$$

$$W_2(s) = 2,$$

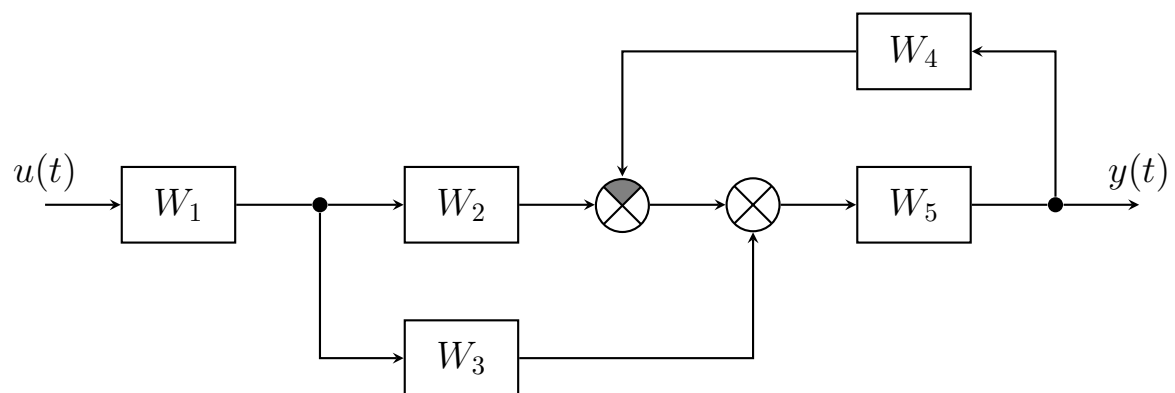
$$W_3(s) = \frac{8.8}{7.1s + 6.5},$$

$$W_4(s) = \frac{0.2}{0.6s + 7.4},$$

$$W_5(s) = \frac{1}{2.9s + 4.5}.$$

Вариант №97

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = 5,$$

$$W_2(s) = 2,$$

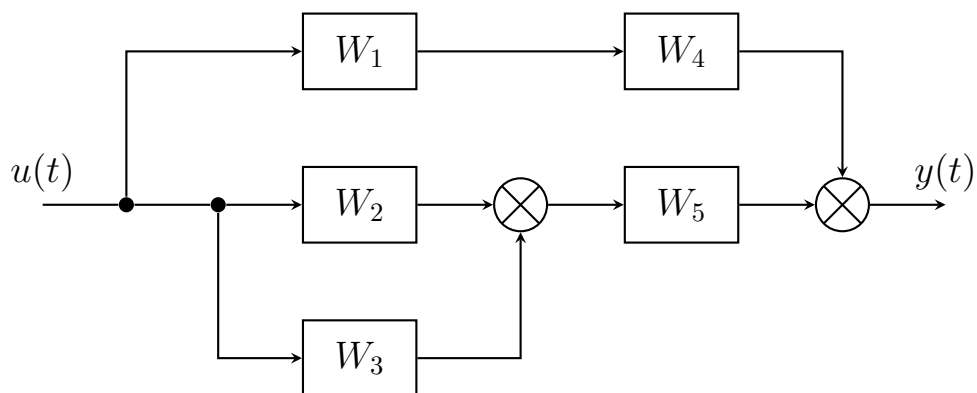
$$W_3(s) = \frac{3.9}{2s + 3.2},$$

$$W_4(s) = \frac{4}{9.5s + 4.4},$$

$$W_5(s) = \frac{7.9}{8.8s + 7.8}.$$

Вариант №98

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{8.7}{4.5s^2 + 9.6s + 0.7},$$

$$W_2(s) = 5,$$

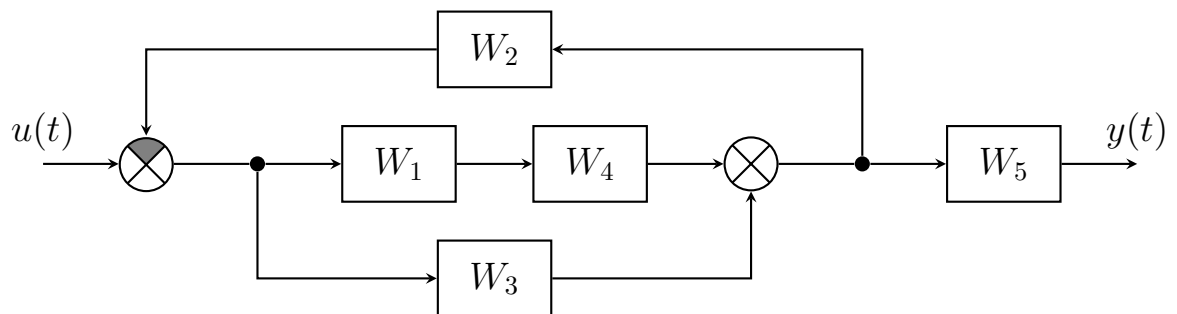
$$W_3(s) = 6,$$

$$W_4(s) = \frac{1.8}{8s + 6},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Вариант №99

