



Московский государственный технический университет
Факультет ИУ «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ-1 «Системы автоматического управления»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

«ПИД-регуляторы»

по дисциплине

«Основы теории управления»

Выполнили: Мочульский С.А.

Мочульский С.А.

Группа: ПС4-62

Проверил:

Работа выполнена: 01/03/2025

Отчет сдан:

Оценка:

Цель работы

Исследование методов построения систем регулирования с использованием ПИД-регулятора, оценка влияния коэффициента ПИД-регуляторов на динамику системы.

Общий порядок выполнения лабораторной работы

1. Создание в Simulink схемы моделирования непрерывной системы с ПИД-регулятором.
2. Исследовать влияние коэффициентов ПИД-регуляторов на характеристики качества и динамику системы регулирования.

Теоретическая часть

ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор) является одним из наиболее распространенных методов управления динамическими системами. Основная задача ПИД-регулятора — минимизировать ошибку регулирования, то есть разницу между заданным значением (уставкой) и текущим состоянием системы.

Структура ПИД-регулятора

ПИД-регулятор формирует управляющее воздействие на объект управления на основе трех компонентов:

1. **Пропорциональная составляющая (P)** — пропорциональна текущей ошибке регулирования. Увеличивая коэффициент пропорциональности K_p , можно ускорить реакцию системы, но чрезмерное увеличение может привести к перерегулированию и неустойчивости.
2. **Интегральная составляющая (I)** — учитывает накопленную ошибку за время. Коэффициент K_i позволяет устранить статическую ошибку, но слишком большое значение может вызвать колебания и замедлить реакцию системы.
3. **Дифференциальная составляющая (D)** — учитывает скорость изменения ошибки. Коэффициент K_d помогает снизить перерегулирование и улучшить стабильность системы, однако чрезмерное увеличение может привести к усилению шумов.

Управляющее воздействие $u(t)$ ПИД-регулятора описывается уравнением:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

где $e(t)$ — ошибка регулирования.

Моделирование непрерывной системы с ПИД-регулятором

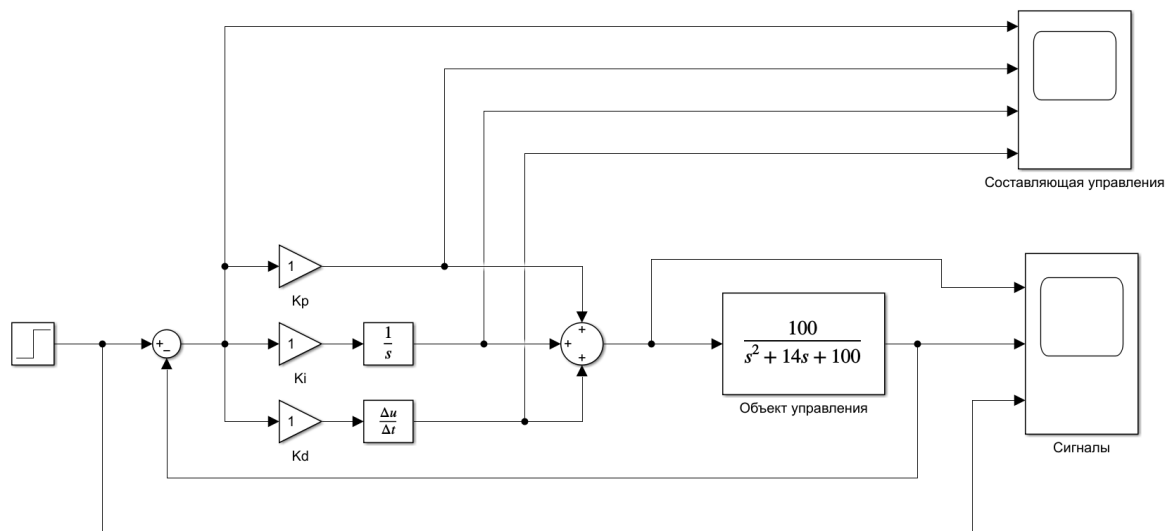


Рисунок 1 ПИД-регулятор в Simulink

На рисунке 2 представлена система построенная в Simulink.

Для проверки работоспособности системы, запустив моделирование, при коэффициентах $K_p = 1$, $K_i = 0$, $K_d = 0$, что по своей сути представляет случай системы регулирования с единичной обратной связью.

