

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 контрольной работе

по дисциплине: Цифровые СУ

для студентов: Заочной формы обучения по направлению
15.03.04 “Автоматизация технологических
процессов и производств”

автор: к.т.н. доцент Чувейко М.В.

Ростов-на-Дону

2019

Аннотация

Приведены пояснения по выбору варианта задания для контрольной работы по дисциплине “Цифровые СУ”, а также пояснения по выполнению разделов контрольной работы. Методические указания предназначены для студентов заочной 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 | 4 |
| 3.1 | Общие сведения | 4 |
| 3.2 | Основные этапы выполнения | 5 |
| 3.3 | Рекомендации по выполнению и оформлению | 6 |
| 4 | Индивидуальные задания | 7 |
| | Список литературы | 48 |
| | Приложение А Пример выполнения контрольной работы | 49 |

1 Цели и задачи

Целью выполнения данной контрольной работы является освоение навыков исследования дискретных и дискретно-непрерывных динамических систем. Для выполнения работы предполагается использование методов дискретизации непрерывных систем, эквивалентных преобразований структурных схем, классических методов определения устойчивости дискретных систем и др.

Кроме того, студентам необходимо выполнить численное моделирование исследуемой динамической системы и сравнить результаты моделирования дискретизированной и исходной систем.

2 Выбор варианта задания

Исходными данными для выполнения контрольной работы является структурная схема динамической системы, математические модели непрерывных звеньев входящих в состав системы, а также рекуррентное уравнение дискретного элемента с заданным периодом временной дискретизации. 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.

Структурная схема исследуемой динамической системы является общей для всех вариантов и приведена на рис. 1.

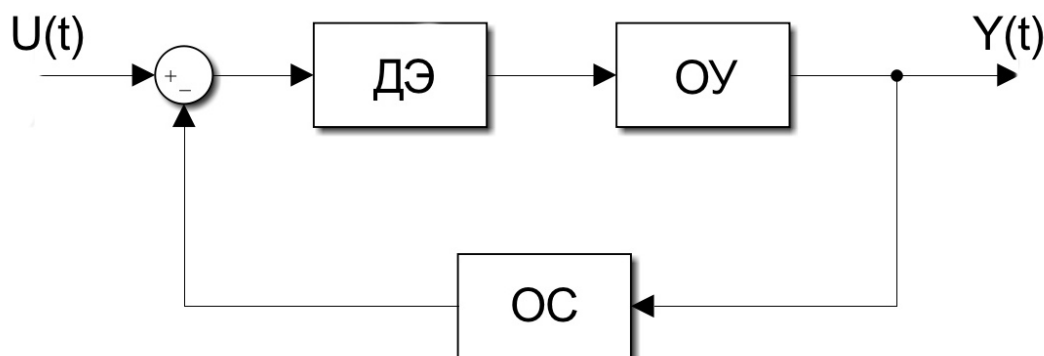


Рисунок 1 – Структурная схема системы

3.2 Основные этапы выполнения

Для успешного выполнения работы необходимо осуществление следующих пунктов контрольной работы:

- а) Выбрать индивидуальное задание (см. главу 2).
- б) Осуществить преобразование рекуррентного уравнения в передаточную функцию дискретного звена (см. [1] п. 6.4 на стр. 225).
- в) Произвести численное моделирование динамики исходной системы с использованием математического пакета Matlab (см. [3] п. 9.3 и п. 9.4).
- г) Используя правила эквивалентного преобразования, привести структурную схему к виду при котором все непрерывные звенья будут подключены к выходу дискретного элемента (см. [1] п. 6.9 на стр. 248).
- д) Получить дискретные передаточные функции непрерывных звеньев. Для этого осуществить переход к матрично-векторному представлению непрерывных звеньев и воспользоваться формулами дискретизации непрерывных линейных динамических систем (см. [2] п. 9.2.1 на стр. 299).

- е) Используя правила эквивалентного преобразования получить эквивалентную передаточную функцию дискретной системы (см. [1] п. 2.7 на стр. 56).
- ж) Произвести численное моделирование динамики исходной и дискретизированной систем. Сравнить результаты моделирования (см. [3] п. 9.3 и п. 9.4).
- з) Провести оценку устойчивости дискретной системы с использованием необходимого и корневого критериев (см. [1] п. 7.2.1 на стр. 259).

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 с матричными выражениями. 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

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 5y[n+1] + 8y[n] = 3u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 3}$$

Вариант №01

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 6y[n+1] + 3y[n] = 8u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 2}$$

Вариант №02

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 2y[n+1] + 7y[n] = 2u[n+1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{3s + 1}$$

Вариант №03

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n + 2] + 5y[n + 1] + 9y[n] = 8u[n + 1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 2s + 26}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 4}$$

Вариант №04

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 4y[n + 1] + 8y[n] = 2u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 4}$$

Вариант №05

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 5y[n+1] + 8y[n] = 6u[n+1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 3}$$

Вариант №06

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n+2] + 7y[n+1] + 3y[n] = 9u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 2}$$

Вариант №07

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 7y[n+1] + 9y[n] = 6u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 3}$$

Вариант №08

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n + 2] + 8y[n + 1] + 8y[n] = 2u[n + 1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 4}$$

Вариант №09

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n + 2] + 5y[n + 1] + 5y[n] = 9u[n + 1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 1}$$

Вариант №10

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 5y[n+1] + 3y[n] = 7u[n+1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 3}$$

Вариант №11

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 4y[n+1] + 7y[n] = 3u[n+1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 3}$$

Вариант №12

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n+2] + 4y[n+1] + 3y[n] = 8u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 1}$$

