Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Факультет систем управления и робототехники

Отчёт по лабораторной работе №4
«Дискретные регуляторы с заданными характеристиками переходных процессов»
по дисциплине
«Дискретные системы управления»
Вариант 9

Выполнили: студенты потока 1.2

Дюжев В. Д.
Лалаянц К. А.

Преподаватель:

Краснов А.Ю.

Санкт-Петербург
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Цель работы

Изучение различных дискретных алгоритмов управления с заданными характеристиками переходных процессов.

Данные варианта

- T: 0.5
- a: 1.8
- b: 7.7
- ζ: 0.69
- ω_d: 5
- K_ν: 0.1

Основная часть

ОУ имеет вид:

$$G(s) = \frac{e^{-1.8s}}{1 + 7.7s}$$

В дискретном виде с Т = 1с ОУ имеет вид:

$$HG(z) = \frac{1}{z^2}\frac{0.02564z + 09615}{z - 0.8782}$$

Для разомкнутой системы, представляющей из себя последовательно: R – вход; D – регулятор; HG – ОУ + ЭНП; Y – выход. Передаточная функция замкнутой системы имеет вид

$$\frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{D(z)HG(z)}{1 + D(z)HG(z)}$$

Пусть $T_d = \frac{Y(z)}{R(z)}$ – желаемое поведение замкнутой системы, тогда

$$D(z) = \frac{1}{HG(z)}\frac{T_d(z)}{1 - T_d(z)}$$

Апериодический регулятор с Т = 1

Апериодический регулятор – это регулятор, который обеспечивает слежение за ступенчатым входным сигналом, но с задержкой в несколько периодов дискретности, т. е. требуется, чтобы реакция системы была равна единице для каждого интервала дискретности после приложения единичного ступенчатого входного воздействия. В таком случае желаемая передаточная функция замкнутой системы будет иметь вид

$$T_d(z) = z^{-k},$$

где $k \geq 3$. Выберем $k = 3$

$$D(z) = \frac{1}{HG(z)}\frac{z^{-3}}{1 - z^{-3}} = \frac{z^6 - 0.8782z^5}{0.02564z^7 + 0.09615z^6 - 0.02564z^4 - 0.09615z^3}$$

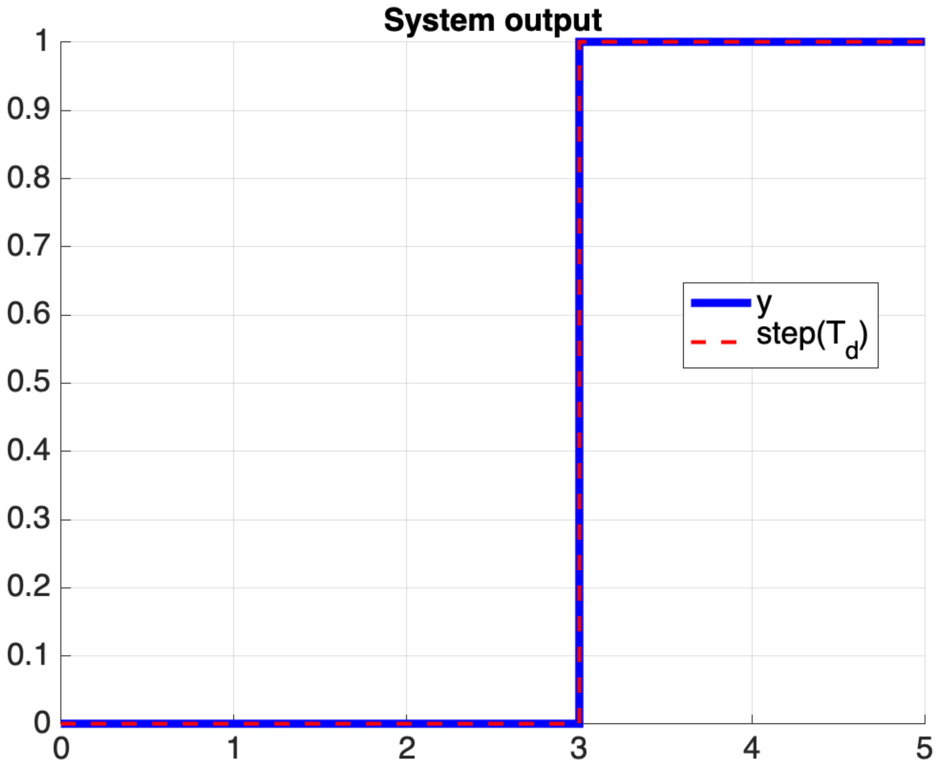

Рис. 1. График выхода объекта при использовании апериодического регулятора.