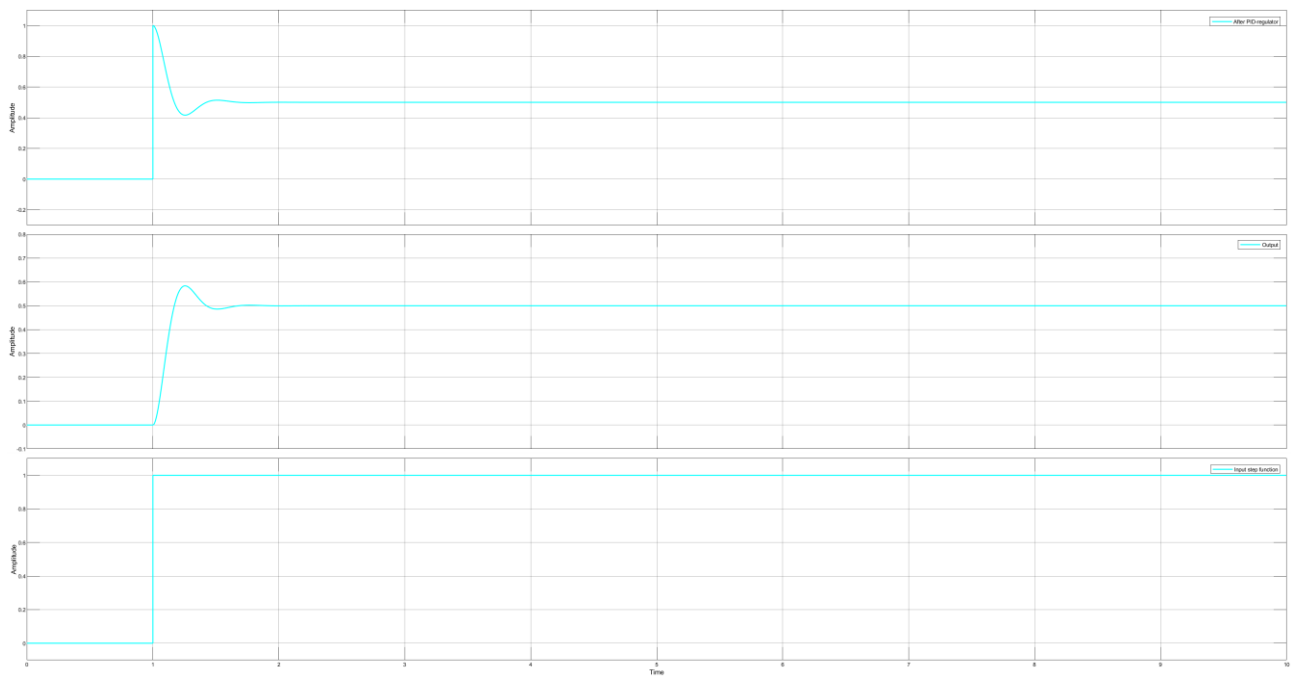


Рисунок 2 Сигналы

На основании анализа графиков на рисунке 3 можно заключить, что система является устойчивой, однако наблюдается перерегулирование и колебательность. Кроме того, присутствует статическая ошибка.

Исследования влияния коэффициентов ПИД-регулятора

На рисунке 4 показаны переходные процессы с разными коэффициентами $K_p = \{0, 1, 5, 10, 10000\}$ и $K_i = 1$, $K_d = 1$.

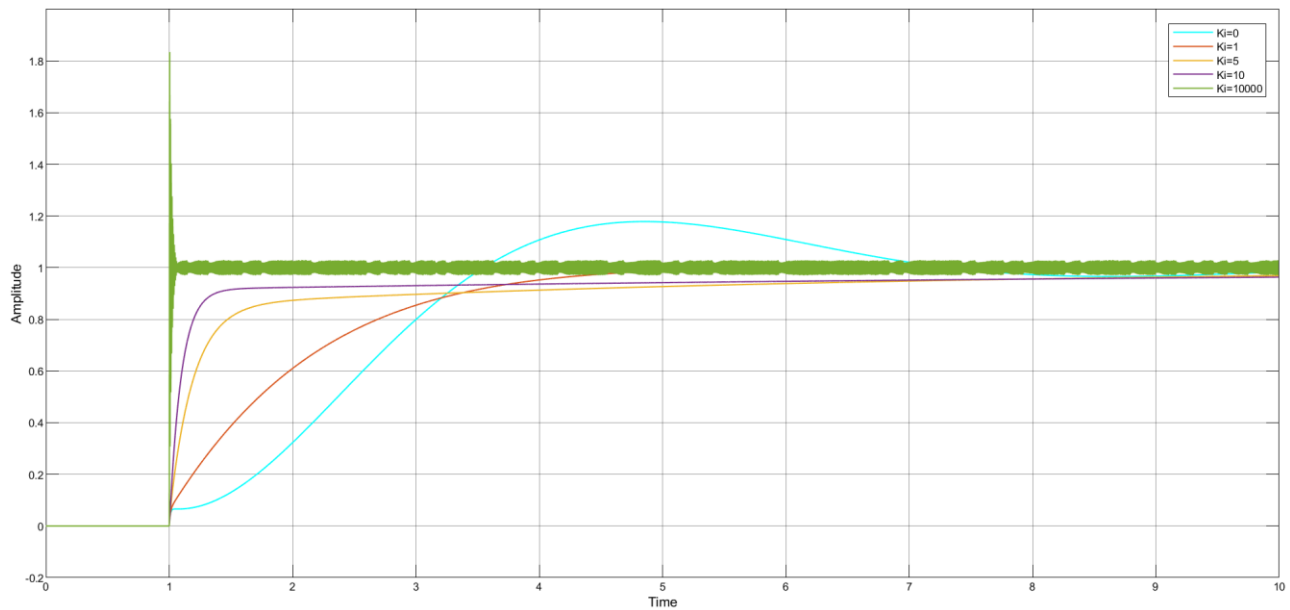


Рисунок 3 Переходной процесс при разных коэффициентах K_p

На рисунке 5 показаны переходные процессы с разными коэффициентами $K_i = \{0, 1, 5, 10, 10000\}$ и $K_p = 1$, $K_d = 1$.