Вариант №13

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n + 2] + 5y[n + 1] + 8y[n] = 4u[n + 1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{3s + 2}$$

Вариант №14

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n + 2] + 8y[n + 1] + 2y[n] = 2u[n + 1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 2s + 26}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 4}$$

Вариант №15

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 6y[n+1] + 6y[n] = 3u[n+1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 1}$$

Вариант №16

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 3y[n+1] + 4y[n] = 4u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 16.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 1}$$

Вариант №17

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n+2] + 6y[n+1] + 9y[n] = 4u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 4}$$

Вариант №18

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 5y[n + 1] + 7y[n] = 7u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 3}$$

Вариант №19

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n + 2] + 3y[n + 1] + 7y[n] = 5u[n + 1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 2}$$

Вариант №20

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 4y[n+1] + 8y[n] = 7u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 3}$$

Вариант №21

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 9y[n+1] + 7y[n] = 6u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 4}$$

Вариант №22

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 6y[n+1] + 7y[n] = 5u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 3}$$

Вариант №23

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n + 2] + 5y[n + 1] + 2y[n] = 7u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{s + 4}$$

Вариант №24

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n + 2] + 8y[n + 1] + 3y[n] = 3u[n + 1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 3}$$

Вариант №25

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n+2] + 3y[n+1] + 3y[n] = 4u[n+1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 2s + 17}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 1}$$

Вариант №26

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 3y[n+1] + 7y[n] = 3u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 4}$$

Вариант №27

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n+2] + 3y[n+1] + 8y[n] = 7u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 2}$$

Вариант №28

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n + 2] + 7y[n + 1] + 2y[n] = 6u[n + 1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 4}$$

Вариант №29

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n + 2] + 3y[n + 1] + 3y[n] = 6u[n + 1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 2s + 26}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{3s + 1}$$

Вариант №30

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 7y[n+1] + 3y[n] = 3u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 2s + 17}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 4}$$

Вариант №31

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 5y[n+1] + 5y[n] = 3u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{3s + 2}$$

Вариант №32

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 8y[n+1] + 8y[n] = 8u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 2}$$

Вариант №33

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n + 2] + 8y[n + 1] + 9y[n] = 8u[n + 1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{3s + 3}$$

Вариант №34

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n + 2] + 9y[n + 1] + 2y[n] = 7u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 3}$$

Вариант №35

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n+2] + 2y[n+1] + 2y[n] = 8u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 1}$$

Вариант №36

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n+2] + 4y[n+1] + 5y[n] = 3u[n+1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 4}$$

Вариант №37

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n+2] + 8y[n+1] + 8y[n] = 8u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{3s + 4}$$

Вариант №38

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n + 2] + 8y[n + 1] + 2y[n] = 5u[n + 1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 3}$$

Вариант №39

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n + 2] + 2y[n + 1] + 5y[n] = 3u[n + 1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 2}$$

Вариант №40

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 4y[n+1] + 2y[n] = 8u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 3}$$

Вариант №41

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n+2] + 2y[n+1] + 3y[n] = 7u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 2}$$

Вариант №42

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n+2] + 2y[n+1] + 7y[n] = 4u[n+1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 2}$$

Вариант №43

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n + 2] + 8y[n + 1] + 8y[n] = 9u[n + 1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 2}$$

Вариант №44

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n + 2] + 3y[n + 1] + 4y[n] = 5u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 0.8s + 16.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 4}$$

Вариант №45

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 7y[n+1] + 7y[n] = 2u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{3s + 4}$$

Вариант №46

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 3y[n+1] + 9y[n] = 8u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{3s + 3}$$

Вариант №47

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 4y[n+1] + 2y[n] = 5u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 1}$$

Вариант №48

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 8y[n + 1] + 6y[n] = 9u[n + 1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{3s + 3}$$

Вариант №49

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 8y[n + 1] + 6y[n] = 6u[n + 1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.2}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 3}$$

Вариант №50

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 8y[n+1] + 4y[n] = 4u[n+1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.2}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 1}$$

Вариант №51

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n+2] + 6y[n+1] + 5y[n] = 5u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 4}$$

Вариант №52

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n+2] + 8y[n+1] + 8y[n] = 9u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 1}$$

Вариант №53

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n + 2] + 7y[n + 1] + 7y[n] = 9u[n + 1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.2}{s^2 + 2s + 17}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 3}$$

Вариант №54

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n + 2] + 3y[n + 1] + 2y[n] = 8u[n + 1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 3}$$

Вариант №55

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 2y[n+1] + 9y[n] = 9u[n+1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 2}$$

Вариант №56

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 2y[n+1] + 4y[n] = 7u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{3s + 2}$$

Вариант №57

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n+2] + 2y[n+1] + 3y[n] = 7u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 2}$$

Вариант №58

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n + 2] + 8y[n + 1] + 5y[n] = 7u[n + 1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{3s + 1}$$

Вариант №59

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n + 2] + 2y[n + 1] + 9y[n] = 3u[n + 1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 1}$$

Вариант №60

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 3y[n+1] + 2y[n] = 5u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 2s + 26}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 4}$$

Вариант №61

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 4y[n+1] + 2y[n] = 6u[n+1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 3}$$

Вариант №62

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 6y[n+1] + 9y[n] = 6u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 3}$$

Вариант №63

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n + 2] + 4y[n + 1] + 9y[n] = 7u[n + 1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 1}$$

Вариант №64

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n + 2] + 8y[n + 1] + 8y[n] = 5u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{3s + 4}$$

Вариант №65

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 9y[n+1] + 2y[n] = 3u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 2}$$

Вариант №66

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 9y[n+1] + 3y[n] = 5u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{3s + 2}$$