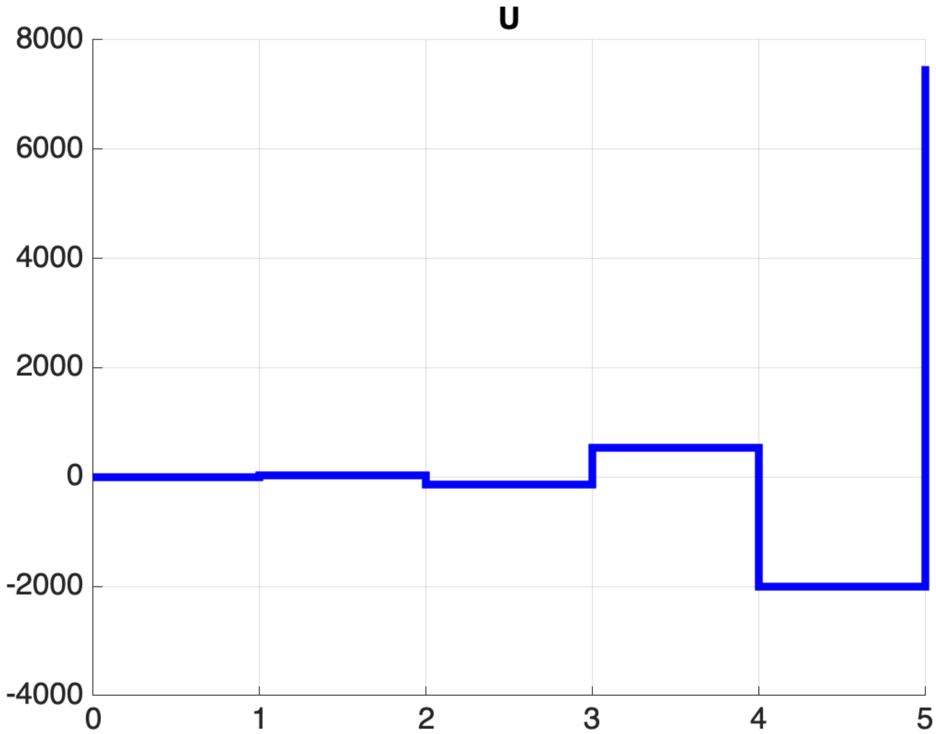

Рис. 2. График выхода апериодического регулятора.

Как видно на рисунках 1-2, желаемое поведение объекта совпадает с действительным.

График входного воздействия возрастает, вероятно из-за собственного числа -3.75 у регулятора вместе с ненулевой матрицей D у объекта. Засчет этого u возрастает как степенная функция и прокидывается напрямую в выход, что делает систему неустойчивой спустя какое-то время.

Регулятор Далина с T = 1

Регулятор Далина представляет собой модификацию апериодического регулятора и обеспечивает более плавный экспоненциальный отклик, чем у последнего.

$$T_d(z) = \frac{1}{z^k}\frac{1 - e^{-T/q}}{z - e^{-T/q}}$$

При $q = 5$, $k = 3$

$$D(z) = \frac{0.63z^7 - 0.78z^6 + 0.20z^5}{0.025z^9 + 0.077z^8 - 0.067z^7 + 0.013z^6 - 0.016z^5 - 0.054z^4 + 0.022z^3}$$