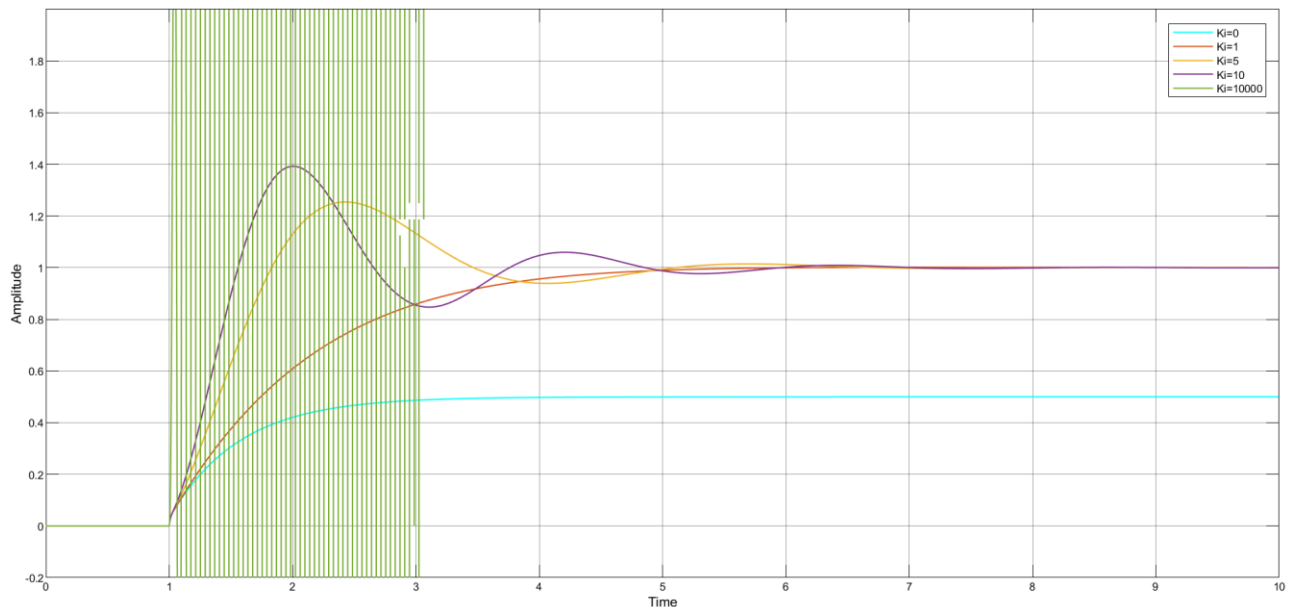


Рисунок 4 Переходной процесс при разных коэффициентах K_i

На рисунке 6 показаны переходные процессы с разными коэффициентами $K_d = \{0, 1, 5, 10, 10000\}$ и $K_p = 1$, $K_i = 1$.