Вариант №67

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 4y[n+1] + 3y[n] = 3u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 3}$$

Вариант №68

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n + 2] + 6y[n + 1] + 3y[n] = 6u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 2}$$

Вариант №69

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n + 2] + 6y[n + 1] + 4y[n] = 2u[n + 1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 1.6s + 16.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{3s + 4}$$

Вариант №70

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 7y[n+1] + 2y[n] = 9u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 4}$$

Вариант №71

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 7y[n+1] + 7y[n] = 4u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 1}$$

Вариант №72

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$3y[n+2] + 9y[n+1] + 5y[n] = 7u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 4}$$

Вариант №73

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n + 2] + 2y[n + 1] + 5y[n] = 4u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 4}$$

Вариант №74

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 6y[n + 1] + 2y[n] = 6u[n + 1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 2s + 26}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{3s + 4}$$

Вариант №75

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 4y[n+1] + 8y[n] = 5u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 2}$$

Вариант №76

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 2y[n+1] + 7y[n] = 9u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 2s + 17}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 3}$$

Вариант №77

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 8y[n+1] + 9y[n] = 2u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 2s + 17}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 3}$$

Вариант №78

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n + 2] + 4y[n + 1] + 4y[n] = 8u[n + 1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{4s + 3}$$

Вариант №79

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n + 2] + 4y[n + 1] + 6y[n] = 9u[n + 1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 1}$$

Вариант №80

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n+2] + 5y[n+1] + 4y[n] = 8u[n+1] + 7u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 2.4}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 3}$$

Вариант №81

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 9y[n+1] + 5y[n] = 9u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 2s + 17}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{2s + 1}$$

Вариант №82

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 4y[n+1] + 7y[n] = 2u[n+1] + 4u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.6}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 3}$$

Вариант №83

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 4y[n + 1] + 7y[n] = 5u[n + 1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.2}{s^2 + 1.6s + 9.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{s + 3}$$

Вариант №84

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 9y[n + 1] + 4y[n] = 2u[n + 1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 3}$$

Вариант №85

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 6y[n+1] + 9y[n] = 8u[n+1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.6}{s^2 + 2s + 10}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 3}$$

Вариант №86

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 9y[n+1] + 4y[n] = 5u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 0.8s + 16.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 2}$$

Вариант №87

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 6y[n+1] + 9y[n] = 3u[n+1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{2s + 1}$$

Вариант №88

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n + 2] + 8y[n + 1] + 6y[n] = 5u[n + 1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 9.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{2s + 4}$$

Вариант №89

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$6y[n + 2] + 6y[n + 1] + 6y[n] = 5u[n + 1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.4}{s^2 + 1.2s + 25.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{3s + 3}$$

Вариант №90

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 5y[n+1] + 7y[n] = 3u[n+1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{s + 1}$$

Вариант №91

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n+2] + 4y[n+1] + 5y[n] = 3u[n+1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 2}$$

Вариант №92

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$8y[n+2] + 8y[n+1] + 4y[n] = 2u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 2.4}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 2}$$

Вариант №93

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n + 2] + 4y[n + 1] + 9y[n] = 5u[n + 1] + 6u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.6\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.8}{s^2 + 1.6s + 25.64}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{s + 3}$$

Вариант №94

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n + 2] + 4y[n + 1] + 5y[n] = 3u[n + 1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.2s + 0.8}{s^2 + 1.2s + 16.36}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{4s + 3}$$

Вариант №95

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$7y[n+2] + 8y[n+1] + 6y[n] = 5u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 3.2}{s^2 + 2s + 26}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 2}$$

Вариант №96

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$2y[n+2] + 2y[n+1] + 9y[n] = 8u[n+1] + 2u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 16.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 1}$$

Вариант №97

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$5y[n+2] + 2y[n+1] + 9y[n] = 8u[n+1] + 5u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.8s + 1.6}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{4s + 2}$$

Вариант №98

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n + 2] + 6y[n + 1] + 8y[n] = 6u[n + 1] + 9u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{2}{s + 1}$$

Вариант №99

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$9y[n + 2] + 4y[n + 1] + 5y[n] = 8u[n + 1] + 8u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.8\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.4s + 0.8}{s^2 + 0.8s + 25.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{1}{s + 1}$$

Вариант №100

Рекуррентное уравнение описывающее дискретный элемент:

$$4y[n+2] + 9y[n+1] + 7y[n] = 5u[n+1] + 3u[n]$$

Период дискретизации системы: $ts = 0.4\text{с}$.

Передаточная функция объекта управления:

$$W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 9.16}$$

Передаточная функция в цепи обратной связи:

$$W_{\text{oc}}(s) = \frac{3}{s + 2}$$

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. И.В.Черных. "Simulink: Инструмент моделирования динамических систем".
URL: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1>

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 не приводятся 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 «Цифровые СУ»

за _____ курс

Содержание

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Выбор задания | 3 |
| 2 | Моделирование динамики дискретно-непрерывной системы | 4 |
| 3 | Дискретизация системы | 6 |
| 3.1 | Приведение структурной схемы системы к оптимальному виду . . . | 6 |
| 3.2 | Переход к пространству состояний | 7 |
| 3.3 | Получение дискретных передаточных функций | 9 |
| 3.4 | Получение эквивалентной передаточной функции системы | 9 |
| 4 | Моделирование динамики дискретной системы | 11 |
| 5 | Исследование устойчивости | 12 |
| 5.1 | Необходимый критерий устойчивости | 12 |
| 5.2 | Корневой критерий устойчивости | 13 |
| | Заключение | 14 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|----------|-------|------|---|--|--|---------------|------|--------|
| | | | | | 15.03.04.10000000.000 КР | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Контрольная работа по дисциплине «Цифровые СУ» | | | Лит. | Лист | Листов |
| Разраб. | | | | | | | | У | 2 | 14 |
| 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. Структурная схема системы приведена на рис. 1:

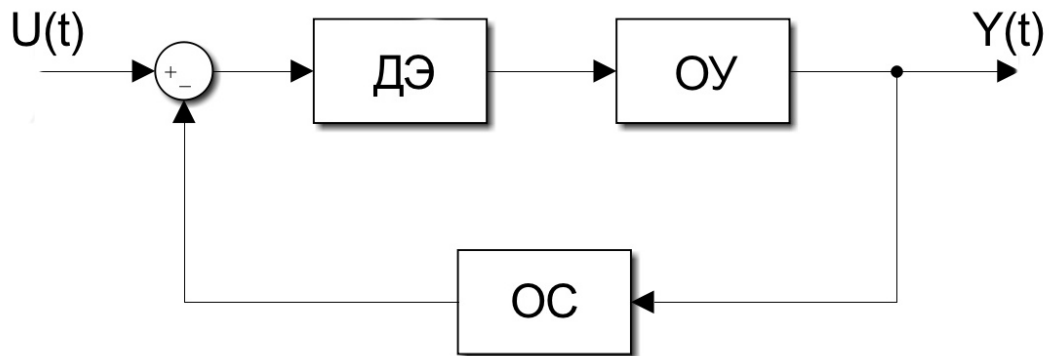


Рисунок 1 – Структурная схема системы

Рекуррентное уравнение описывающее алгоритм работы дискретного элемента (на схеме "ДЭ"):

$$4y[n + 2] + 9y[n + 1] + 7y[n] = 5u[n + 1] + 3u[n] \quad (1)$$

Период дискретизации системы составляет:

$$ts = 0.4с$$

Передаточная функция объекта управления (на схеме "ОУ"):

$$W_{oy}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 9.16} \quad (2)$$

Передаточная функция обратной связи (на схеме "ОС"):

$$W_{oc}(s) = \frac{3}{s + 2} \quad (3)$$

2 Моделирование динамики дискретно-непрерывной системы

Для осуществления процесса моделирования системы необходимо получить дискретную передаточную функцию дискретного элемента. Для этого используем оператор сдвига на один отсчет времени E :

$$y[n+1] = Ey[n], \quad u[n+1] = Eu[n] \quad (4)$$

С учетом введенного оператора рекуррентное выражение 1 примет вид:

$$(4E^2 + 9E + 7) y[n] = (5E + 3) u[n] \quad (5)$$

Из данного выражения видно что передаточная функция в операторной форме будет иметь вид:

$$W_d(E) = \frac{5E + 3}{4E^2 + 9E + 7} \quad (6)$$

Известно что передаточная функция системы в z изображениях может быть найдена по формуле:

$$W_d(z) = W_d(E)|_{E=z} \quad (7)$$

Отсюда передаточная функция дискретного элемента системы будет иметь вид:

$$W_d(z) = \frac{5z + 3}{4z^2 + 9z + 7} \quad (8)$$

Моделирование динамики системы будем осуществлять с использованием модуля Simulink входящего в состав программного пакета Matlab. На рис. 2 приведена модель исследуемой системы.

Результат динамики системы в ответ на ступенчатое воздействие приведен на рис. 3. Здесь Y_d - выходной сигнал дискретного элемента, Y_{W1} - выходной сигнал объекта управления, Y_{W2} - выходной сигнал обратной связи.