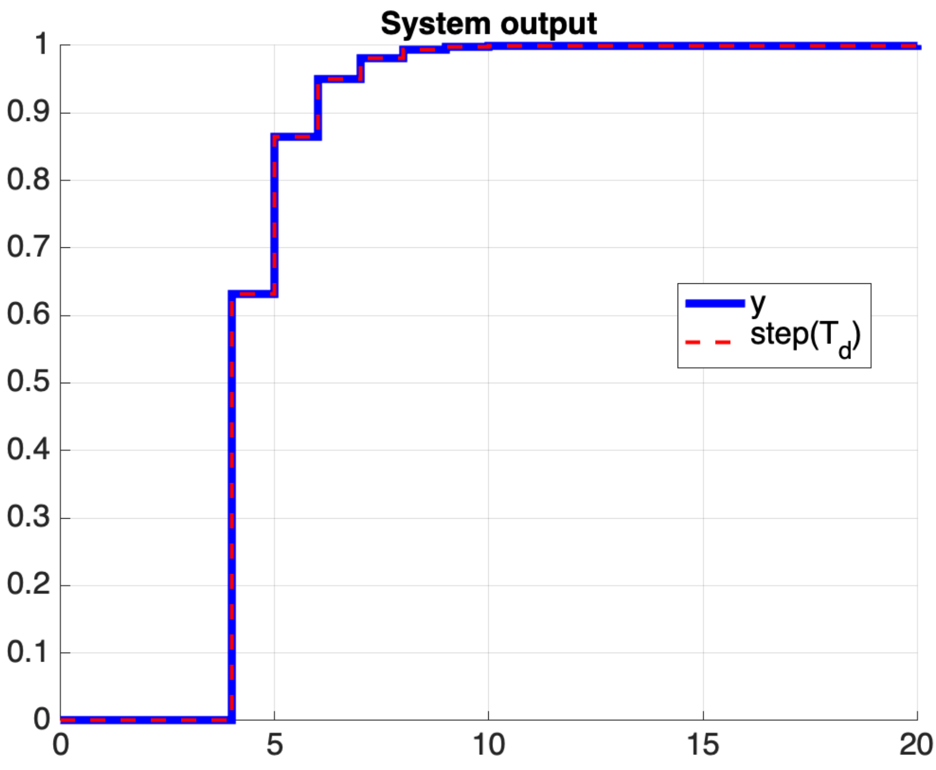

Рис. 3. График выхода объекта при использовании регулятора Далина.

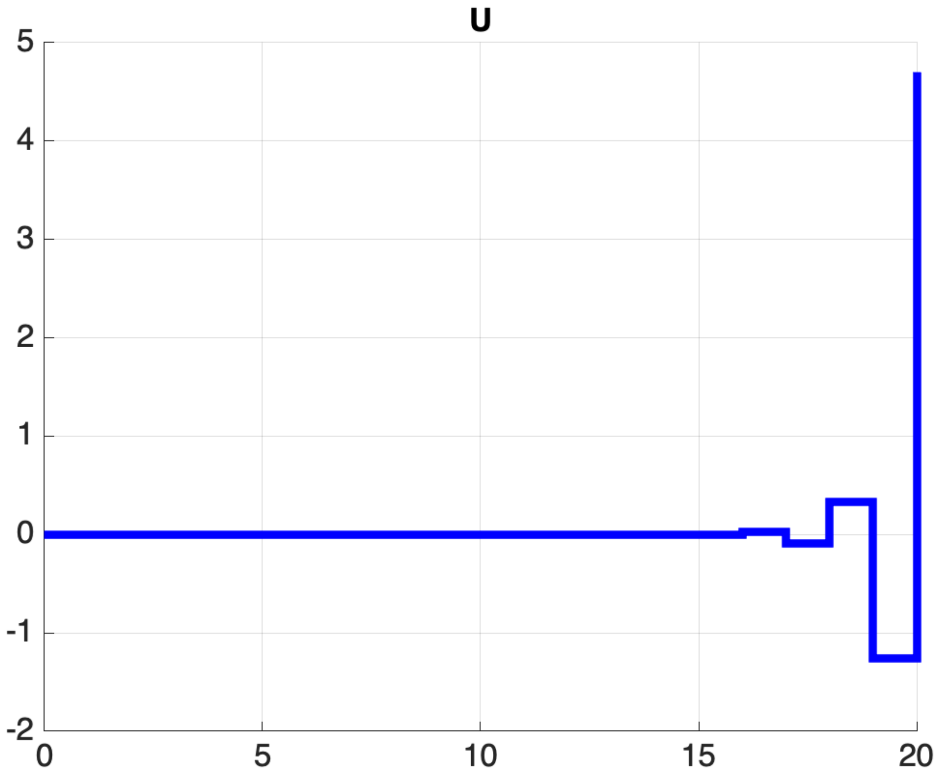

Рис. 4. График выхода регулятора Далина.