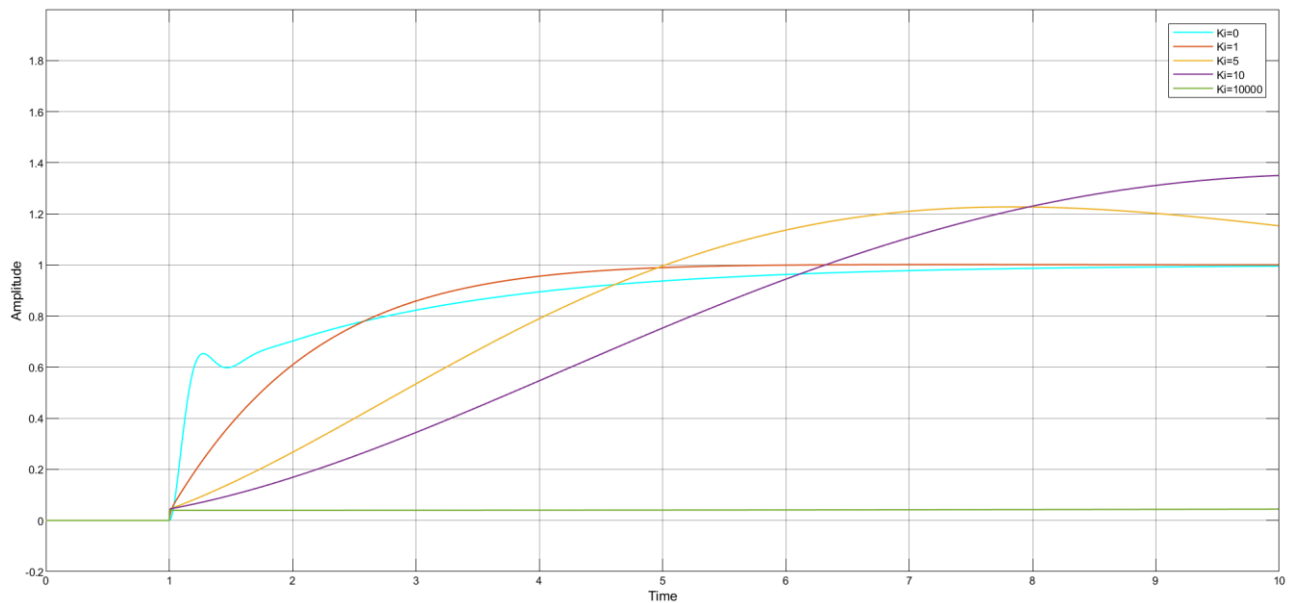


Рисунок 5 Переходной процесс при разных коэффициентах K_d

Таблица 1

	K_p	K_i	K_d
Статическая ошибка	Уменьшается с увеличением коэффициента	Уменьшается с увеличением коэффициента	Увеличивается с увеличением коэффициента
Перерегулирование	Увеличивается с увеличением коэффициента	Увеличивается	Уменьшается с увеличением коэффициента
Время переходного процесса	Значительно уменьшается с увеличением коэффициента	Уменьшается с увеличением коэффициента	Увеличивается с увеличением коэффициента
Колебательность	Увеличивается с увеличением коэффициента	Значительно увеличивается с увеличением коэффициента	Уменьшается с увеличением коэффициента
Характер управления	Физически реализуем	Физически реализуем	-
Устойчивость	Не влияет на устойчивость	Увеличение может привести к потере устойчивости	Не влияет на устойчивость

Из данной таблицы следует, что пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора определяет быстродействие системы, интегральный — устраняет статическую ошибку, повышая точность, а дифференциальный — стабилизирует переходный процесс, снижая колебательность и обеспечивая плавность. Их совместное влияние требует точной настройки пропорций для баланса между скоростью реакции, устойчивостью и точностью системы.

Вывод

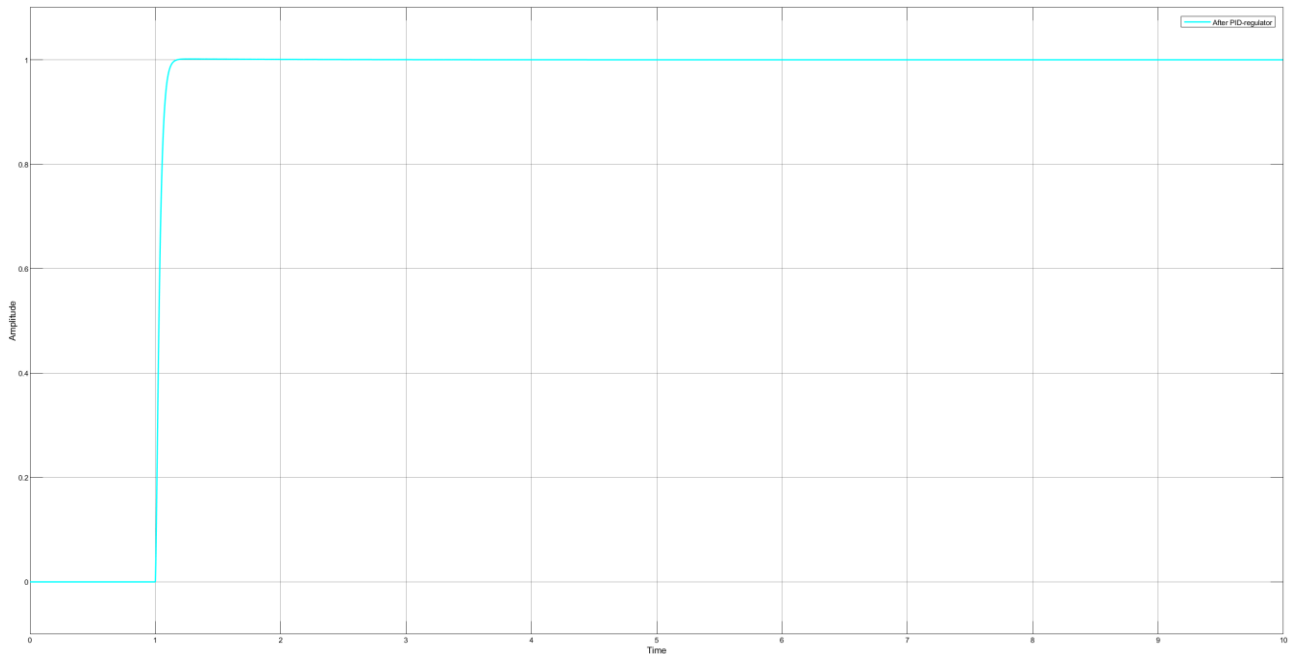
Настройка ПИД-регулятора требует баланса между тремя компонентами:

- **Пропорциональный коэффициент K_p** определяет скорость реакции системы, но чрезмерное увеличение вызывает перерегулирование.
- **Интегральный коэффициент K_i** устраняет статическую ошибку, однако избыток приводит к колебаниям.
- **Дифференциальный коэффициент K_d** стабилизирует систему, снижая колебательность и сглаживая переходный процесс.