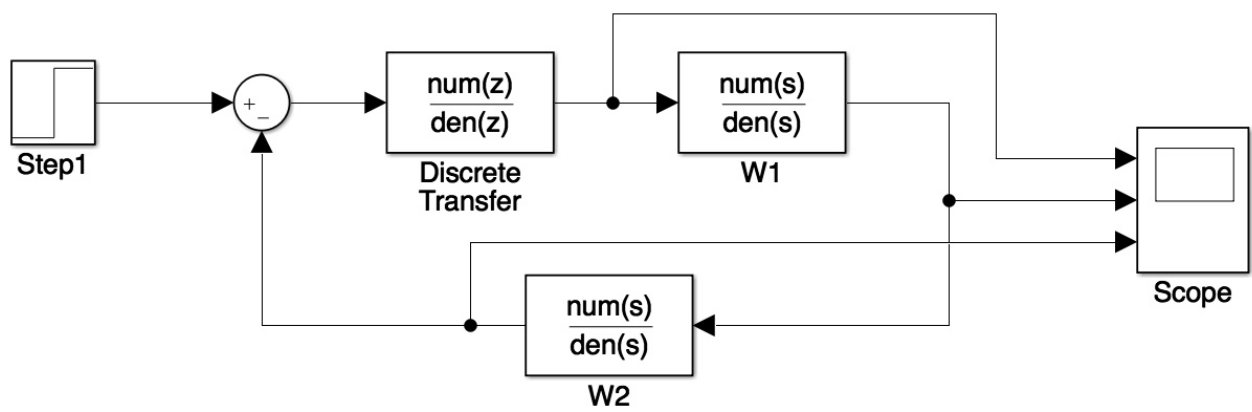


Рисунок 2 – Структурная схема системы

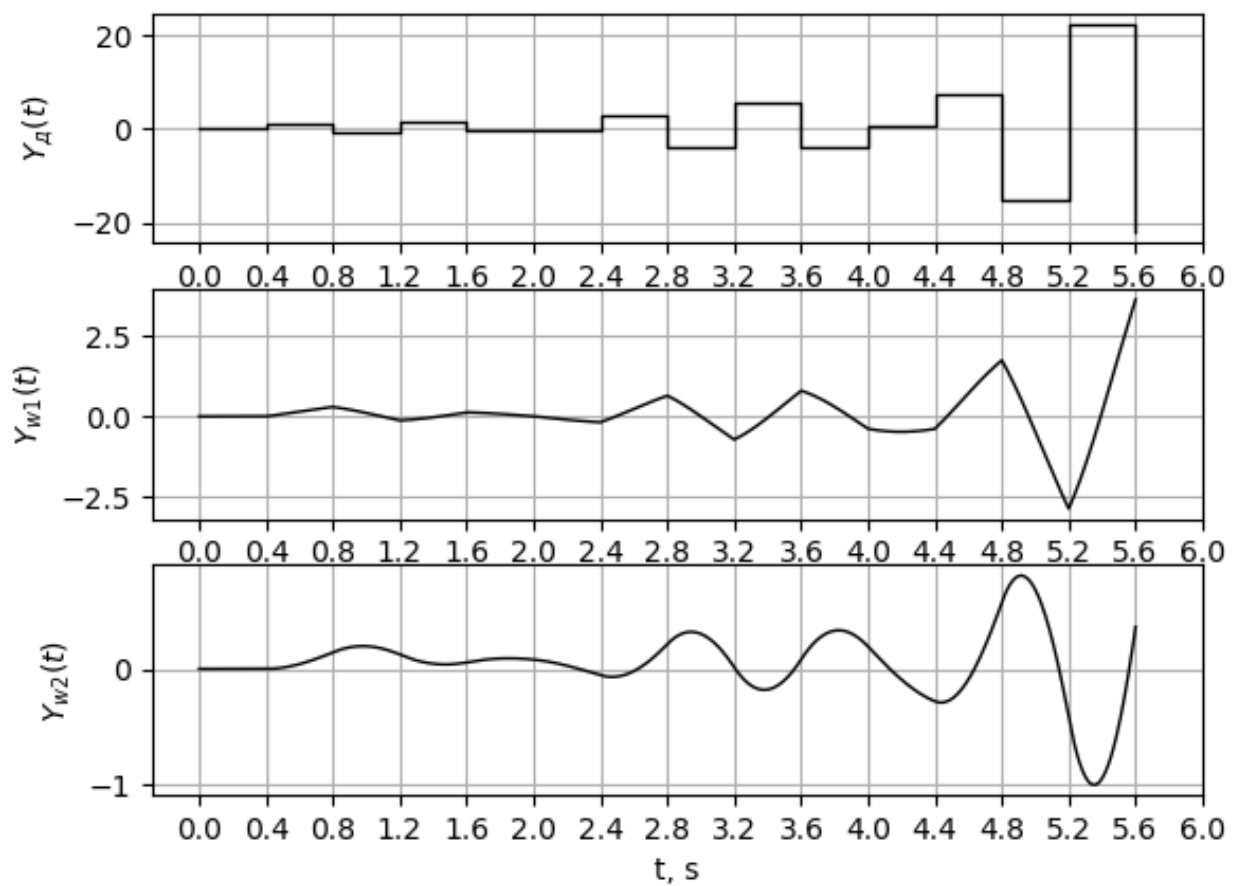


Рисунок 3 – Реакция системы на ступенчатое воздействие

3 Дискретизация системы

3.1 Приведение структурной схемы системы к оптимальному виду

Для осуществления анализа свойств системы необходимо произвести дискретизацию непрерывных звеньев системы. Для этого приведем систему к виду при котором все непрерывные звенья будут подключены к выходу дискретного элемента (см. рис. 4).

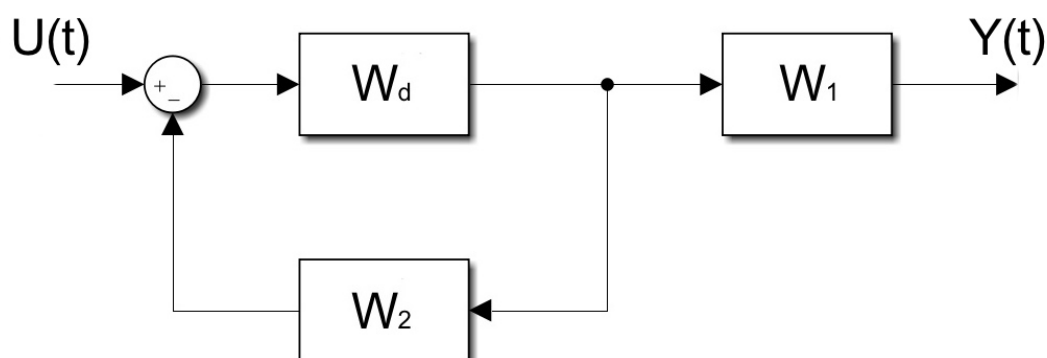


Рисунок 4 – Структурная схема приведенной системы

Для приведения системы к указанному виду воспользуемся правилами эквивалентного преобразования структурных схем. Перенесем точку подключения обратной связи через звено W_{oy} назад. В результате схема приобретет вид представленный на рис. 5.