Как видно на рисунках 3-4, желаемое поведение объекта совпадает с действительным. Причины, по которым управление стремится в бесконечность те же, что и в прошлом случае.

Регулятор с заданным расположением полюсов

$$HG(z) = \frac{0.03z + 0.03 * 0.75}{z^2 - 1.5z + 0.5}$$

Задача состоит в том, чтобы разработать дискретный регулятор такой, чтобы замкнутая система имела колебательный отклик с декрементом затухания $\zeta = 0.69$ и частотой колебаний $\omega_d = 5$. Установившаяся ошибка для ступенчатого входа должна быть равна нулю, а установившаяся ошибка для линейно нарастающего входа должна быть $K_\nu = 0.1$ при периоде дискретизации $T = 0.5c$.

Исходя из требований к отклику замкнутой системы, определим полюса передаточной функции:

$$z_{1,2} = exp(-\zeta\omega_d T \pm j\omega_d T\sqrt{1-\zeta^2})$$

Требуемые полюса примут значения:

$$z_{1,2} = -0.0421 \pm 0.1731j$$

Желаемая передаточная функция замкнутой системы будет иметь вид

$$T(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots}{(z^{-1} + 0.0421 + 0.1731j)(z^{-1} + 0.0421 - 0.1731j)}$$

Из соображений физической реализуемости, $b_0 = 0$ и лишь коэффициенты b_1 и b_1 будут ненулевыми

$$T(z) = \frac{b_1 z + b_2}{z^2 + 0.0842z + 0.03173602}$$

Установившаяся ошибка примет нулевое значение при $T(1) = 1$.

$$b_1 + b_2 = 1.11593602$$

Пусть $K_\nu = 0.1$

$$\left.\frac{dT}{dt}\right|_{z=1} = \frac{b_1(z^2 + 0.0842z + 0.03173602) - (b_1 z + b_2)(2z + 0.0842)}{(z^2 + 0.0842z + 0.03173602)^2} = -\frac{1}{K_v T} = -20$$

Итого получается система:

$$\begin{cases} b_1 + b_2 = 1.11593602 \\ 2.569743915111729 b_1 + 1.673635193758888 b_2 = -20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} b_1 = -24.4029204000002 \\ b_2 = 25.5188564200002 \end{cases}$$

$$C(z) = \frac{-24.4z^5 + 60.07z^4 - 46.02z^3 + 10.48z^2 - 0.5277z + 0.4049}{0.03z^5 + 0.7596z^4 - 0.149z^3 - 0.5674z^2 - 0.05507z - 0.0182}$$

Как видно на рисунках 5-6, желаемое поведение объекта совпадает с действительным.

