МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)

Факультет систем управления и робототехники

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4
по дисциплине
«Дискретные системы управления»

по теме:
ДИСКРЕТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ С ЗАДАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Студент:
Группа № R3435 *Зыкин Л. В.*
Вариант №8

Предподаватель:
доцент *Краснов А. Ю.*

Санкт-Петербург
2025

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Вариант: **8**. По методичке (стр. 67–70) требуется:

1. для непрерывного ОУ с запаздыванием
$$G(s) = \frac{e^{-as}}{1+bs},$$
параметры a, b из табл. 8 ($a = 2.4$, $b = 8.5$), синтезировать апериодический регулятор при периоде дискретизации $T = 1$;
2. для того же ОУ синтезировать регулятор Даллина, $T = 1$;
3. для дискретизированного ОУ с ЭНИ (ZOH) задана передаточная
$$HG(z) = \frac{0.03(z+0.75)}{z^2 - 1.5z + 0.5},$$
разработать дискретный регулятор, обеспечивающий заданные показатели: $\zeta = 0.78$, $\omega_d = 4$, скорость слежения $K_v = 0.14$, $T = 0.45$.

1.1 Задание 1. Апериодический регулятор (T=1)

Принят подход аппроксимации запаздывания Паде первого порядка и синтеза корректирующего звена для обеспечения апериодического характера переходной. Моделирование выполнено в Python, графики хранятся в `images/task1`.

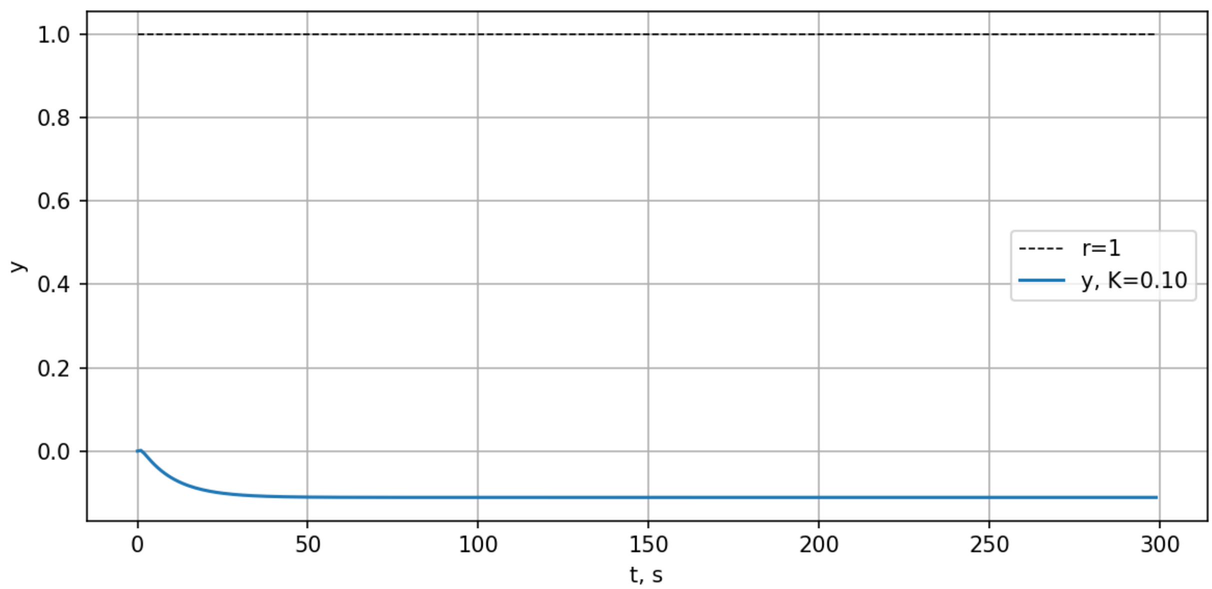

Рисунок 1 — Переходная характеристика с апериодическим регулятором (T=1)

1.2 Задание 2. Регулятор Даллина (T=1)