Оптимальная работа системы достигается только при взаимной компенсации коэффициентов, что позволяет гибко управлять динамикой (в отличие от систем с единичной обратной связью). Ключевая задача — найти пропорции, обеспечивающие минимальное время переходного процесса, отсутствие статической ошибки и устойчивость.

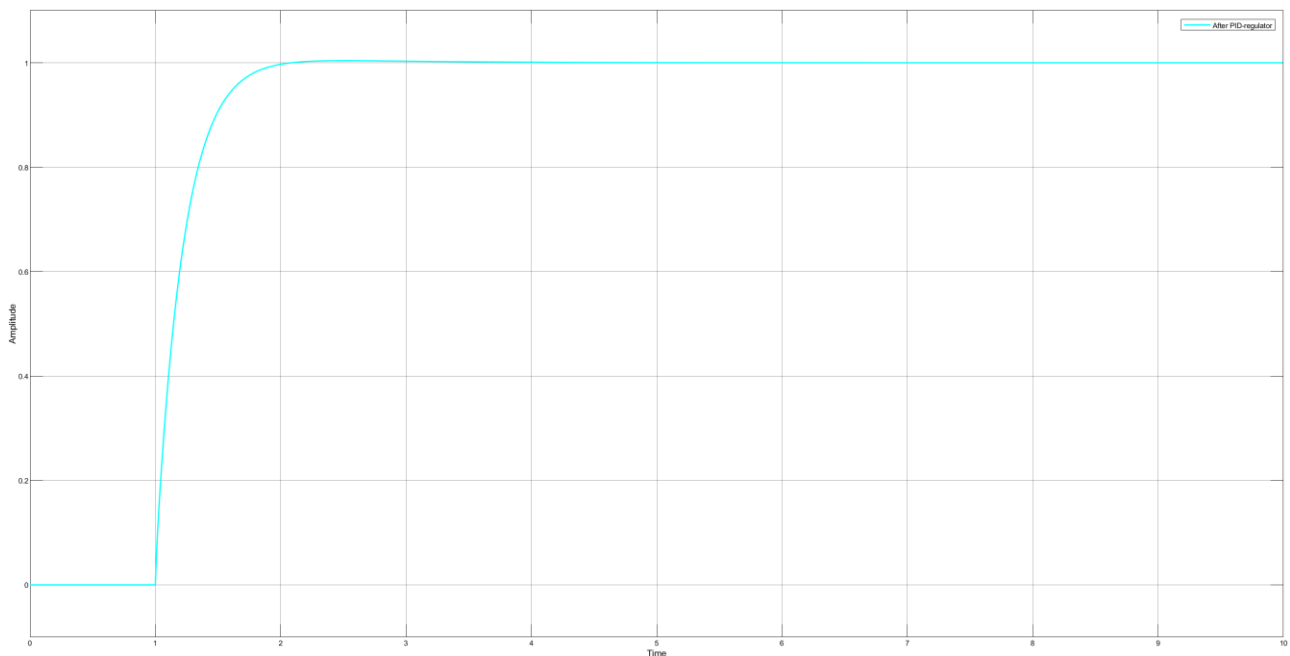
Наилучшие коэффициенты для ПИД-регулятора

1. $K_i = 30$, $K_p = 30$, $K_d = 1$.



