

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Лабораторная работа №5

«Анализ и моделирование систем с цифровым ПИ-регулятором»
по дисциплине «Компьютерное управление мехатронными системами»

Выполнил:
студент гр. R3425
Борисов М. В
Преподаватель:
Ловлин С. Ю.

Санкт-Петербург
2020

1 Цель

1. Исследовать принцип работы цифрового ПИ-регулятора
2. Синтезировать систему с объектом управления и ПИ-регулятором
3. Исследовать реакцию систему при различных параметрах
4. Исследовать реакцию системы при добавлении в неё Д-регулятора

2 Дано

Для каждого пункта даны следующие коэффициенты:

$$K_1 = 1.064, K_2 = 1.064, T_1 = 1.044$$

3 Выполнение работы

3.1 Приближенная настройка

Вывод ПИ-регулятора

Допустим производится настройка системы на технический оптимум.

$$W_{oy}(s) = \frac{K_1 K_2}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \text{ — передаточная функция объекта управления}$$

$$W_{pc}(s) = \frac{1}{2T_\mu s(T_\mu s + 1)} \text{ — передаточная функция разомкнутой системы.}$$

Примем $T_2 = 0.430$ и $T_\mu = T_2$, тогда:

$$W_{per}(s) = \frac{W_{pc}(s)}{W_{oy}(s)} = \frac{\frac{1}{2T_\mu s(T_\mu s + 1)}}{\frac{K_1 K_2}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}} = \frac{T_1}{2T_\mu K_1 K_2} + \frac{1}{2T_\mu K_1 K_2 s}$$

Исследование цифрового ПИ-регулятора

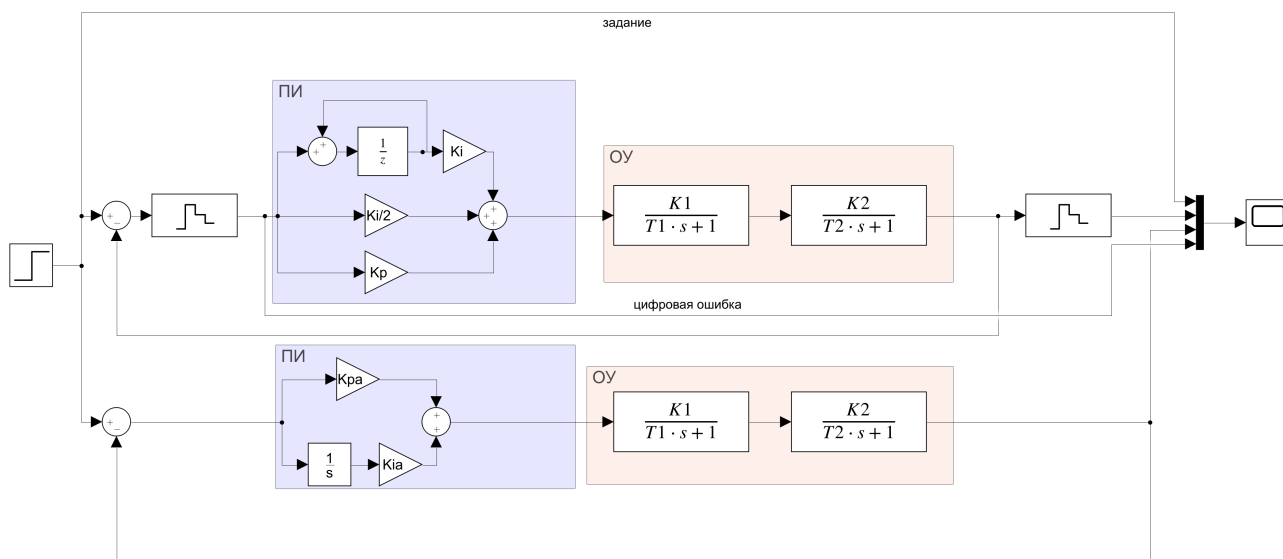


Рис. 1 – Система исследования цифрового ПИ-регулятора

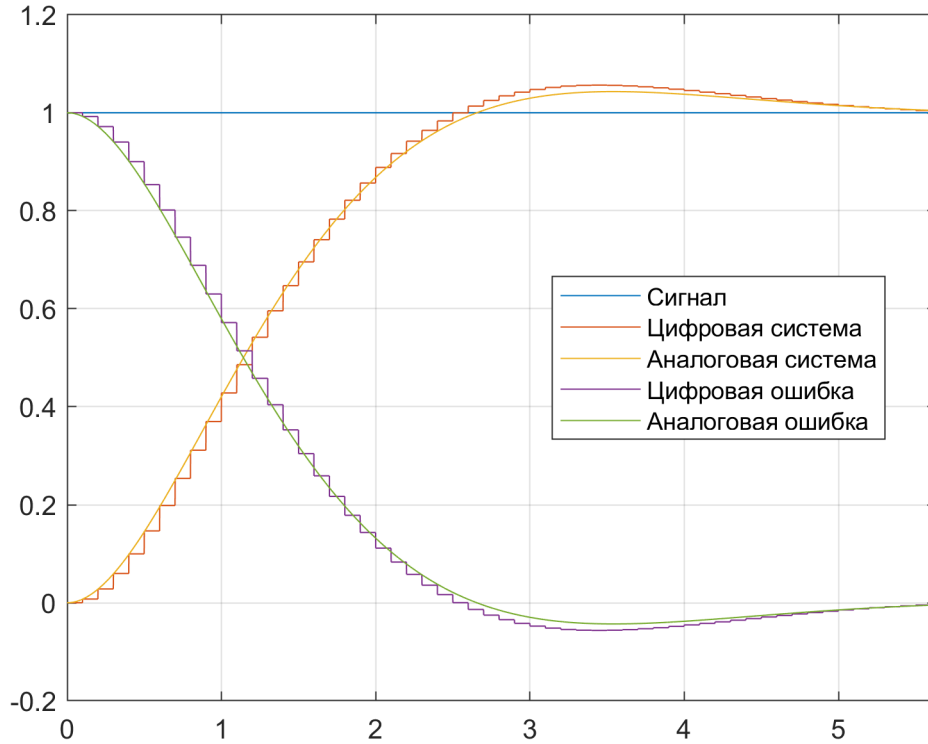


Рис. 2 – Сравнение аналогового и цифрового ПИ-регулятора

На графике видно, что реакции почти совпадают, но дискретная система имеет большее перерегулирование. Это связано с наличием в дискретной системе запаздывания.

3.2 Настройка с учётом дискретизации

Запаздывание связанное с дискретностью системы можно компенсировать, но есть два возможных случая, которые необходимо рассмотреть.

3.2.1 Случай $T_2 \approx T_0$

Вывод регулятора

$$T_{\text{зап}} = \frac{T_0}{2}$$

$$W_{\text{оу}}(s) = \frac{K_1 K_2}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(T_{\text{зап}} s + 1)} \approx \frac{K_1 K_2}{(T_1 s + 1)((T_2 + T_{\text{зап}})s + 1)} \text{ — передаточная функция объекта управления}$$

Данное преобразование возможно только при $T_2 \approx T_0$, т.к. при перемножении член $T_2 \cdot \frac{T_0}{2}$ получается пренебрежимо малым.

$$W_{\text{рс}}(s) = \frac{1}{2T_\mu s(T_\mu s + 1)} \text{ — передаточная функция разомкнутой системы.}$$

Примем $T_2 = 0.232 T_\mu = T_2 + T_{\text{зап}}$, тогда:

$$W_{\text{рег}}(s) = \frac{T_1}{2T_\mu K_1 K_2} + \frac{1}{2T_\mu K_1 K_2 s}$$

Реакция системы

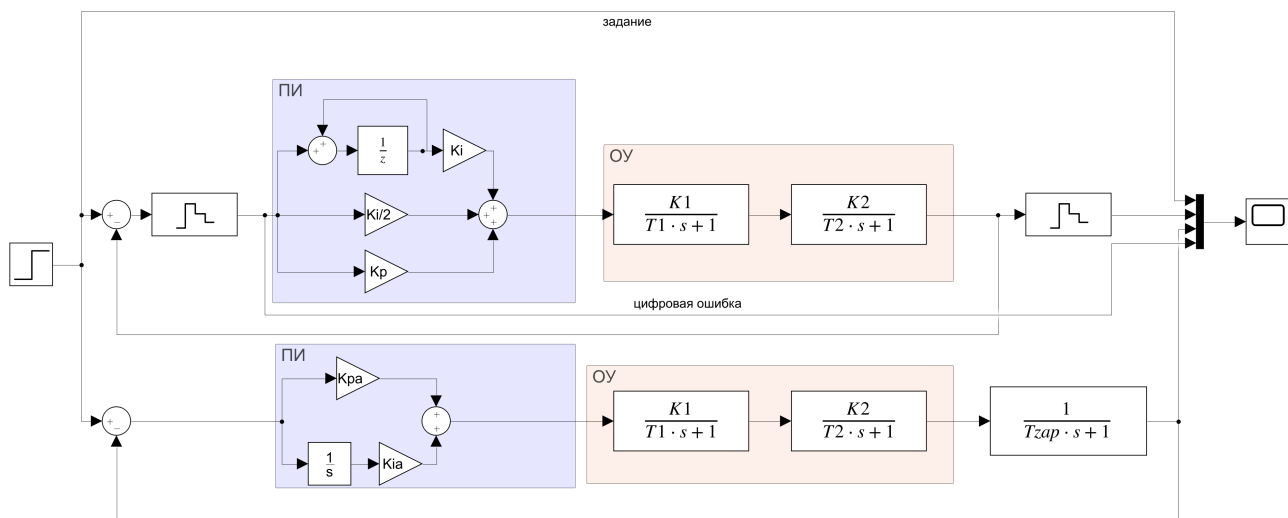


Рис. 3 – Система исследования запаздывания ПИ-регулятора

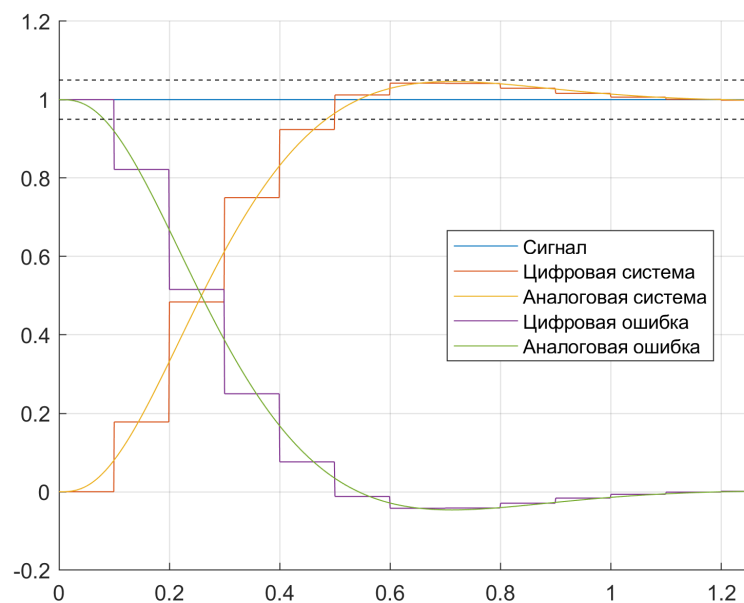


Рис. 4 – Сравнение аналогового и цифрового ПИ-регулятора

По графику видно, что компенсация запаздывания удалась и реакции систем совпадают. При этом значения времени переходного процесса и перерегулирования отличаются от теоретических незначительно. Это отличие возникает из-за влияния сомножителя, которым мы пренебрегли.

3.2.2 Случай $T_2 \gg T_0$

Вывод регулятора

$$T_{\text{зап}} = \frac{T_0}{2}$$

$$W_{\text{оу}}(s) = \frac{K_1 K_2}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(T_{\text{зап}} s + 1)} - \text{передаточная функция объекта управления}$$

$W_{pc}(s) = \frac{1}{2T_\mu s(T_\mu s + 1)}$ — передаточная функция разомкнутой системы.

Примем $T_2 = 0.804 T_\mu = T_{\text{зап}}$, тогда:

$$W_{\text{рег}}(s) = \frac{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(\cancel{T_{\text{зап}} s + 1})}{2T_\mu K_1 K_2 s(\cancel{T_\mu s + 1})} = \frac{T_1 s + 1}{2T_\mu K_1 K_2 s} (T_2 s + 1)$$

Но в данном случае получается идеальный ПД-регулятор, который нереализуем. Чтобы обойти это, дополним его до реального.

$$W_{\text{рег}}(s) = \frac{T_1 s + 1}{2T_\mu K_1 K_2 s} \frac{(T_2 s + 1)}{\frac{T_0}{2} s + 1}$$

Тогда $T_\mu = \frac{T_0}{2} + \frac{T_0}{2}$

Реакция системы

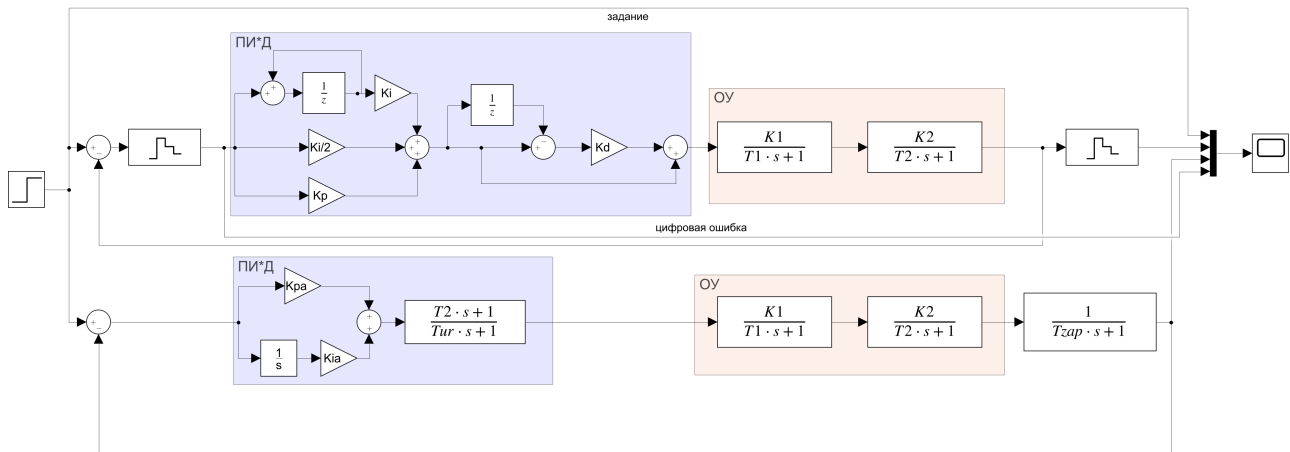


Рис. 5 – Система исследования запаздывания ПИ-регулятора

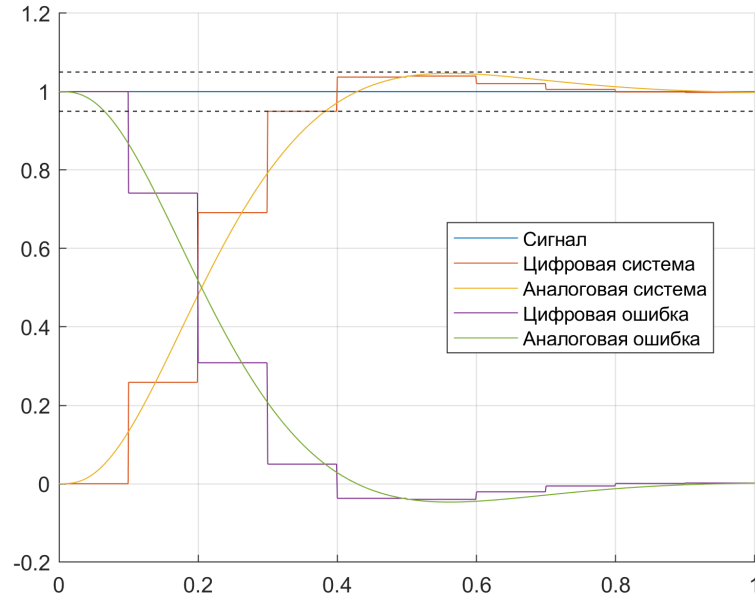


Рис. 6 – Сравнение аналогового и цифрового ПИ-регулятора

По графику видно, что компенсация запаздывания удалась и реакции систем совпадают. Значения времени переходного процесса и перерегулирования отличаются от теоретических незначительно. При этом данная система реагирует быстрее, чем предыдущая, поскольку в этой системе итоговое $T_\mu = T_0$, что в полтора раза меньше. Отличие характеристик от теоретических же связано с множителем $\frac{1}{\frac{T_0}{2}s + 1}$, который мы внесли для дополнения ПД регулятора до реального.

4 Вывод

В работе исследованы характеристики цифрового ПИ-регулятора. Проведены настройки при различных значениях параметра T_2 .

Показано, что при достаточно малом T_2 можно использовать упрощённую настройку для компенсации запаздывания и при такой настройке реакция практически не отличается от теоретической.

Показано, что при T_2 гораздо больше T_0 , когда невозможно пренебречь множителем $T_2 \cdot \frac{T_0}{2}$, приходится использовать последовательное соединение ПИ и ПД регуляторов для компенсации запаздывания. Реакция такой системы ближе к теоретическим значениям, но не совпадает с ними из-за добавочного множителя $\frac{1}{\frac{T_0}{2}s + 1}$. Однако такая система, при прочих равных, оказывается быстрее системы с маленьким T_2 .

Таким образом можно сделать вывод о том, что последовательное соединение ПИ и ПД регулятора отрабатывает быстрее чем ПИ и более предпочтительно в использовании, если важно быстроедействие системы.