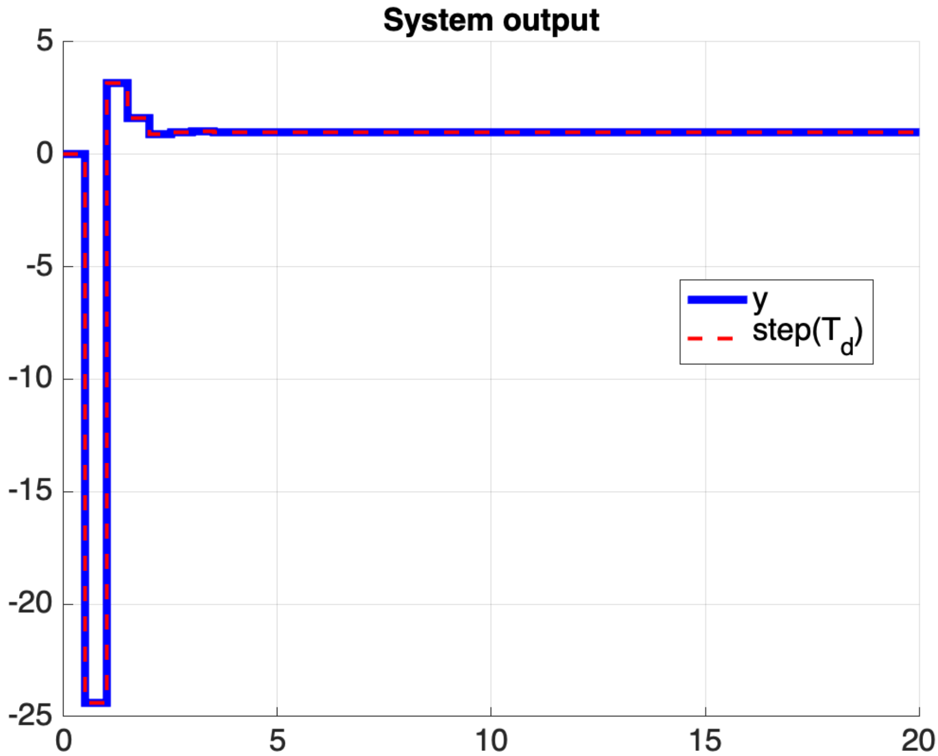

Рис. 5. График выхода объекта при использовании регулятора с заданным расположением полюсов.

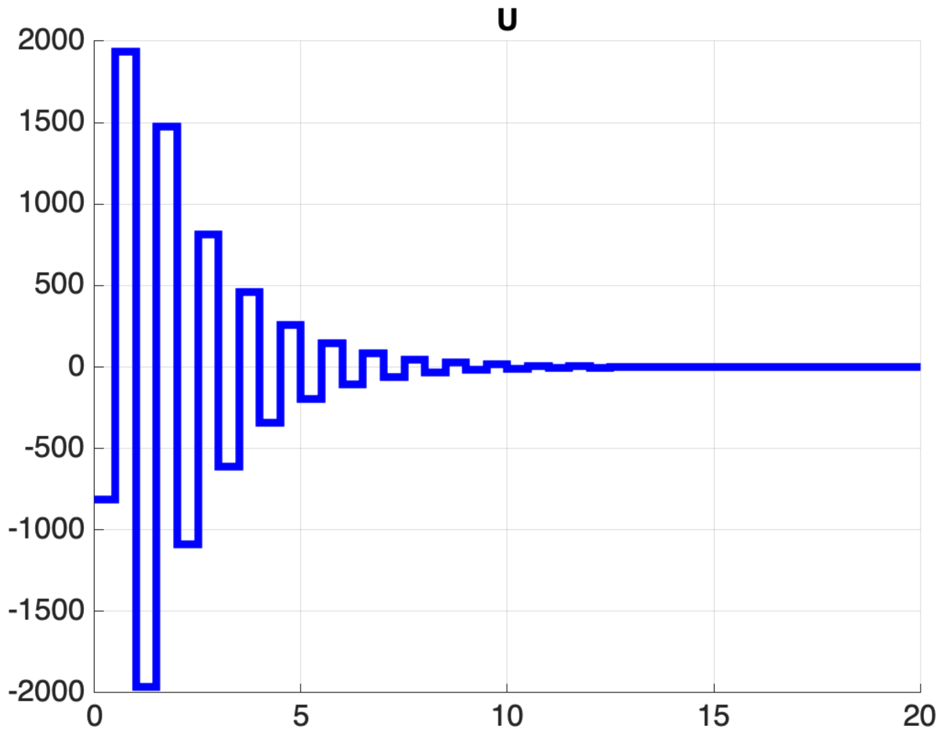

Рис. 6. График выхода регулятора с заданным расположением полюсов.

Выводы

В ходе выполнения работы ознакомились с методами синтеза классических регуляторов для дискретных систем. Теоретические выкладки, сделанные в соответствующей секции были подтверждены во время про ведения экспериментов, что можно наблюдать на графиках моделирования.