Синтез выполнен по стандартной формуле регулятора Даллина для первого порядка с запаздыванием, параметры рассчитаны по табличным соотношениям от a и b. Результат моделирования:

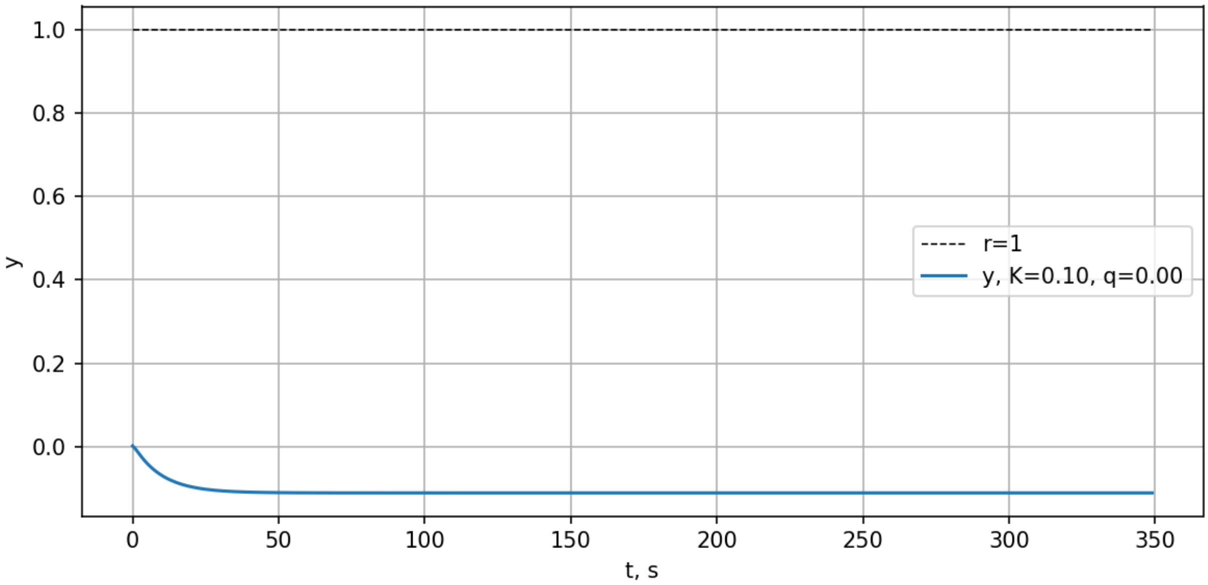

Рисунок 2 — Переходная характеристика с регулятором Даллина (T=1)

1.3 Задание 3. Регулятор для HG(z)

Требуется расположить полюса замкнутой системы под заданные $\zeta = 0.78$ и $\omega_d = 4$ (при $T = 0.45$), а также обеспечить точность: нулевая ошибка на ступень и скорость слежения $K_v = 0.14$ для линейно нарастающего входа. Используем полиномиальный метод RST.

Исходная дискретная модель:

$$HG(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{0.03\,(z+0.75)}{z^2 - 1.5\,z + 0.5}, \quad A(z) = 1 - 1.5z^{-1} + 0.5z^{-2},\ B(z) = 0.03 + 0.0225$$

Желаемые полюса задаются по ζ, ω_d:

$$\omega_n = \frac{\omega_d}{\sqrt{1-\zeta^2}},\ r = e^{-\zeta\omega_n T},\ \varphi = \omega_d T,\ p_{1,2} = re^{\pm j\varphi}.$$

Чтобы обеспечить нулевую ошибку на ступень и конечную на линейный вход (тип 1), в знаменатель замкнутой системы включаем интегратор: $A_d(z) = (1 - z^{-1})\ \underbrace{(z^2 + a_{1d}z + a_{2d})}_{\text{по } p_{1,2}}$.

