Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет систем управления и робототехники

Лабораторная работа № 4

"Точностные свойства системы, астатизмы и регуляторы"

по дисциплине Линенйные системы автоматического управления

Студент: гр. **R3338**

Нечаева А. А.

Преподаватель: *Перегудин Алексей Алексеевич*

Санкт-Петербург
2024

1 Задание. Задача стабилизации с идеальным дифференцирующим звеном

Рассмотрим объект управления 2-го порядка, заданный дифференциальным уравнением

$$a_2\ddot{y} + a_1\dot{y} + a_0 y = u \tag{1}$$

1.1 Моделирование свободного движения разомкнутой системы

Придумаем такие коэффициенты a_i, чтобы содержался хотя бы один неустойчивый полюс. Неустойчивый полюс, следовательно, требуется, чтобы действительная часть хотя бы одного из корней характеристического уравнения была положительной.

Запишем передаточную функцию системы

$$W(p) = \frac{\frac{1}{a_2}}{p^2 + \frac{a_1}{a_2}p + \frac{a_0}{a_2}} \tag{2}$$

Заметим, что при $a_2 = 1$, $a_1 = -4$, $a_0 = -5$, корни $\lambda_1 = -1$, $\lambda_2 = 5$. Действительная часть второго корня положительна, следовательно, полюс неустойчивый.

Запишем уравнение системы с учетом подобранных коэффициентов:

$$\ddot{y} - 4\dot{y} - 5y = u \tag{3}$$

Преобразования для построения схемы в *Simulink*:

перепишем с применением оператора дифференцирования и выразим выходной сигнал y

$$\begin{aligned} &p^2[y] - 4p[y] - 5y = u \Leftrightarrow p^2[y] = 4p[y] + 5y + u \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow y = \frac{1}{p^2}\left[4p[y] + 5y + u\right] = 4\frac{1}{p}[y] + 5\frac{1}{p^2}[y] + \frac{1}{p^2}[u] \end{aligned} \tag{4}$$

Получили выражение, записанное с помощью оператора интегрирования. Схема, построеная для моделирования системы, приведена на рисунке 1.

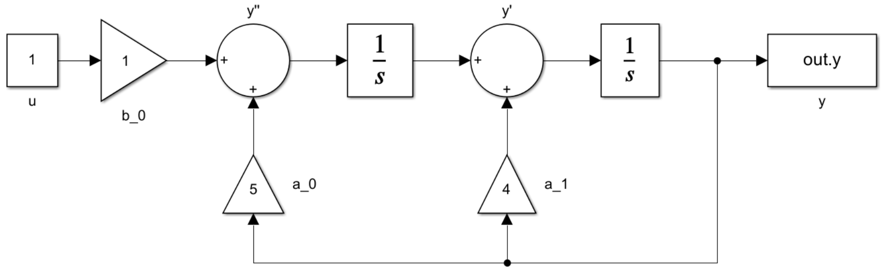

Рис. 1. Схема системы, построенная в Simulink.

Зададимся ненулевыми начальными условиями $y(0) = 1$, $\dot{y}(0) = 1$ и выполним моделирование свободного движения разомкнутой системы $y_{\text{раз}}$.

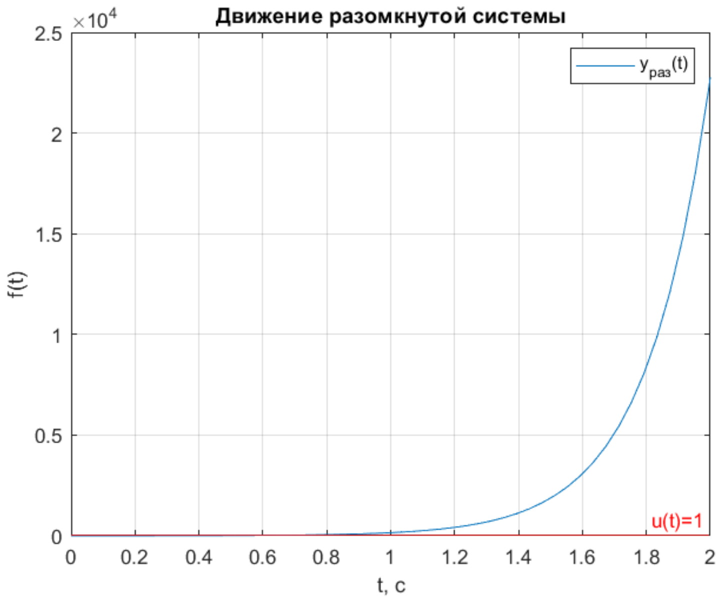

Рис. 2. Результат моделирования разомкнутой системы.