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{7.2}{9.9s^2 + 9.2s + 0.7},$$

$$W_2(s) = 8,$$

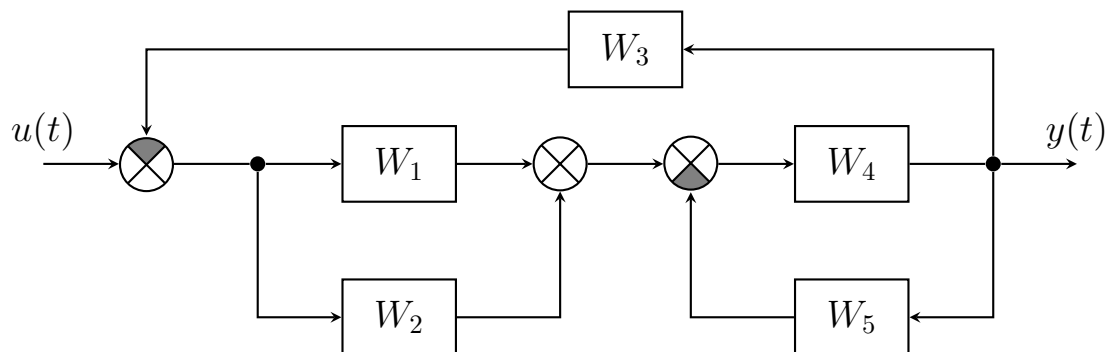
$$W_3(s) = 4,$$

$$W_4(s) = \frac{8.4}{2.1s + 4.6},$$

$$W_5(s) = 6.$$

Вариант №100

Структурная схема линейной динамической системы:



Передаточные функции структурной схемы:

$$W_1(s) = \frac{3.6}{0.5s^2 + 6.3s + 3},$$

$$W_2(s) = 7,$$

$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{2.5}{6.2s + 3.4},$$

$$W_5(s) = 4.$$

Список литературы

1. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 312 с
2. Мирошник И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы. - СПб.: Питер, 2005 - 336 с.:ил.
3. Никульчев Е. В. Пособие "Control System Toolbox", URL: <http://matlab.exponenta.ru/controlsystem/book1/index.php>

Приложение А

Пример выполнения контрольной работы

В данном приложении приводится пример выполнения контрольной работы. В процессе написания примера контрольной работы для проведения всех вычислений использовался математический пакет Matlab. Скрипты для проведения вычислений приводятся лишь частично так как их написание считается частью самостоятельной работы студента.

Донской государственный технический университет
факультет «Автоматизация, мехатроника и управление»

Заочная форма обучения

=====

Студент _____ Адрес _____

_____ группа _____ Шифр _____

(номер зачетной книжки)

Контрольная работа №1

по дисциплине «ТАУ»

за _____ курс

Содержание

1	Выбор задания	3
2	Структурные преобразования линейной динамической системы	4
3	Анализ устойчивости системы	6
3.1	Анализ устойчивости по критерию Гурвица	6
3.2	Анализ устойчивости системы корневым критерием	7
3.3	Анализ устойчивости системы частотным критерием Михайлова . .	8
4	Частотные свойства системы	10
4.1	Частотная передаточная функция	10
4.2	Частотные характеристики	11
5	Построение переходных процессов	15
	Выводы	16

					15.03.04.10000000.000 КР							
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Контрольная работа №1 по дисциплине «ТАУ»					Лит.	Лист	Листов
Разраб.										У	2	16
Пров.	Чувейко									ДГТУ каф. АПП		
Н. контр.												
Утв.												

1 Выбор задания

В соответствии с двумя последними цифрами зачетки $N = 100$ выбираем индивидуальное задание для контрольной работы. На рис. 1 представлена исходная структурная схема линейной динамической системы.

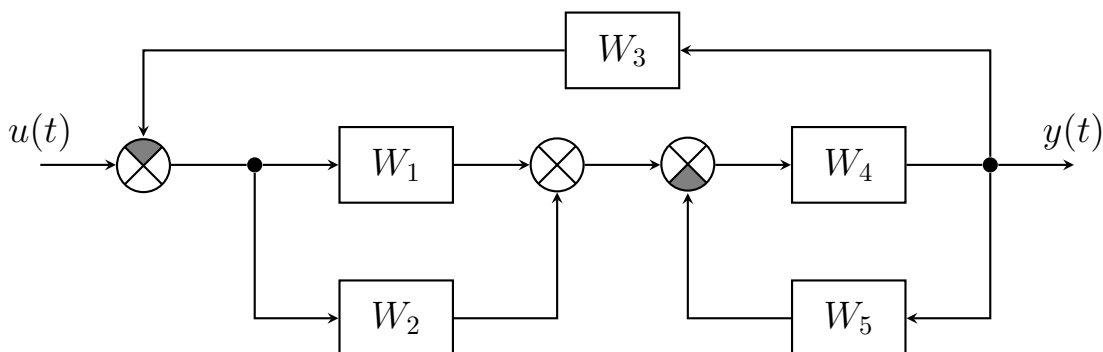


Рисунок 1 – Исходная структурная схема

Передаточные функции:

$$W_1(s) = \frac{3.6}{0.5s^2 + 6.3s + 3},$$

$$W_2(s) = 7,$$

$$W_3(s) = 7,$$

$$W_4(s) = \frac{2.5}{6.2s + 3.4},$$

$$W_5(s) = 4.$$

2 Структурные преобразования линейной динамической системы

Используя правила эквивалентного преобразования структурных схем, определим передаточную функцию всей системы (см. рис. 1).

На первом этапе преобразований свернем звенья W_1 и W_2 , включенные параллельно (см. рис. 2). Эквивалентная передаточная функция:

$$W_{12} = W_1 + W_2 = \frac{3.6}{0.5s^2 + 6.3s + 3} + 7 = \frac{3.5s^2 + 44.1s + 24.6}{0.5s^2 + 6.3s + 3}.$$