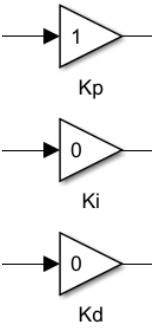
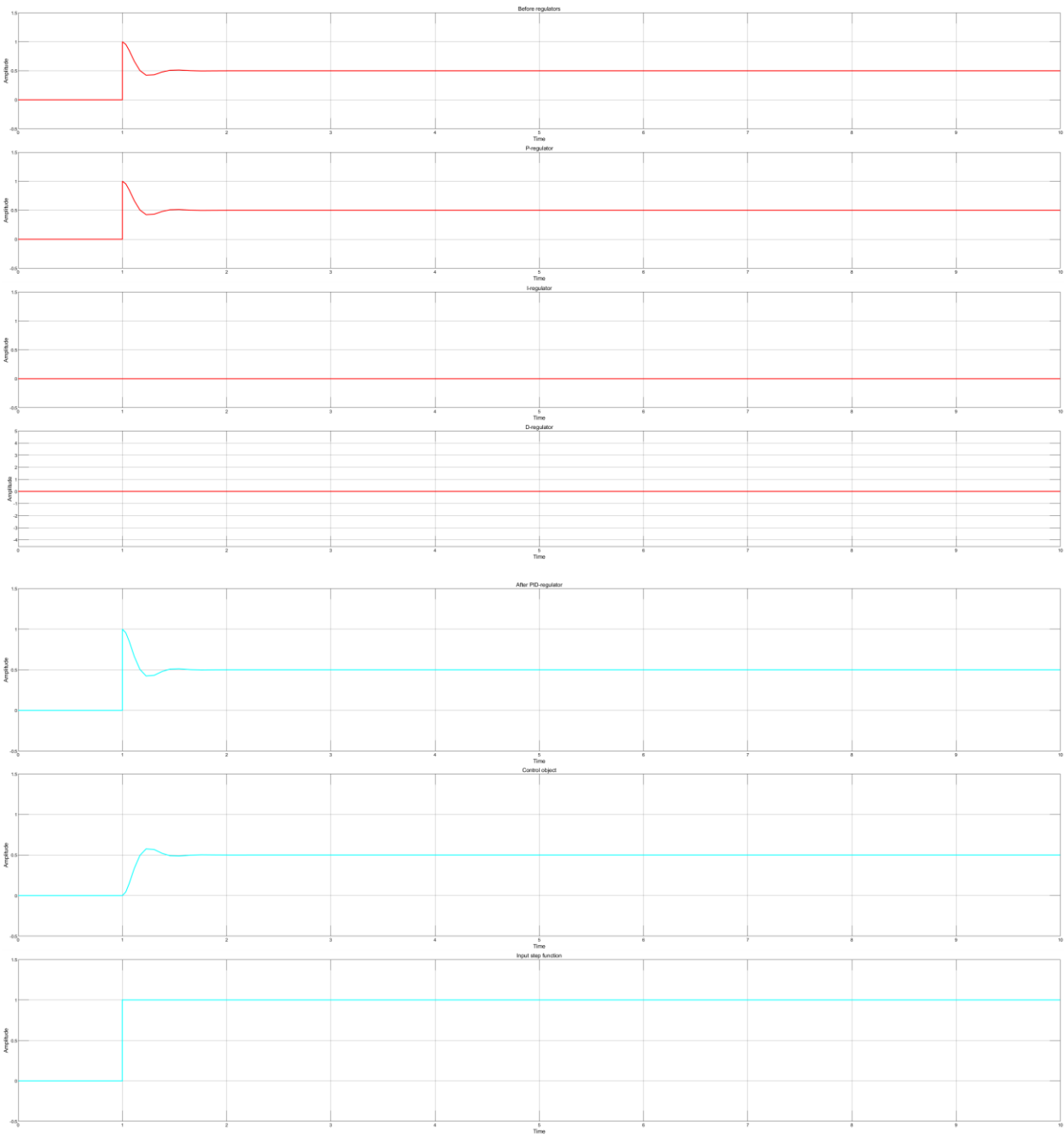
Данная система имеет малое время переходного процесса, и у нее отсутствует перерегулирование и статическая ошибка.

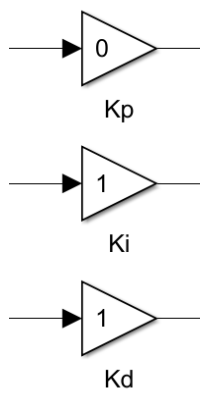
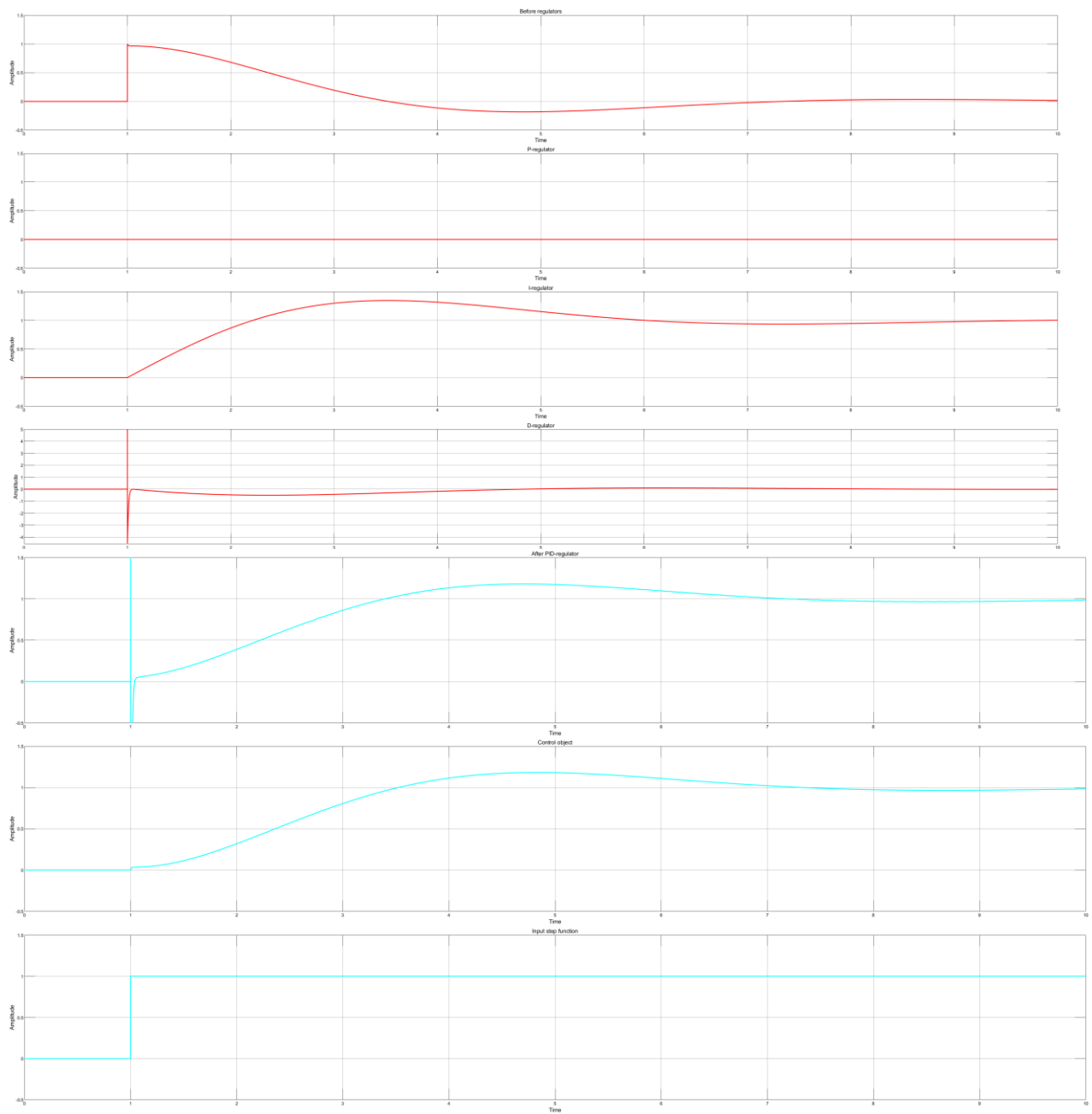
2. $K_i = 5$, $K_p = 5$, $K_d = 1$.