1.2 Моделирование замкнутой системы с использованием регулятора

Рассмотрим регулятор вида

$$u = k_0 y + k_1 \dot{y} \tag{5}$$

и построим структурную схему замкнутой системы, состоящей из объекта управления и регулятора, в режиме стабилизации (рисунок 3).

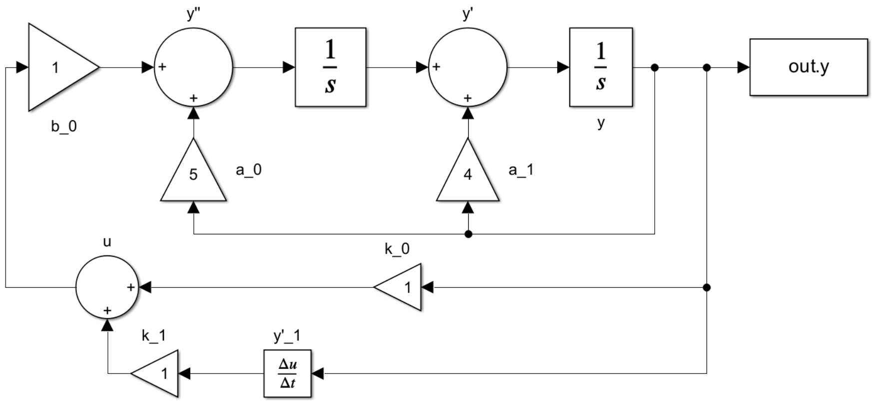

Рис. 3. Схема замкнутой системы, построенная в Simulink.

Определим значения k_i, при которых замкнутая система будет устойчивой.

$$\ddot{y} - 4\dot{y} - 5y = k_0 y + k_1 \dot{y} \Leftrightarrow \ddot{y} - (4 + k_1)\,\dot{y} - (5 + k_0)\,y = 0 \tag{6}$$

Для системы 2-го порядка с характеристическим полиномом вида $D(\lambda) = \lambda^2 + a_1\lambda + a_0$, согласно критерию Гурвица, необходимым и достаточным условием устойчивости является $a_i > 0$.

$$\begin{cases} -(4 + k_1) > 0 \\ -(5 + k_0) > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 4 + k_1 < 0 \\ 5 + k_0 < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k_1 < -4 \\ k_0 < -5 \end{cases} \tag{7}$$

Зададимся значениями параметров $k_0 = -12$, $k_1 = -10$, обеспечивающим асимптотически устойчивую замкнутую систему, и выполним моделирование движения замкнутой системы $y_{\text{зам}}$ с начальными, выбранными в рамках предыдущего моделирования.

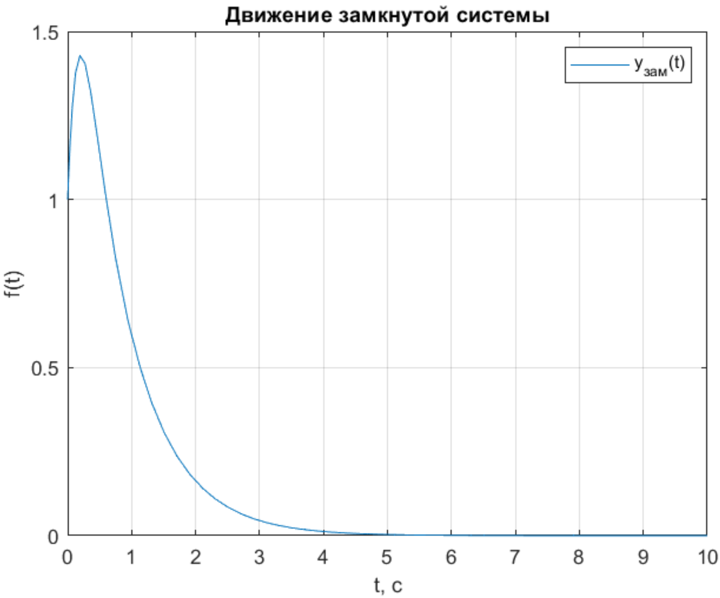

Рис. 4. Результат моделирования замкнутой системы.

1.3 Выводы

В ходе выполнения задания удалось стабилизировать движение системы с помощью ПД-регулятора. График движения разомкнутой системы (рисунок 2) стремительно уходил к бесконечности с течением времени. После замыкания системы с помощью ПД-регулятора в режиме стабилизации и подбора его коэффициентов для обеспечения устойчивости системы было проведено повторное моделирование движения системы с теми же начальными условиями. В результате график движения системы стремится к нулю. Обеспечена асимптотическая устойчивость системы.