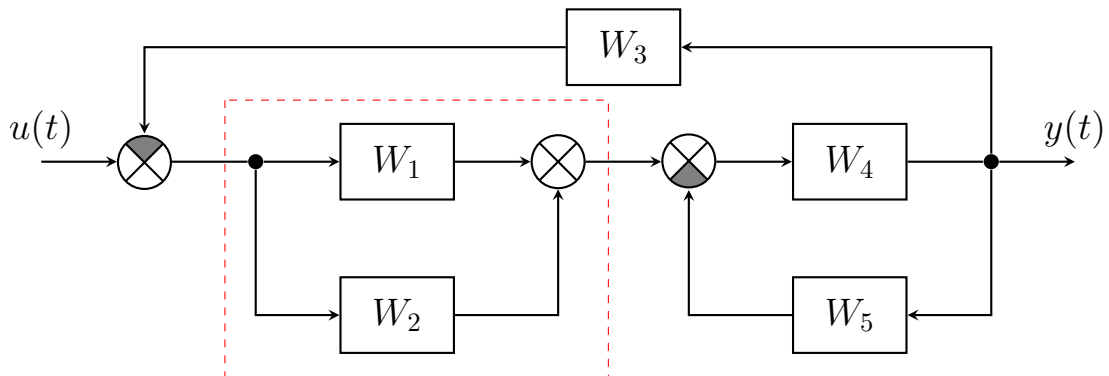


Рисунок 2 – Первый этап преобразований

На втором этапе преобразований имеем соединение звеньев W_4 и W_5 в схему с обратной отрицательной связью (см. рис. 3). Эквивалентная передаточная функция определяется по формуле:

$$W_{45} = \frac{W_4}{1 + W_4 \cdot W_5} = \frac{\frac{2.5}{6.2s + 3.4}}{1 + \frac{2.5}{6.2s + 3.4} \cdot 4} = \frac{0.40323}{s + 2.1613}.$$

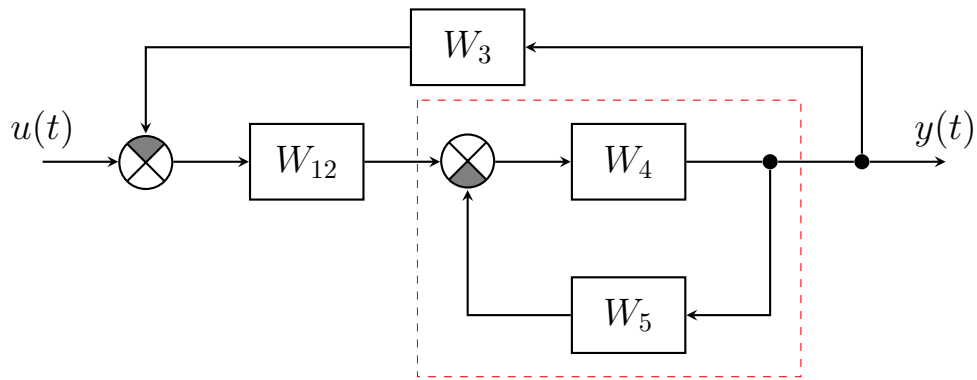


Рисунок 3 – Второй этап преобразований

На третьем этапе преобразований имеем последовательное соединение звеньев W_{12} и W_{45} (см. рис. 4). Эквивалентная передаточная функция определяется по формуле:

$$W_{1245} = W_{12} \cdot W_{45} = \frac{3.5s^2 + 44.1s + 24.6}{0.5s^2 + 6.3s + 3} \cdot \frac{0.40323}{s + 2.1613} =$$

$$= \frac{1.4113s^2 + 17.782s + 9.9194}{0.5s^3 + 7.3806s^2 + 16.616s + 6.4839}.$$

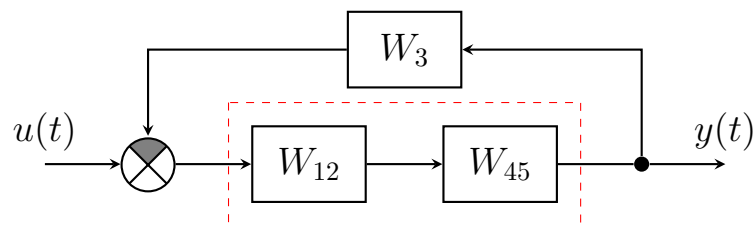


Рисунок 4 – Третий этап преобразований

На четвертом этапе преобразований имеем соединение звеньев W_{1245} и W_3 в схему с обратной отрицательной связью (см. рис. 5). Эквивалентная передаточная функция определяется по формуле:

$$W_{12345} = \frac{W_{1245}}{1 + W_{1245} \cdot W_3} = \frac{\frac{1.4113s^2 + 17.782s + 9.9194}{0.5s^3 + 7.3806s^2 + 16.616s + 6.4839}}{1 + \frac{1.4113s^2 + 17.782s + 9.9194}{0.5s^3 + 7.3806s^2 + 16.616s + 6.4839} \cdot 7} =$$

$$= \frac{2.8226s^2 + 35.565s + 19.839}{s^3 + 34.519s^2 + 282.18s + 151.84}.$$

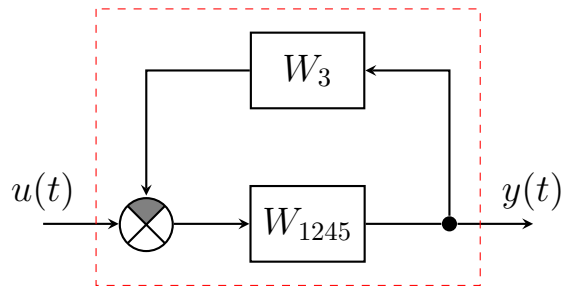


Рисунок 5 – Четвертый этап преобразований

В результате структурных преобразований эквивалентная передаточная функция всей системы $W(s)$ равна:

$$W(s) = \frac{2.8226s^2 + 35.565s + 19.839}{s^3 + 34.519s^2 + 282.18s + 151.84}$$