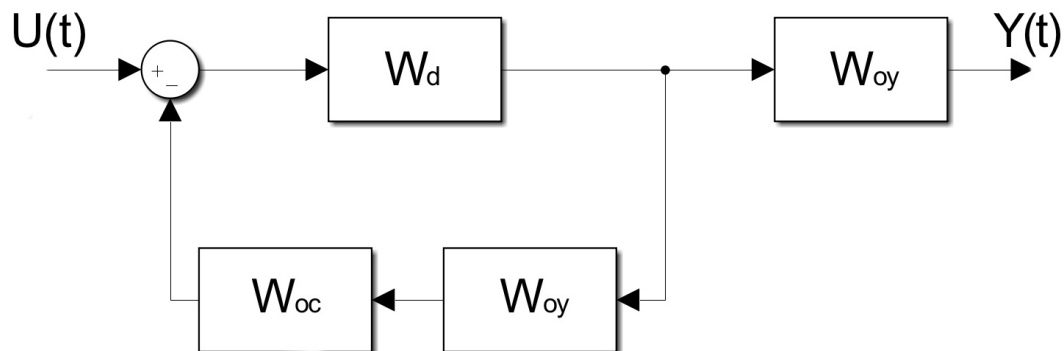


Рисунок 5 – Структурная схема после переноса точки съема

Отсюда несложно видеть, что $W_1(s)$ будет иметь вид:

$$W_1(s) = W_{\text{oy}}(s) = \frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 9.16} \quad (9)$$

Для получения выражения $W_2(s)$ необходимо свернуть два последовательно соединенных звена в обратной связи:

$$\begin{aligned} W_2(s) = W_{\text{oy}}(s)W_{\text{oc}}(s) &= \left(\frac{0.6s + 1.2}{s^2 + 0.8s + 9.16} \right) \left(\frac{3}{s + 2} \right) = \\ &= \frac{1.8s + 3.6}{s^3 + 2.8s^2 + 10.76s + 18.32} \end{aligned} \quad (10)$$

3.2 Переход к пространству состояний

Для осуществления дискретизации системы необходимо получить дискретные передаточные функции звеньев $W_1(s)$ и $W_2(s)$. Наиболее удобно производить дискретизацию систем представленных в пространстве состояний.

Осуществим переход к пространству состояний для звена $W_1(s)$. Используя полученную выше передаточную функцию определим матрицы входящие в матрично-векторную форму системы:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases} \quad (11)$$

где:

$$\begin{aligned} A &= \begin{pmatrix} -0.8 & -9.16 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \\ C &= \begin{pmatrix} 0.6 & 1.2 \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Дискретная система представленная в матрично-векторном виде имеет вид:

$$\begin{cases} x(n+1) = A_d x(n) + B_d u(n) \\ y(n) = C_d x(n) + D_d u(n) \end{cases} \quad (12)$$

Для преобразования системы к дискретной форме используются следующие формулы перехода:

$$A_d = e^{At_s}. \quad (13)$$

$$B_d = A^{-1}(e^{At_s} - I)B, \quad (14)$$

где: I - единичная матрица размера $[n \times n]$ (n - порядок системы).

$$C_d = C. \quad (15)$$

$$D_d = D. \quad (16)$$

Используя вышеприведенные формулы определим значения матриц для первого звена:

$$A_d = \begin{pmatrix} 0.20288 & -2.4251 \\ 0.26474 & 0.41468 \end{pmatrix}, \quad B_d = \begin{pmatrix} 0.26474 \\ 0.0639 \end{pmatrix},$$

$$C_d = \begin{pmatrix} 0.6 & 1.2 \end{pmatrix}, \quad D_d = \begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}.$$

Повторим процедуру дискретизации для звена $W_2(s)$. Непрерывная система (10) в пространстве состояний описывается следующими матрицами:

$$A = \begin{pmatrix} -2.8 & -10.76 & -18.32 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1.8 & 3.6 \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}.$$

Применяя формулы (13), (14), (15), (16) определим матрицы дискретизированной системы:

$$A_d = \begin{pmatrix} -0.1314 & -2.6925 & -3.062 \\ 0.16714 & 0.3366 & -0.89403 \\ 0.048801 & 0.30378 & 0.86169 \end{pmatrix}, \quad B_d = \begin{pmatrix} 0.16714 \\ 0.048801 \\ 0.0075494 \end{pmatrix},$$

$$C_d = \begin{pmatrix} 0 & 1.8 & 3.6 \end{pmatrix}, \quad D_d = \begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix}.$$

3.3 Получение дискретных передаточных функций

Для определения передаточной функции дискретной системы в z изображениях по её матрично-векторному представлению используют формулу:

$$W_d(z) = C_d(Iz - A_d)^{-1}B_d + D_d. \quad (17)$$

где: I - единичная матрица размера $[n \times n]$ (n - порядок системы).

Используя данную формулу для первой подсистемы получим:

$$W_{d1} = \frac{0.23553z - 0.090296}{z^2 - 0.61756z + 0.72615}$$

По аналогии для второй подсистемы получим:

$$W_{d2} = \frac{0.11502z^2 + 0.051144z - 0.046202}{z^3 - 1.0669z^2 + 1.0036z - 0.32628}$$

3.4 Получение эквивалентной передаточной функции системы

После проведения дискретизации всех непрерывных звеньев полученна система полностью функционирующая в дискретном времени. В связи с этим имеется возможность применять классические правила эквивалентного преобразования структурных схем. Для анализа дискретной системы получим её эквивалентную передаточную функцию. На данный момент система имеет вид представленный на рис. 6.