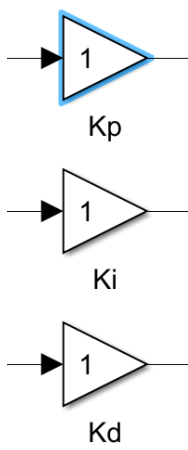
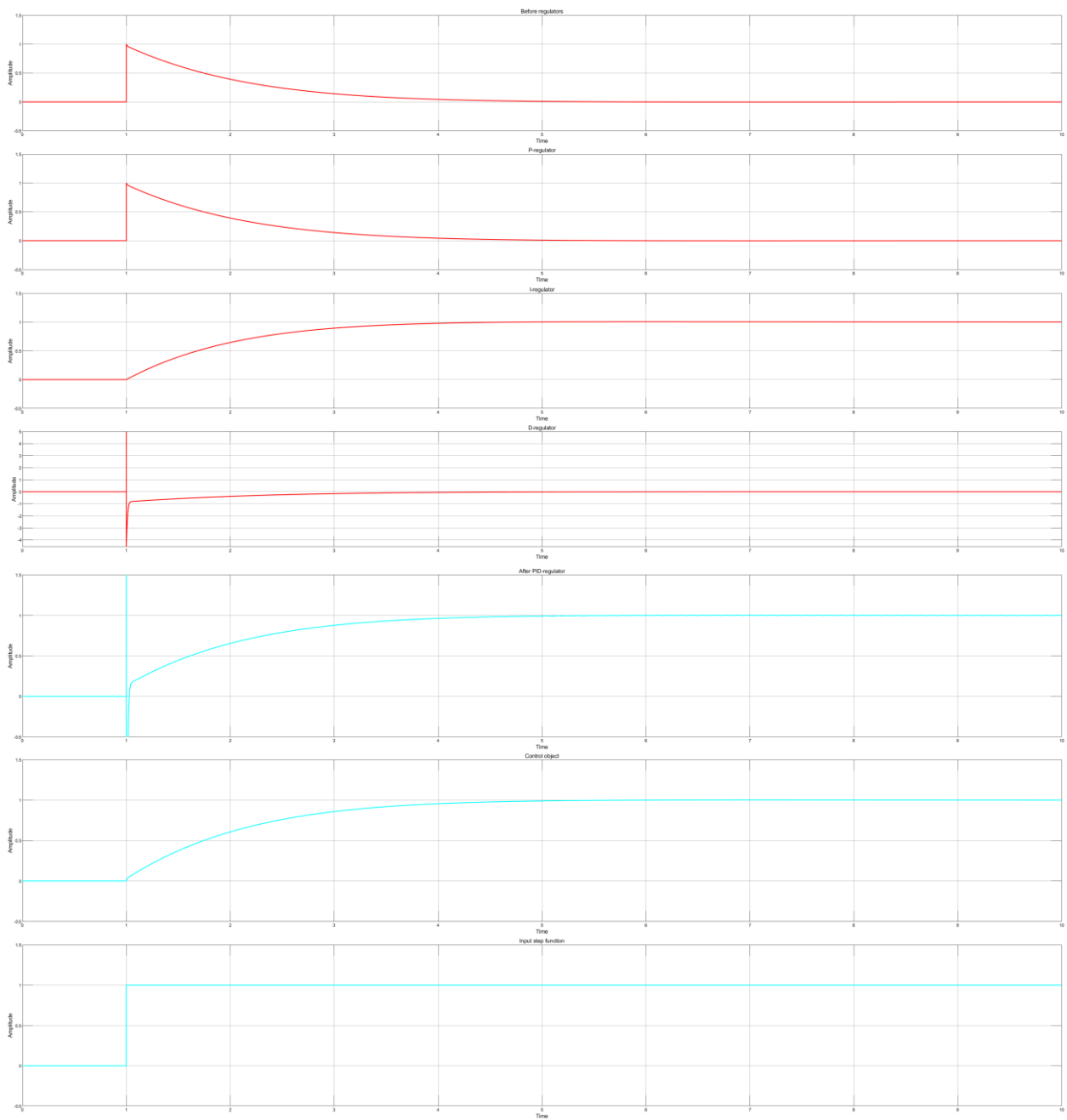


