МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4
по дисциплине
«ДИСКРЕТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»
на тему
«АПЕРИОДИЧЕСКИЙ, ДАЛИНА И С ЗАДАННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПОЛЮСОВ РЕГУЛЯТОРЫ»
Вариант 20

Выполнил: студент гр. R3441
Румянцев А. А.

Проверил: преподаватель
Краснов А. Ю.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

1. Исходные данные

Исходные данные варианта 20:

T	a	b	ζ	ω_d	K_v
0.55	1.1	10	0.35	4	0.1

2. Выполнение работы

ОУ задан непрерывной передаточной функцией

$$G(s) = \frac{e^{-as}}{1+bs} = \frac{e^{-1.1s}}{1+10s}$$

2.1. Апериодический регулятор

Синтезируем для непрерывного ОУ апериодический регулятор при периоде дискретизации $T = 1$.

Желаемая передаточная функция системы:

$$T(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = z^{-k},\ k \geq 1$$

Замкнутая система:

$$T(z) = \frac{D(z)G(z)H}{1 + D(z)G(z)H}$$

Передаточная функция регулятора:

$$D(z) = \frac{1}{HG(z)} \frac{T(z)}{1 - T(z)} = \frac{1}{HG(z)} \frac{z^{-k}}{1 - z^{-k}}$$

Экспонента e^{-as} описывает задержку в непрерывной системе.

При дискретизации представляем задержку через z^{-n_d}, где:

$$n_d = \frac{a}{T}$$

Если n_d целое, то задержка точная в дискретной модели.

Если n_d дробное, то округляем задержку до ближайшего целого.

Таким образом,

$$n_d = \frac{1.1}{1} = 1.1 \Rightarrow n_d \sim 1 \Rightarrow e^{-1.1s} \sim e^{-s} \Rightarrow Z\left\{e^{-1.1s}\right\} \sim Z\left\{e^{-s}\right\} = z^{-1}$$

Дискретная передаточная функция ОУ с ЭНП:

$$\begin{aligned}
HG(z) &= Z\left\{\frac{1-e^{-sT}}{s}G(s)\right\} = \left(1-z^{-1}\right)Z\left\{\frac{e^{-1.1s}}{s\left(1+10s\right)}\right\} = \\
&= \left(1-z^{-1}\right)z^{-1}Z\left\{\frac{1}{s\left(1+10s\right)}\right\} = \left(1-z^{-1}\right)z^{-1}Z\left\{\frac{0.1}{s\left(s+0.1\right)}\right\} = \\
&= \left(1-z^{-1}\right)z^{-1}\frac{z\left(1-e^{-0.1}\right)}{\left(z-1\right)\left(z-e^{-0.1}\right)} = z^{-2}\frac{1-e^{-0.1}}{1-e^{-0.1}z^{-1}} = \frac{0.095z^{-2}}{1-0.905z^{-1}} = \\
&= \frac{0.095}{z^2-0.905z}
\end{aligned}$$

Подставим в передаточную функцию регулятора:

$$D(z) = \frac{1-0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}}\frac{z^{-k}}{1-z^{-k}}$$

Из условия физической реализуемости выберем $k \geq 2$, тогда:

$$D(z) = \frac{1-0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}}\frac{z^{-2}}{1-z^{-2}} = \frac{z^2-0.905z}{0.095\left(z^2-1\right)}$$

Модель системы в симулинк:

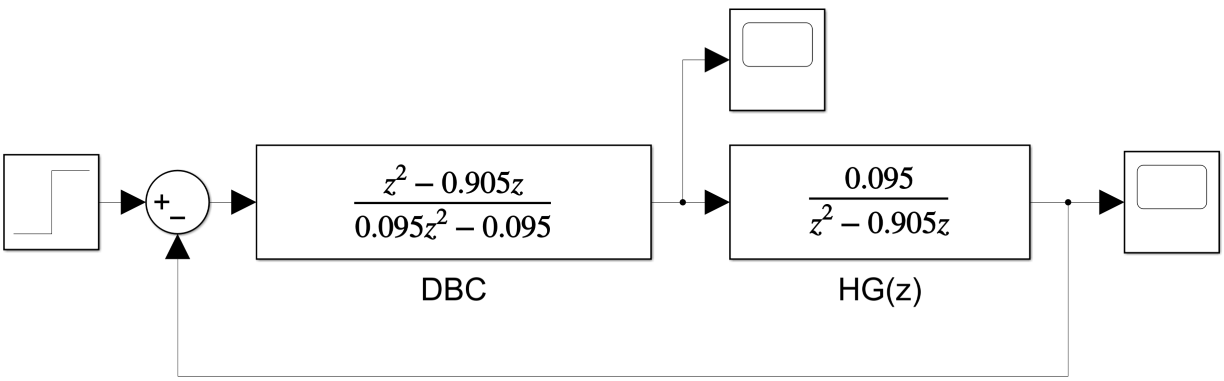

Рис. 1: Схема моделирования системы с апериодическим регулятором

Графики управления и выхода системы при ступенчатом задающем воздействии с начальным значением 0, конечным 1, время шага 3; $T = 1$:

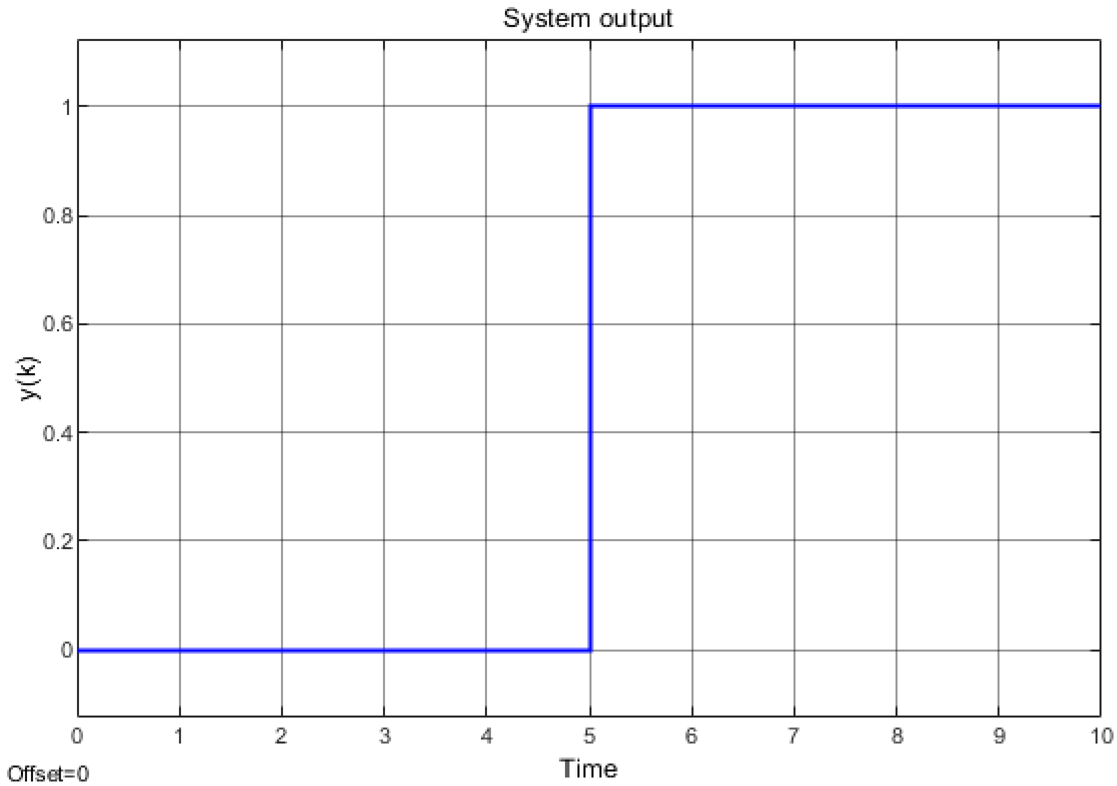

Рис. 2: Выход системы с апериодическим регулятором

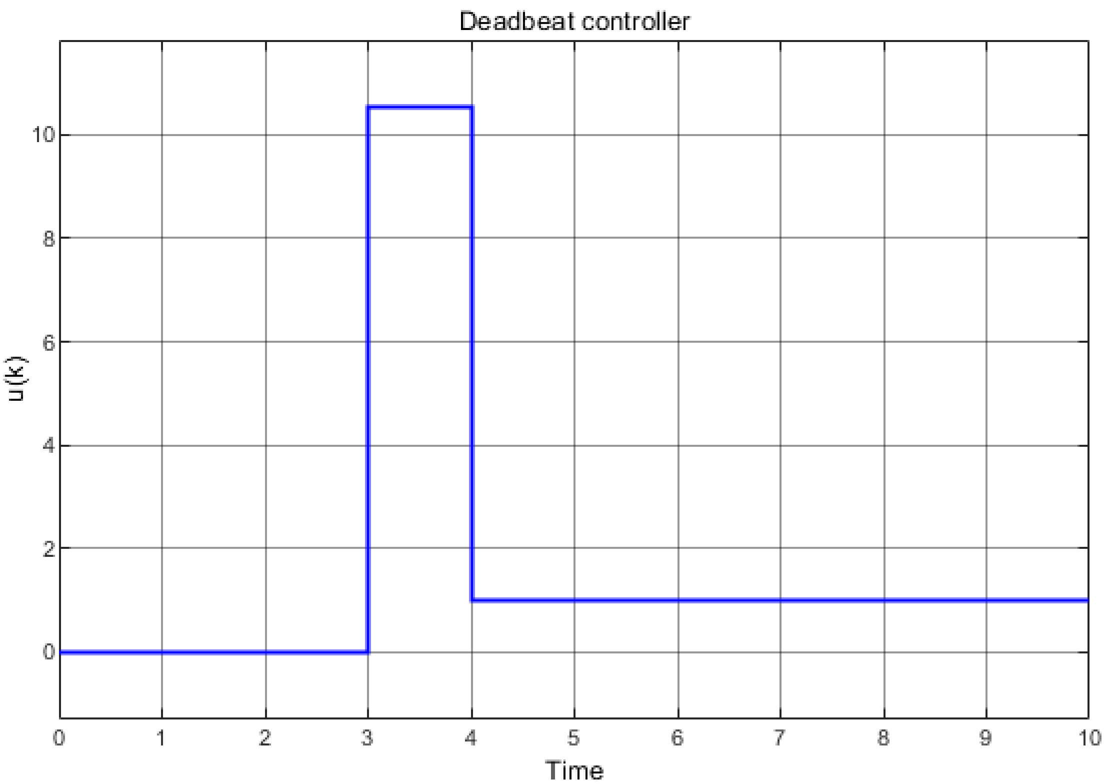

Рис. 3: Апериодический регулятор

2.2. Регулятор Далина

Синтезируем для непрерывного ОУ регулятор Далина при периоде дискретизации $T = 1$.

Регулятор Далина – модификация апериодического регулятора, имеющая более плавный экспоненциальный отклик.

Желаемое поведение системы в s-плоскости:

$$Y(s) = \frac{1}{s}\frac{e^{-as}}{1+bs} = \frac{1}{s}\frac{e^{-1.1s}}{1+10s}$$

Параметры a, b определяют численные параметры желаемого поведения выходной величины.

Z-преобразование желаемой реакции системы при $a = kT$:

$$Y(z) = \frac{z^{-k-1}\left(1-e^{-T/b}\right)}{\left(1-z^{-1}\right)\left(1-e^{-T/b}z^{-1}\right)}$$

Желаемая передаточная функция замкнутой системы:

$$T(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{z^{-k-1}\left(1-e^{-T/b}\right)\left(1-z^{-1}\right)}{\left(1-z^{-1}\right)\left(1-e^{-T/b}z^{-1}\right)} = \frac{z^{-k-1}\left(1-e^{-T/b}\right)}{1-e^{-T/b}z^{-1}}$$

Передаточная функция регулятора:

$$D(z) = \frac{1}{HG(z)}\frac{z^{-k-1}\left(1-e^{-T/b}\right)}{1-e^{-T/b}z^{-1}-\left(1-e^{-T/b}\right)z^{-k-1}}$$

Передаточная функция ОУ с ЭНП выражается аналогично пункту с апериодическим регулятором:

$$e^{-1.1s} \sim e^{-s},\ HG(z) = Z\left\{\frac{1-e^{-sT}}{s}G(s)\right\} = \frac{0.095z^{-2}}{1-0.905z^{-1}} = \frac{0.095}{z^2-0.905z}$$

Передаточная функция регулятора:

$$D(z) = \frac{1-0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}}\frac{z^{-k-1}\left(1-e^{-0.1}\right)}{1-e^{-0.1}z^{-1}-\left(1-e^{-0.1}\right)z^{-k-1}} =$$
$$= \frac{1-0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}}\frac{0.095z^{-k-1}}{1-0.905z^{-1}-0.095z^{-k-1}}$$

С учетом требования физической реализуемости положим $k = 1$:

$$D(z) = \frac{1 - 0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}} \frac{0.095z^{-2}}{1 - 0.905z^{-1} - 0.095z^{-2}} =$$
$$= \frac{1 - 0.905z^{-1}}{1 - 0.905z^{-1} - 0.095z^{-2}} = \frac{0.095z^{2} - 0.086z}{0.095z^{2} - 0.086z - 0.009}$$

Схема моделирования замкнутой системы с дискретизированным ОУ и регулятором:

3. Вывод

...