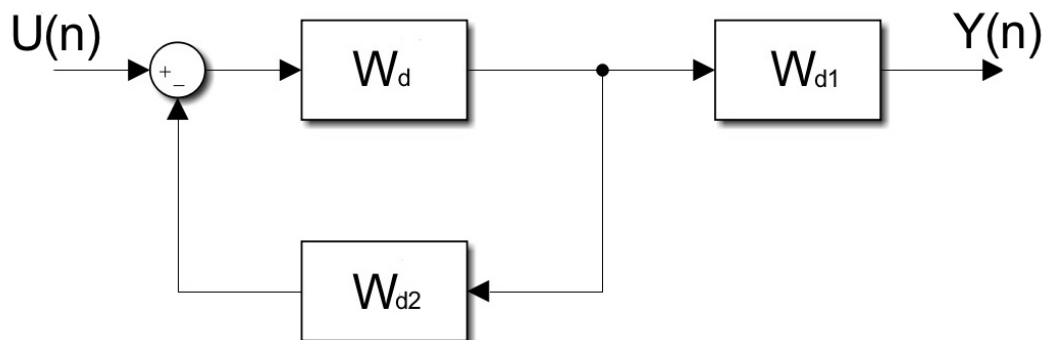


Рисунок 6 – Исходная система в дискретном представлении

Несложно видеть что звенья W_d и W_{d2} образуют типовое соединение с обратной отрицательной связью. Эквивалентная передаточная функция такого соединения будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 W_{d02} &= \frac{W_d}{1 + W_d W_{d2}} = \\
 &= \frac{5z + 3}{4z^2 + 9z + 7} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{5z + 3}{4z^2 + 9z + 7} \right) \left(\frac{0.11502z^2 + 0.051144z - 0.046202}{z^3 - 1.0669z^2 + 1.0036z - 0.32628} \right)} = \\
 &= \frac{5z^4 - 2.3345z^3 + 1.8175z^2 + 1.3795z - 0.97884}{4z^5 + 4.7324z^4 + 1.9876z^3 + 0.86016z^2 + 4.0114z - 2.4226}
 \end{aligned}$$

Структурная схема после такого преобразования примет вид представленный на рис. 7.



Рисунок 7 – Схема после преобразования

Звенья W_{d02} и W_{d1} образуют типовое последовательное соединение. Эквивалентная передаточная функция такого соединения и всей системы в целом будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 W_{sys} &= W_{d02} W_{d1} = \\
 &= \frac{5z^4 - 2.3345z^3 + 1.8175z^2 + 1.3795z - 0.97884}{4z^5 + 4.7324z^4 + 1.9876z^3 + 0.86016z^2 + 4.0114z - 2.4226} \cdot \\
 &\quad \cdot \frac{0.23553z - 0.090296}{z^2 - 0.61756z + 0.72615} = \\
 &= \frac{0.29441z^2 + 0.063774z - 0.067722}{z^4 + 1.6324z^3 + 1.2304z^2 + 0.7679z + 1.3479} \quad (18)
 \end{aligned}$$

4 Моделирование динамики дискретной системы

На рис. 8 приведена модель исследуемой системы реализованная в пакете Simulink. Здесь блок "Discret system" моделирует динамику эквивалентной дискретной системы, а блоки: "Wd", "Wou", "Wos" - моделируют динамику изначальной дискретно-непрерывной системы.

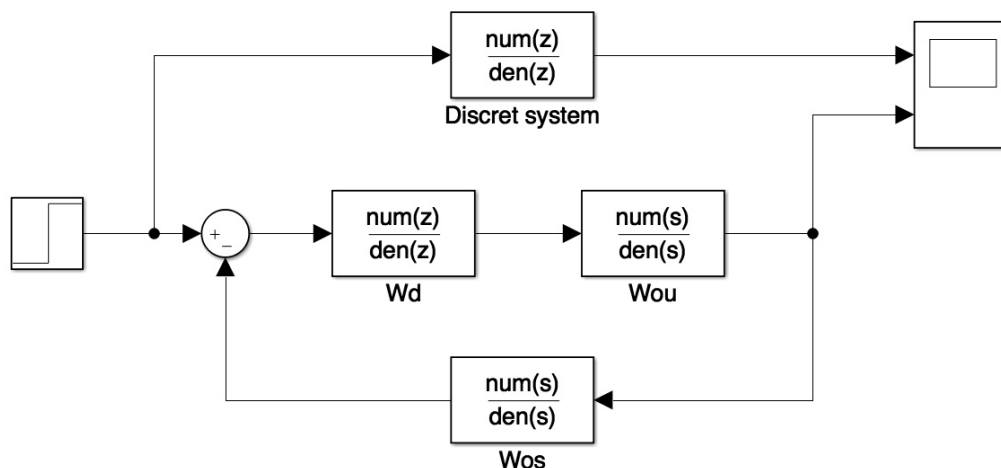


Рисунок 8 – Структурная схема системы в пакете Simulink

На рис. 9 представлена динамика дискретной и дискретно-непрерывной систем в ответ на ступенчатое воздействие. Не сложно видеть, что в дискретные отсчеты времени значение выходного сигнала дискретно-непрерывной системы (пунктирная кривая) совпадает со значением выходного сигнала дискретной системы (сплошная кривая). Этот факт подтверждает корректность проведения процедуры дискретизации.