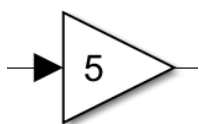
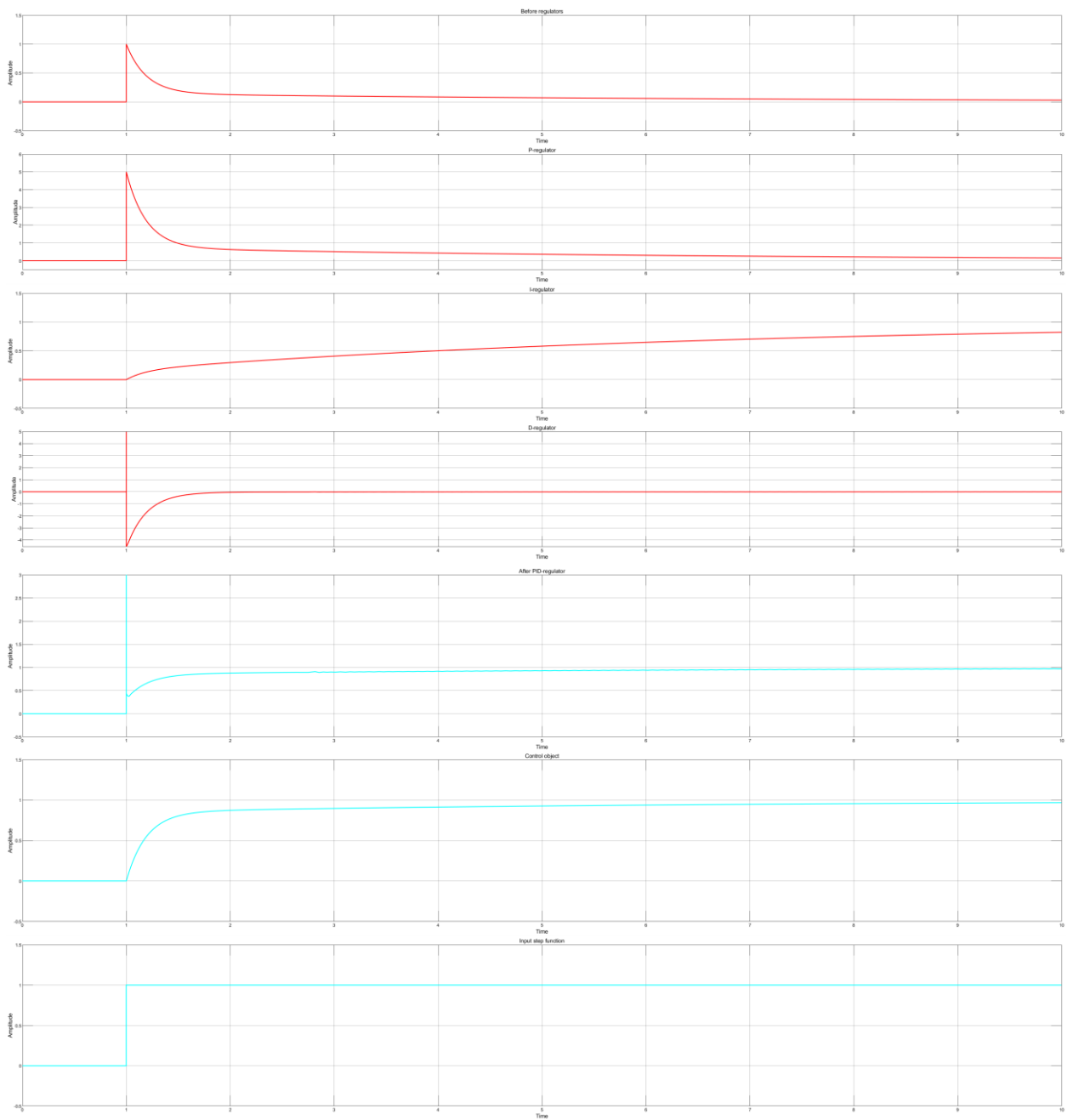
Данная система имеет более плавный переходной процесс. Статической ошибки нет, небольшое перерегулирование.

Приложение

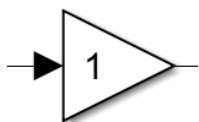




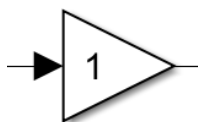




K_p



K_i



K_d