Для дальнейшего удобства запишем передаточную функцию системы в следующем виде:

$$W(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \quad (1)$$

3 Анализ устойчивости системы

3.1 Анализ устойчивости по критерию Гурвица

Выпишем характеристическое уравнение передаточной функции (1):

$$D(s) = a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0 \quad (2)$$

По характеристическому уравнению составим матрицу Гурвица:

$$\Gamma = \begin{pmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 34.519 & 151.84 & 0 \\ 1 & 282.18 & 0 \\ 0 & 34.519 & 151.84 \end{pmatrix}$$

По матрице Гурвица составим и найдем главные определители Гурвица:

$$\Delta\Gamma_1 = |a_2| = |34.519| = 34.519 > 0$$

$$\Delta\Gamma_2 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 34.519 & 151.84 \\ 1 & 282.18 \end{vmatrix} = 9589 > 0$$

$$\Delta\Gamma_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 34.519 & 151.84 & 0 \\ 1 & 282.18 & 0 \\ 0 & 34.519 & 151.84 \end{vmatrix} = 1.456E + 06 > 0$$

Так как $a_n = a_3 = 1 > 0$, и все определители Гурвица больше 0 то система устойчивая.

3.2 Анализ устойчивости системы корневым критерием

Для того чтобы выполнить оценку устойчивости системы необходимо вычислить корни характеристического уравнения.

Подставим численные значения в характеристическое уравнение (2):

$$D(s) = s^3 + 34.519s^2 + 282.18s + 151.84$$

Ниже приведен листинг программы вычисления корней характеристического уравнения в Matlab:

```
a = [1 34.519 282.18 151.84];
roots(a)
```

Найденные корни характеристического уравнения:

$$s1 = -22.015 + 0.000j; \quad s2 = -11.926 + 0.000j; \quad s3 = -0.578 + 0.000j$$

Так как действительные части всех корней характеристического полинома строго меньше нуля то система устойчивая.

					15.03.04.10000000.000 КР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

3.3 Анализ устойчивости системы частотным критерием Михайлова

Выполним оценку устойчивости системы частотным критерием Михайлова. Для этой цели запишем характеристический полином:

$$D(s) = a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0 \quad (3)$$

Выполнив формальную подстановку $s = j\omega$ в полином (3) получим характеристический вектор:

$$\begin{aligned} D(j\omega) &= a_3 (j\omega)^3 + a_2 (j\omega)^2 + a_1 j\omega + a_0 = \\ &= a_3 j^3 \omega^3 + a_2 j^2 \omega^2 + a_1 j\omega + a_0 \quad \left| \begin{array}{l} j^2 = -1 \\ j^3 = -j \end{array} \right. = \\ &= -ja_3 \omega^3 - a_2 \omega^2 + ja_1 \omega + a_0 = \\ &= (a_0 - a_2 \omega^2) + j(a_1 \omega - a_3 \omega^3) \end{aligned}$$

Окончательно получим:

$$D(j\omega) = X(\omega) + jY(\omega)$$

где $X(\omega) = a_0 - a_2 \omega^2$ - вещественная часть характеристического вектора;
 $Y(\omega) = a_1 \omega - a_3 \omega^3$ - мнимая часть характеристического вектора.

С помощью скрипта для пакета Matlab произведем построение кривой Михайлова. Листинг скрипта:

```
w = linspace(0,33.022,1000);
X = 151.84 - (34.519*w.^2);
Y = -(1*w.^3) + 282.18*w;
plot(X,Y)
xlabel('X(\omega)')
ylabel('Y(\omega)')
text(X(end),Y(end), '\omega_{\infty}')
grid
```

Результат работы программы приведен на рис. 6.

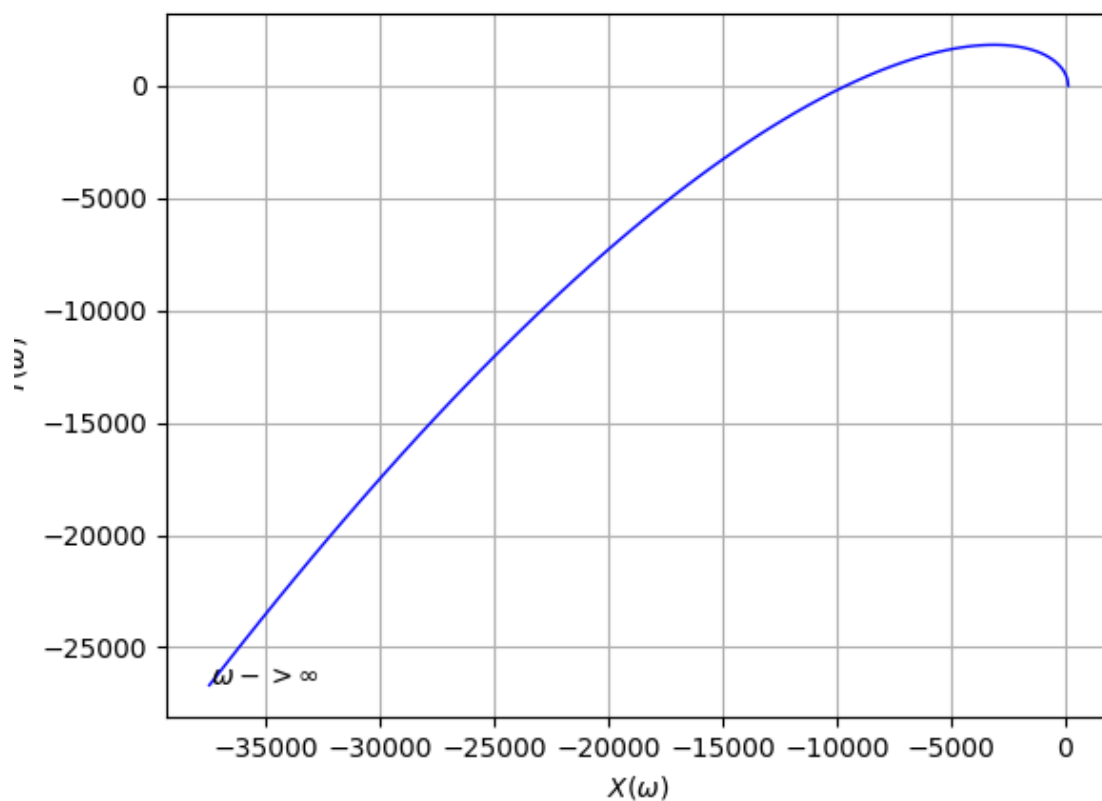


Рисунок 6 – Годограф Михайлова

Анализ кривой показал, что при изменении частоты ω от 0 до ∞ :