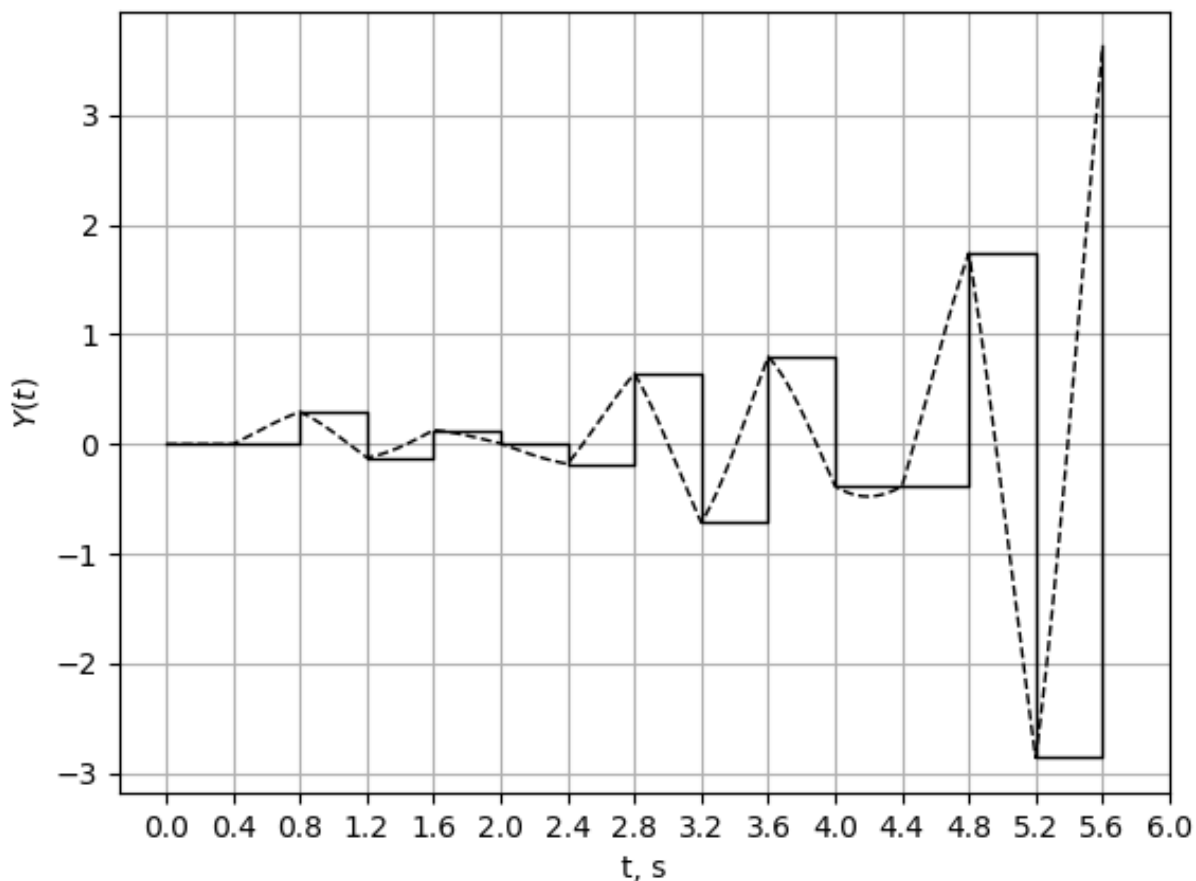


Рисунок 9 – Реакция системы на ступенчатое воздействие

5 Исследование устойчивости

5.1 Необходимый критерий устойчивости

Для оценки устойчивости системы (18) по корневому принципу необходимо выписать характеристический полином дискретной системы:

$$A(z) = z^4 + 1.6324z^3 + 1.2304z^2 + 0.7679z + 1.3479. \quad (19)$$

Для того чтобы системы была устойчива необходимо чтобы выполнялись следующие условия:

$$a_0 > 0$$

$$A(1) > 0$$

$$(-1)^n A(-1) > 0$$

Проверим необходимое условие устойчивости. В данном случае:

$$a_0 = 1 > 0$$

$$1 + 1.6324 + 1.2304 + 0.7679 + 1.3479 = 5.9786 > 0$$

$$(1 - 1.6324 + 1.2304 - 0.7679 + 1.3479)(-1)^4 = 1.178 > 0$$

Необходимое условие устойчивости выполняется. Следовательно, система может быть устойчивой.

5.2 Корневой критерий устойчивости

Согласно формулировке корневого критерия устойчивости, для того чтобы линейная дискретная динамическая система была асимптотически устойчива необходимо и достаточно чтобы модули корней характеристического полинома были меньше единицы. Определим корни характеристического полинома (19):

$$z_1 = -1.103 + 0.698j$$

$$z_2 = -1.103 - 0.698j$$

$$z_3 = 0.287 + 0.842j$$

$$z_4 = 0.287 - 0.842j$$

Модули найденных корней:

$$|z_1| = \sqrt{(-1.103)^2 + (0.698)^2} = 1.305$$

$$|z_2| = \sqrt{(-1.103)^2 + (-0.698)^2} = 1.305$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 15.03.04.10000000.000 КР | Лист |
| | | | | | | 13 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

$$|z_3| = \sqrt{(0.287)^2 + (0.842)^2} = 0.889$$

$$|z_4| = \sqrt{(0.287)^2 + (-0.842)^2} = 0.889$$

Корневой критерий устойчивости не выполняется. Следовательно, система не устойчива.

Заключение

В ходе выполнения работы получена дискретно-непрерывная модель исследуемой системы. Произведена дискретизация системы по времени с периодом $t_s = 0.4$ с и получена эквивалентная передаточная функция системы:

$$W_{sys}(z) = \frac{0.29441z^2 + 0.063774z - 0.067722}{z^4 + 1.6324z^3 + 1.2304z^2 + 0.7679z + 1.3479}$$

Произведено компьютерное моделирование динамики дискретной и дискретно-непрерывной систем. Установлено равенство выходных сигналов обеих систем в дискретные отсчеты времени, подтверждающее корректность выполненной дискретизации системы. Выполнена оценка устойчивости полученной дискретной модели. Установлено, что согласно корневому критерию исследуемая система не устойчива.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 15.03.04.10000000.000 КР | Лист |
| | | | | | | 14 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |