МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

**Лабораторная работа №4**

**«Параметрический синтез и исследование цифровой системы управления с ПД-регулятором и объектом в виде последовательно включенных апериодического и интегрирующего звеньев из условия обеспечения заданного по качеству переходного процесса»**

по дисциплине Системы управления в электроприводе

Выполнил: Студент группы R34362 Ванчукова Т. С.

Преподаватель: Ловлин С.Ю.

Санкт-Петербург, 2023

Содержание

[Задание 3](#_Toc156741692)

[Ход работы 5](#_Toc156741693)

[Задание 1. Моделирование Д-регулятора 5](#_Toc156741694)

[Задание 1.1. Работа цифрового Д-регулятора 5](#_Toc156741695)

[Задание 1.2. Цифровой ПД-регулятор – апериодическое звено первого порядка 6](#_Toc156741696)

[Задание 1.3. Поиск эквивалентного числа запаздывания 7](#_Toc156741697)

[Задание 2. Синтез системы с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового ПД-регулятора для случая вычислительной задержки ε = 0 8](#_Toc156741698)

[Задание 2.1. Синтез регулятора 8](#_Toc156741699)

[Задание 2.2. Моделирование работы системы, настроенной на технический оптиум 9](#_Toc156741700)

[Задание 2.3 11](#_Toc156741701)

[Задание 3. Синтез системы с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового ПД-регулятора для случая вычислительной задержки 14](#_Toc156741702)

[Задание 3.1. Аппроксимация апериодическим звеном 14](#_Toc156741703)

[Задание 3.2. Синтез цифрового ПД-регулятора методом переоборудования 15](#_Toc156741704)

[Задание 4. Синтез системы из условия обеспечения в ней «биномиальной настройки» и провести моделирование согласно заданиям №2 и №3 17](#_Toc156741705)

[Результаты работы 24](#_Toc156741706)

[Выводы 26](#_Toc156741707)

# Задание

Задание 1

1.1 Снять временные диаграммы, иллюстрирующие работу цифрового Д-регулятора при постоянном и линейно нарастающем входных воздействиях на входе регулятора для случая вычислительной задержки ε = 0. Представить схему модели.

1.2 Проанализировать работу разомкнутой системы «Цифровой ПД-регулятор – апериодическое звено первого порядка с постоянной времени Т и единичным коэффициентом передачи» в режиме компенсации постоянной времени Т при значениях коэффициента Снять временные диаграммы работы.

1.3 Построить непрерывную модель цифрового ПД-регулятора, учитывающую неполную компенсацию цифровым регулятором постоянной объекта Т.

Определить величину малой некомпенсированной постоянной , учитывающей в непрерывной модели неполную компенсацию цифровым ПД-регулятором постоянной объекта Т. Искомая величина определяется в режиме моделирования, когда процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу. Максимальное приближение процессов имеет место при минимальном значении функционала

где y – процесс в цифровой системе, – процесс в эквивалентной системе при некотором значении постоянной .

Результаты моделирования занести в Таблица *1*, построить зависимость .

Режим моделирования . Снять временные диаграммы, иллюстрирующие работу. Представить схему модели.

Задание 2. Синтез системы с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового ПД-регулятора для случая вычислительной задержки ε = 0

* 1. Построить эквивалентную модель и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю».
  2. Построить полную эквивалентную модель системы, учитывающую динамические свойства цифрового ПД-регулятора в виде системы, содержащей объект управления, аналоговый П-регулятор, компенсирующий постоянную времени Т ПД-регулятор, а также находящееся в цепи обратной связи апериодическое звено первого порядка с единичным коэффициентом передачи и постоянной времени . Величину постоянной времени считать равной .
  3. Осуществить настройку полной эквивалентной модели системы на «оптимум по модулю» при малой некомпенсированной постоянной времени, определяемой на основании соотношения . Снять осциллограммы переходных процессов для значений   
      параметры переходных процессов занести в Таблица *2*. Представить схему модели.

Задание 3. Синтез системы с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового   
ПД-регулятора для случая вычислительной задержки .

* 1. Снять временные диаграммы, иллюстрирующие работу цифрового   
     ПД-регулятора при постоянном и линейно нарастающем входных воздействиях на входе регулятора для случая вычислительной задержки . Представить схему модели.
  2. Построить цифровую модель системы и полную эквивалентную модель, учитывающие вычислительную задержку.
  3. Осуществить настройку полной эквивалентной модели системы на «оптимум по модулю» при малой некомпенсированной постоянной времени, определяемой на основании соотношения . Снять осциллограммы переходных процессов для значений параметры переходных процессов занести в Таблица *3*. Представить схему модели.

Задание 4. Осуществить синтез системы из условия обеспечения в ней «биномиальной настройки» и провести моделирование согласно пп.2, 3.

# Ход работы

## **Задание 1. Моделирование Д-регулятора**

### Задание 1.1. Работа цифрового Д-регулятора

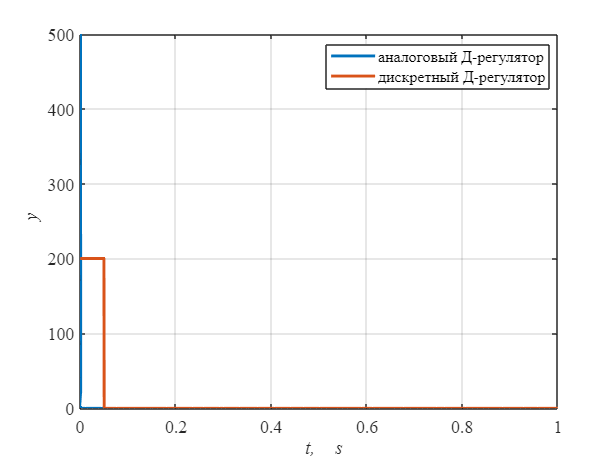


Рисунок 1 – Графики выхода аналогового и цифровых Д-регуляторов при постоянном входном воздействии

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 2 – Графики выхода аналогового и цифровых Д-регуляторов при линейно-возрастающем входном воздействии

Изображение выглядит как диаграмма, линия, Технический чертеж, зарисовка

Автоматически созданное описание

Рисунок 3 – Схема моделирования

### Задание 1.2. Цифровой ПД-регулятор – апериодическое звено первого порядка

Изображение выглядит как текст, линия, снимок экрана, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 4 – Графики выхода аналогового и цифровых ПД-регуляторов   
при двух вариантах расчета значения коэффициента

В первом варианте использовали следующую формулу для вычисления . Для второго варианта:

Видим, что второй вариант лучше, так как нет перерегулирования. Коэффициент позволяет компенсировать Д-звено.

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 5 – Схема моделирования

### Задание 1.3. Поиск эквивалентного числа запаздывания

Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 6 – График функционала системы

Видим по Рисунок *6*, что . Моделирование при представлено Рисунок *7*.

Изображение выглядит как диаграмма, линия, Технический чертеж, План

Автоматически созданное описание

Рисунок 7 – Схема моделирования

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 8 – Результаты моделирования

## **Задание 2. Синтез системы с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового ПД-регулятора для случая вычислительной задержки ε = 0**

### Задание 2.1. Синтез регулятора

Передаточная функция разомкнутой системы, настроенной на технический оптиум.

Д-регулятор должен компенсировать и .

### Задание 2.2. Моделирование работы системы, настроенной на технический оптиум

Вводим запаздывание:

Аналоговый ПД-регулятор:

Цифровой ПД-регулятор:

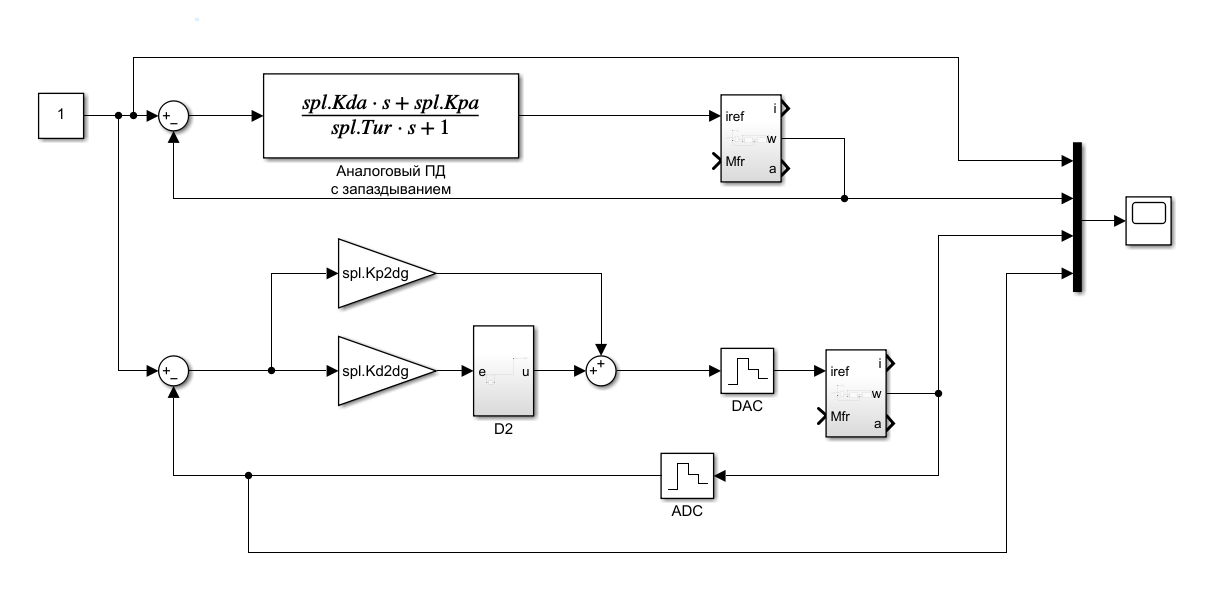


Рисунок 9 – Схема моделирования системы,  
 настроенной на технический оптиум

Изображение выглядит как диаграмма, линия, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 10 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