- кривая Михайлова начинается на положительной части вещественной оси;
- кривая Михайлова обходит по порядку, против часовой стрелки 3 квадранта;
- кривая Михайлова уходит в бесконечность в 3-ем квадранте.

Из перечисленных выше трех условий следует, что система устойчивая.

4 Частотные свойства системы

4.1 Частотная передаточная функция

Получим частотную функцию системы (1), выполнив подстановку $s = j\omega$:

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= \frac{b_2(j\omega)^2 + b_1(j\omega) + b_0}{a_3(j\omega)^3 + a_2(j\omega)^2 + a_1(j\omega) + a_0} = \\ &= \frac{b_2 j^2 \omega^2 + b_1 j \omega + b_0}{a_3 j^3 \omega^3 + a_2 j^2 \omega^2 + a_1 j \omega + a_0} \bigg|_{\substack{j^2 = -1 \\ j^3 = -j}} = \\ &= \frac{-b_2 \omega^2 + j b_1 \omega + b_0}{j a_3 \omega^3 - a_2 \omega^2 + j a_1 \omega + a_0} = \\ &= \frac{(b_0 - b_2 \omega^2) + j b_1 \omega}{(a_0 - a_2 \omega^2) + j(a_1 \omega - a_3 \omega^3)} \end{aligned}$$

Окончательно получим:

$$W(j\omega) = \frac{B_1(\omega) + j B_2(\omega)}{A_1(\omega) + j A_2(\omega)},$$

где: $B_1(\omega) = b_0 - b_2 \omega^2$;

$B_2(\omega) = b_1 \omega$;

$A_1(\omega) = a_0 - a_2 \omega^2$;

$A_2(\omega) = a_1 \omega - a_3 \omega^3$.

Перейдем к частотной передаточной функции записанной в алгебраической форме:

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= \frac{B_1(\omega) + j B_2(\omega)}{A_1(\omega) + j A_2(\omega)} \cdot \frac{A_1(\omega) - j A_2(\omega)}{A_1(\omega) - j A_2(\omega)} = \\ &= \frac{B_1(\omega) A_1(\omega) + j A_1(\omega) B_2(\omega) - j A_2(\omega) B_1(\omega) - j^2 A_2(\omega) B_2(\omega)}{A_1(\omega)^2 + j A_1(\omega) A_2(\omega) - j A_1(\omega) A_2(\omega) - j^2 A_2(\omega)^2} \bigg|_{j^2 = -1} = \\ &= \frac{(A_1(\omega) B_1(\omega) + A_2(\omega) B_2(\omega)) + j (A_1(\omega) B_2(\omega) - A_2(\omega) B_1(\omega))}{A_1(\omega)^2 + A_2(\omega)^2} = \\ &= \frac{A_1(\omega) B_1(\omega) + A_2(\omega) B_2(\omega)}{A_1(\omega)^2 + A_2(\omega)^2} + j \frac{A_1(\omega) B_2(\omega) - A_2(\omega) B_1(\omega)}{A_1(\omega)^2 + A_2(\omega)^2} \end{aligned}$$

Тогда подставив значения $A_1(\omega)$, $A_2(\omega)$, $B_1(\omega)$ и $B_2(\omega)$ в последнее выражение, окончательно получим:

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega). \quad (4)$$

Вещественная составляющая ЧПФ $P(\omega)$:

$$P(\omega) = \frac{(a_0 - a_2\omega^2)(b_0 - b_2\omega^2) + (a_1\omega - a_3\omega^3)b_1\omega}{(a_0 - a_2\omega^2)^2 + (a_1\omega - a_3\omega^3)^2}. \quad (5)$$

Мнимая составляющая ЧПФ $Q(\omega)$:

$$Q(\omega) = \frac{(a_0 - a_2\omega^2)b_1\omega - (a_1\omega - a_3\omega^3)(b_0 - b_2\omega^2)}{(a_0 - a_2\omega^2)^2 + (a_1\omega - a_3\omega^3)^2}. \quad (6)$$

4.2 Частотные характеристики

Построим частотные характеристики системы, используя полученное ранее выражение (4) ЧПФ в алгебраической форме.

- а) Вещественная частотная характеристика (ВЧХ) определяется вещественной составляющей ЧПФ по выражению (5).
- б) Мнимая частотная характеристика (МЧХ) определяется мнимой составляющей ЧПФ по формуле (6).
- в) Амплитудная частотная характеристика (АЧХ) может быть получена по выражению:

$$A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)}. \quad (7)$$

- г) Фазовая частотная характеристика (ФЧХ) может быть получена по следующей формуле:

$$\varphi(\omega) = \arctan \frac{Q(\omega)}{P(\omega)}. \quad (8)$$

- д) Амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ) представляет собой годограф вектора $W(j\omega)$ при изменении частоты ω от 0 до ∞ .

Ниже приведены графики частотных характеристик.

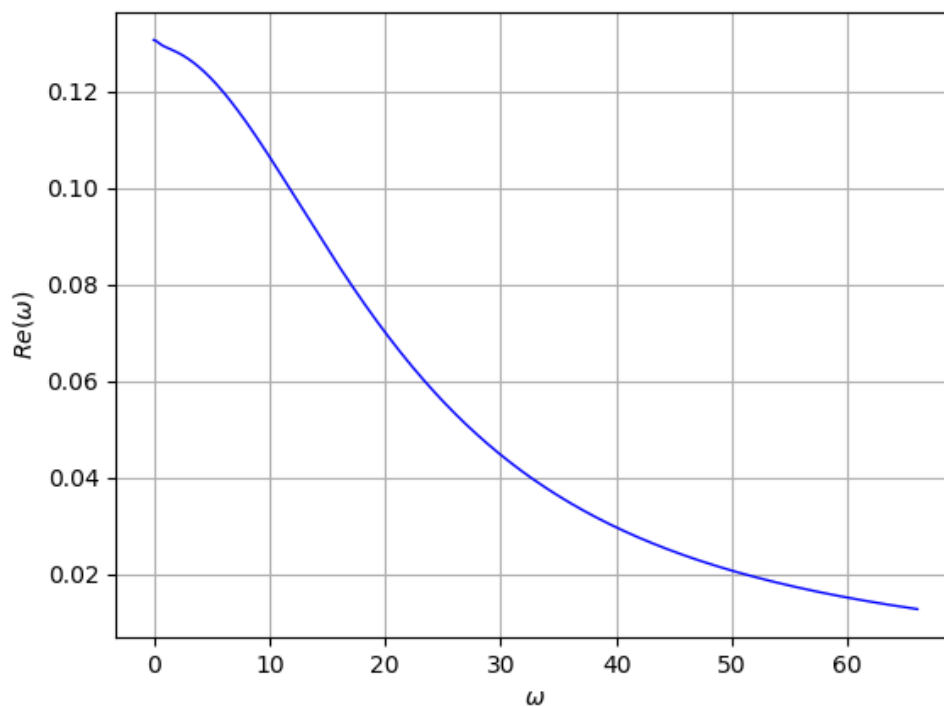


Рисунок 7 – Вещественная частотная характеристика

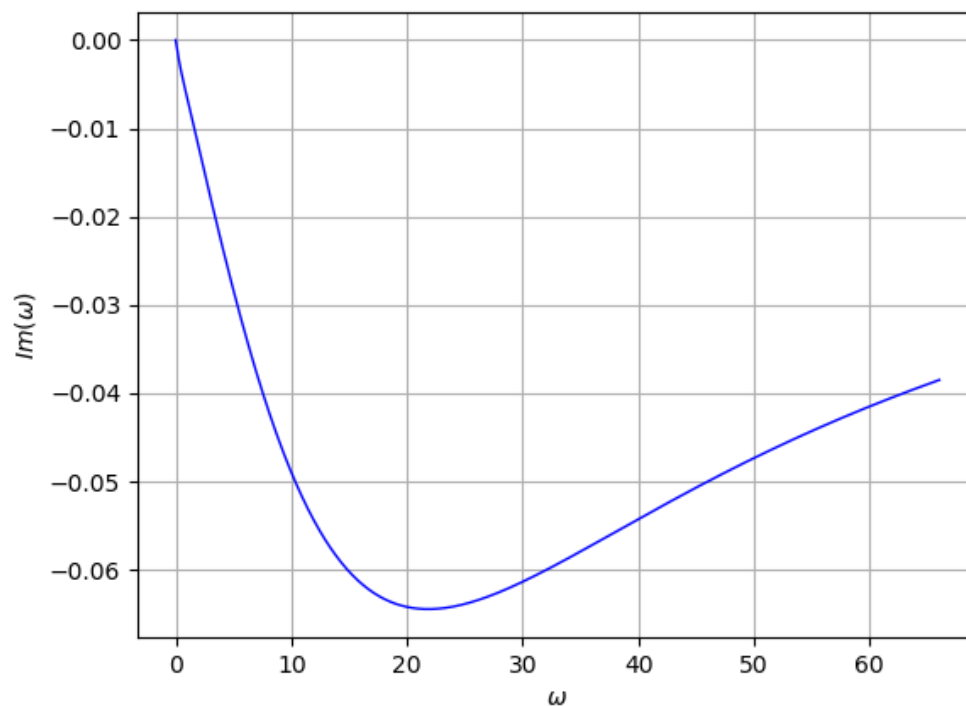


Рисунок 8 – Мнимая частотная характеристика

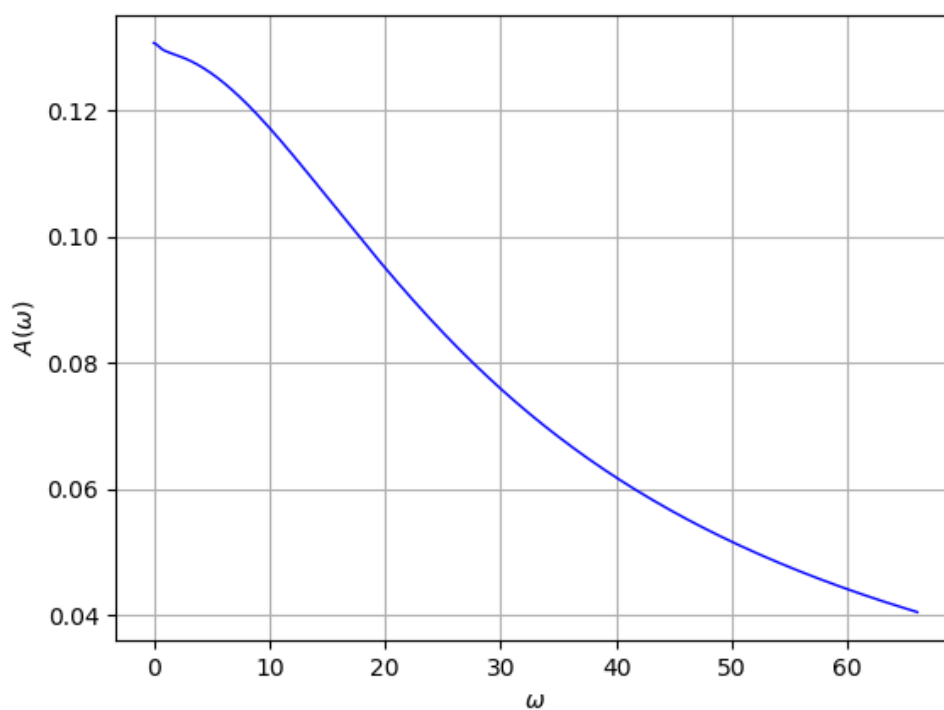


Рисунок 9 – Амплитудная частотная характеристика

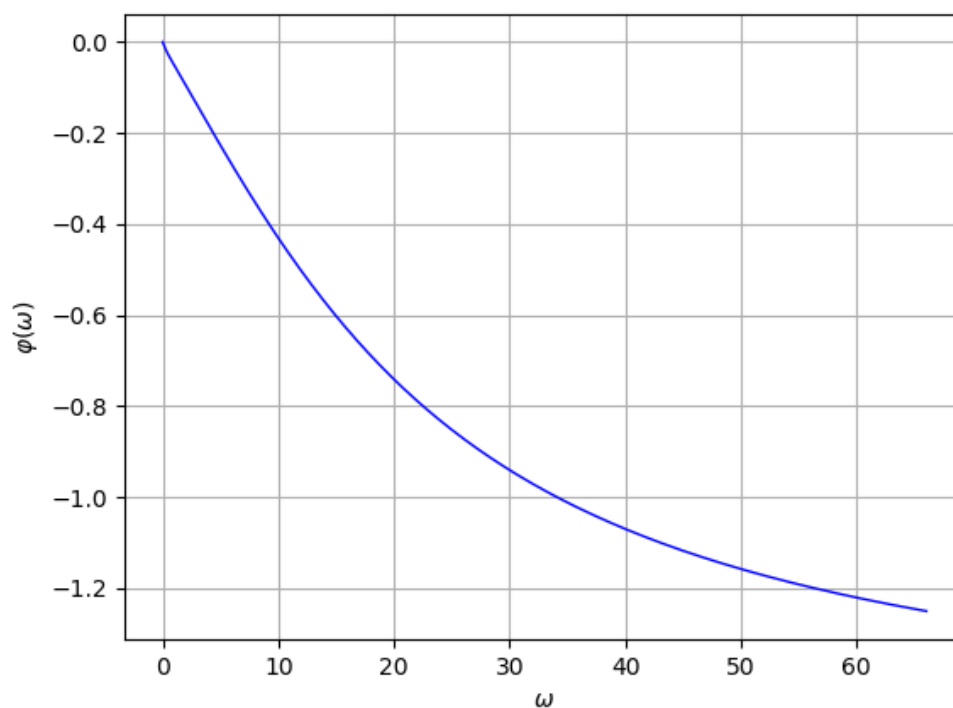


Рисунок 10 – Фазовая частотная характеристика

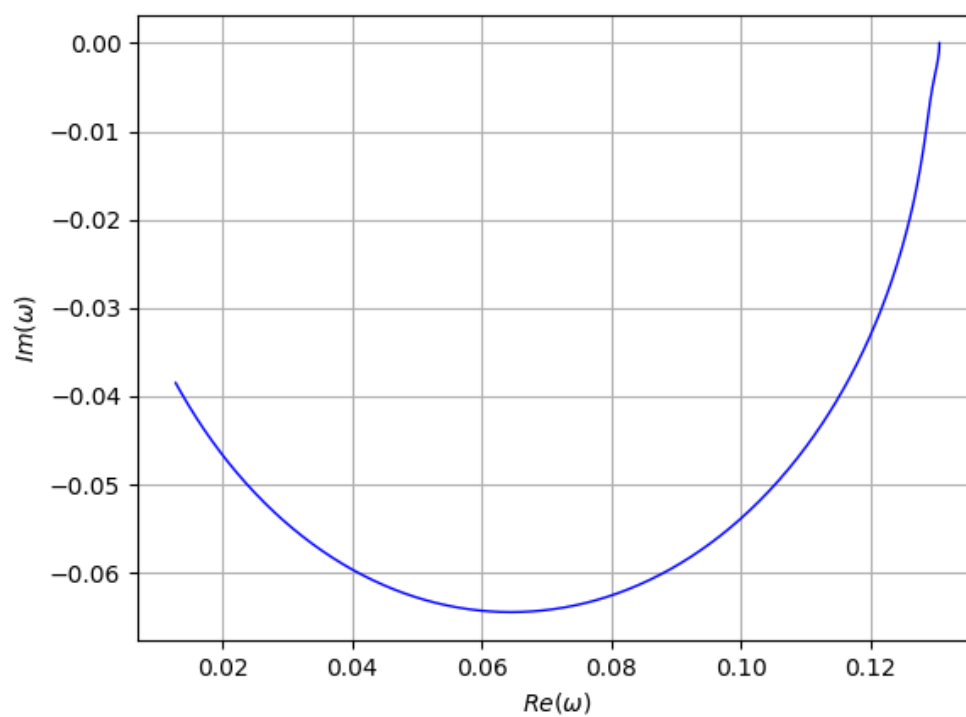


Рисунок 11 – Амплитудно-фазовая частотная характеристика

5 Построение переходных процессов

Для построения переходных характеристик был использован программный пакет Matlab. Ниже приведен листинг скрипта для построения реакции системы на ступенчатое воздействие и δ -импульс.

```
t = linspace(0, 12.104, 1000);  
Wsys = tf([2.8226, 35.565, 19.839], [1, 34.519, 282.18,  
    151.84])  
figure()  
y = step(Wsys, t);  
plot(t,y)  
xlabel('t'); ylabel('y(t)')  
grid  
figure()  
y = impulse(Wsys, t);  
plot(t,y)  
xlabel('t'); ylabel('y(t)')  
grid
```