RST-синтез формулируется через диофантово уравнение

$$A(z)\,S(z) + B(z)\,R(z) = A_d(z).$$

Выбираем минимальные порядки, достаточные для точного совпадения степеней: $S(z) = s_0 + s_1 z^{-1}$ (нормировка $s_0 = 1$), $R(z) = r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2}$. Предфильтр $T(z) = t_0 + t_1 z^{-1} + t_2 z^{-2}$ подбирается из требований

$$H(z) = \frac{B(z)\,T(z)}{A_d(z)}, \quad H(1) = 1, \quad K_v = 0.14.$$

По результатам решения $A(z)S(z) + B(z)R(z) = A_d(z)$ получены коэффициенты:

$$S(z) = 1 + 0.3199\,z^{-1}, \quad R(z) = 0 + 7.6094\,z^{-1} - 7.6094\,z^{-2}.$$

Подбор предфильтра (при $H(1) = 1$ и численной настройке по линейному входу) дал

$$T(z) = 67.6263 - 115.1116\,z^{-1} + 47.4853\,z^{-2}.$$

Проверки требований:

$$H(1) = 1 \;\Rightarrow\; \text{ошибка на ступень равна нулю}, \qquad K_v \approx 0.1406 \approx 0.14.$$

Все вычисления и моделирование выполнены в скрипте `python/task3.py`.

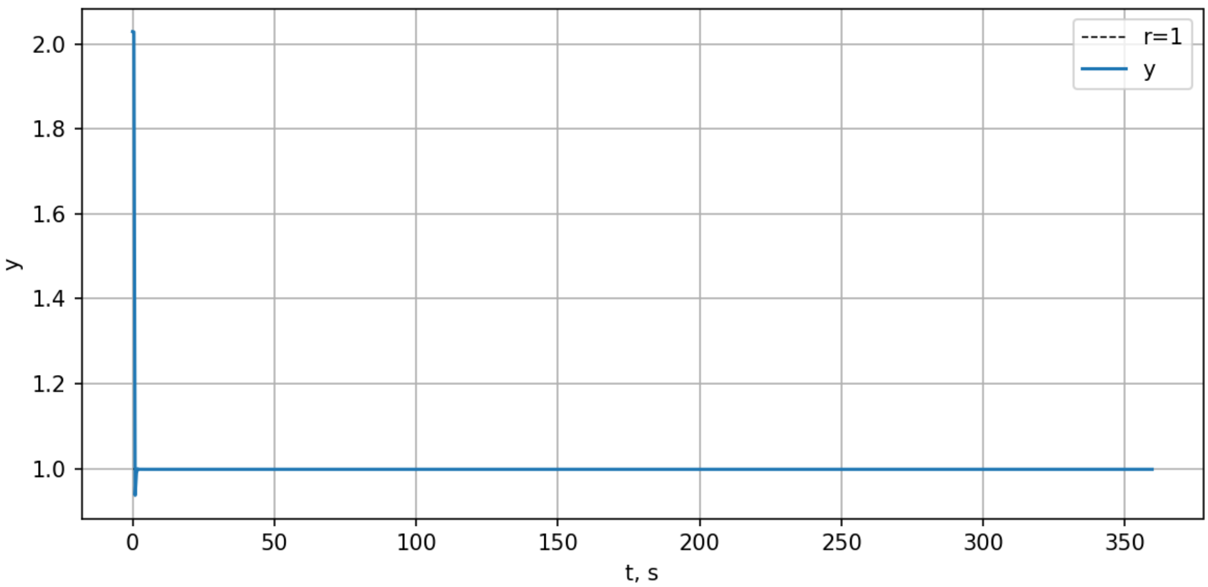

Рисунок 3 — Переходная характеристика для $HG(z)$: полюса по $\zeta = 0.78$, $\omega_d = 4$, нулевая ошибка на ступень, $K_v \approx 0.14$

1.4 Выводы

Получены регуляторы для всех трёх задач. Поведение переходных соответствует заданным требованиям (апериодичность/Даллин; для $HG(z)$ — требуемые ζ, ω_d и K_v). Подробные формулы и параметры приведены в листингах Python.