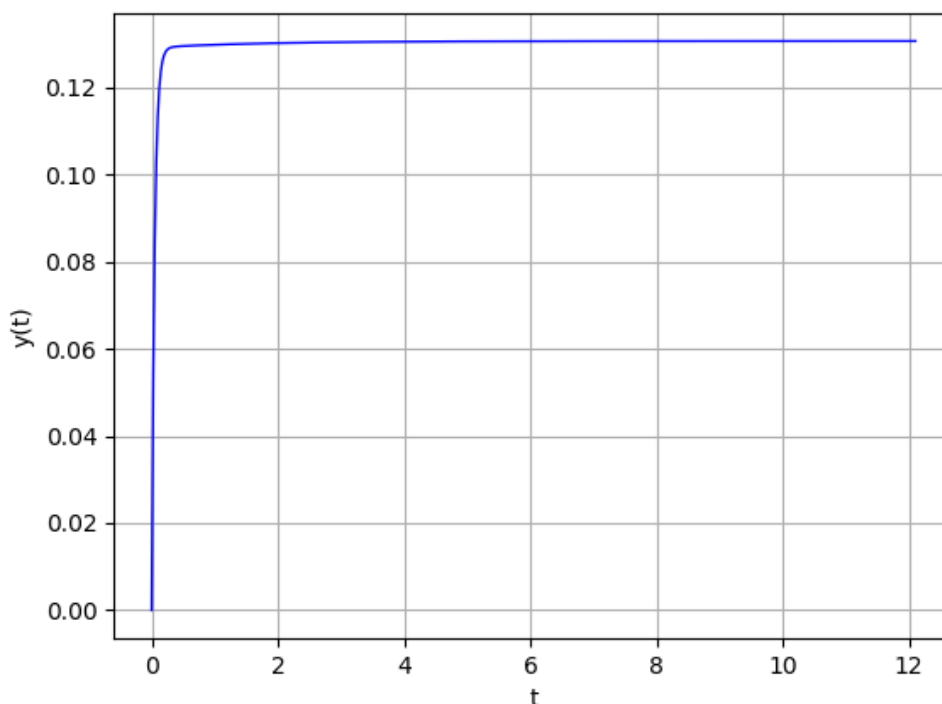


Рисунок 12 – Реакция на ступенчатое воздействие

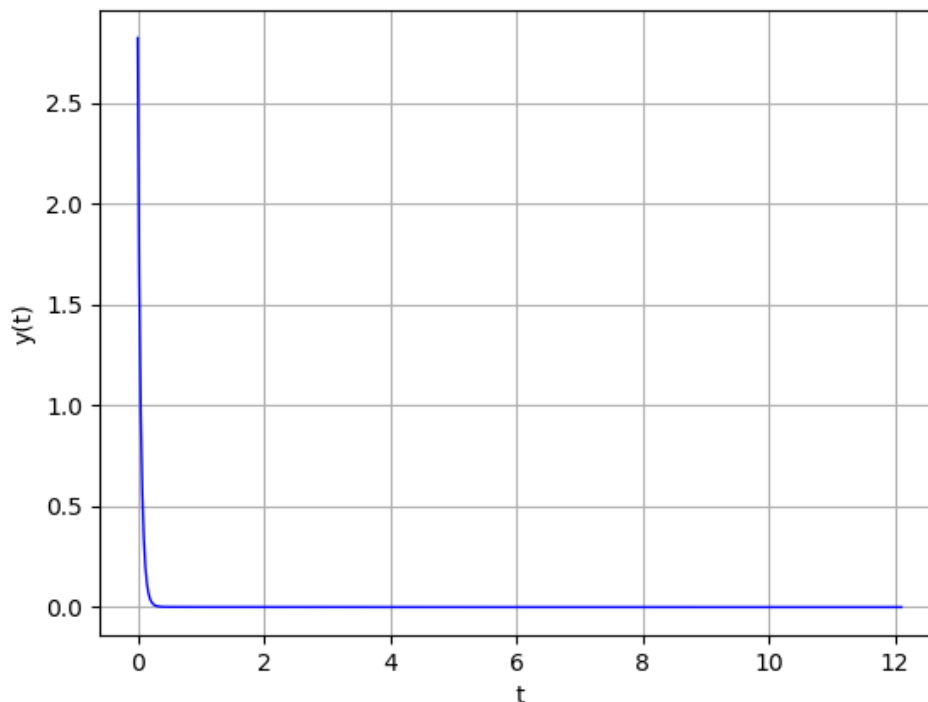


Рисунок 13 – Реакция системы на δ -импульс

Выводы

В результате проделанной работы освоены базовые алгоритмы решения задач классической теории автоматического управления. Методом эквивалентных преобразований получена передаточная функция исследуемой системы:

$$W(s) = \frac{2.8226s^2 + 35.565s + 19.839}{s^3 + 34.519s^2 + 282.18s + 151.84}$$

Проведенный анализ передаточной функции позволил установить, что исследуемая система является устойчивой.

Также в ходе работы были исследованы частотные характеристики системы (см. рис. 7, 8, 9, 10, 11) и переходные характеристики (см. рис. 12, 13).