– время начала переходного процесса

– максимальное значения t, при котором справедливо:

– максимальное значения t, при котором справедливо:

Вычислим перерегулирование :

### Задание 2.3

Аппроксимация апериодическим звеном

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 11 – График функционала системы

Изображение выглядит как диаграмма, План, Технический чертеж, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 12 – Схема моделирования

Синтез цифрового ПД-регулятора методом переоборудования

Изображение выглядит как линия, текст, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 13 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 14 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## **Задание 3****. Синтез системы с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового ПД-регулятора для случая вычислительной задержки**

### Задание 3.1. Аппроксимация апериодическим звеном

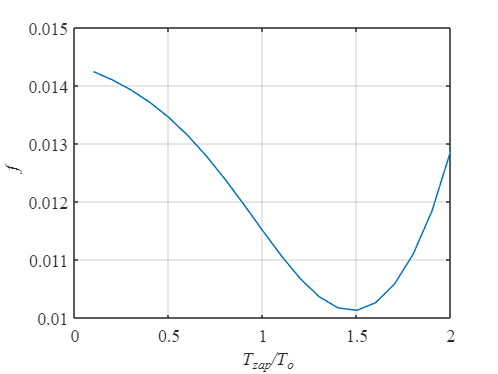


Рисунок 15. График функционала системы

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, схематичный

Автоматически созданное описание

Рисунок 16. Схема моделирования

### Задание 3.2. Синтез цифрового ПД-регулятора методом переоборудования

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 17 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 18 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

С ПД-регулятором не должно быть отличий в системе (имеется в виду быстродействие цифровой и аналоговой систем), потому что ПД-регулятор сдвигает фазу в 90 градусов, и система становится более устойчивой, в отличае от ПИ-регулятора, что мы и можем наблюдать, сравнив графики лабораторной работы №3 и №4.

## **Задание 4. Синтез системы из условия обеспечения в ней «биномиальной настройки» и провести моделирование согласно заданиям №2 и №3**

Задание 4.2

Синтез регулятора

Передаточная функция разомкнутой системы, настроенной на технический оптиум.

Моделирование работы системы, настроенной на технический оптиум

Вводим запаздывание:

Аналоговый ПД-регулятор:

Цифровой ПД-регулятор:

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, схематичный

Автоматически созданное описание

Рисунок 19 – Схема моделирования системы,  
 настроенной на технический оптиум

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 20 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

– время начала переходного процесса

Вычислим перерегулирование :

Аппроксимация апериодическим звеном

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 21 – График функционала системы

Изображение выглядит как диаграмма, План, Технический чертеж, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 22 – Схема моделирования

Синтез цифрового ПД-регулятора методом переоборудования

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 23 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 24 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Задание 4.3

Аппроксимация апериодическим звеном

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 25. График функционала системы

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, схематичный

Автоматически созданное описание

Рисунок 26. Схема моделирования

Синтез цифрового ПД-регулятора методом переоборудования

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 27 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 28 – График моделирование работы, настроенный   
на технический оптиум

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

# Результаты работы

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 0.096 | 0.04 | 0.1 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  | 0.00025 | 3 | 3 | 3.8 |
|  | 0.005 | 3.1 | 3.1 | 2.8 |

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  | 0.005 | 3.2 | 3.2 | 3.6 |
|  | 0.01 | 3.2 | 3.2 | 3.1 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  | 0.0025 | 6.0 | 6.0 | 0 |
|  | 0.005 | 6.1 | 6.1 | 0 |

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  | 0.0045 | 5.8 | 5.8 | 0 |
|  | 0.009 | 5.8 | 5.8 | 0 |

# Выводы

В процессе выполнения работы исследовали систему управления   
с ПД-регулятором и объектом в виде последовательно включенных апериодического и интегрирующего звеньев из условия обеспечения заданного по качеству переходного процесса.

При расчете коэффициента для моделирования ПД-регулятора было выяснено, что лучше использовать , чем , так как нет перерегулирования. Коэффициент позволяет компенсировать Д-звено.

В ходе проведенного исследования было определено, что при величине

периода дискретности управления (при вводе задержки ) обеспечивается качество переходного процесса в исследуемой цифровой системе, близкое к процессу в эквивалентной непрерывной системе.

При настройке системы на биномиальный оптиума увеличилось время переходного процесса, перерегулирование уменьшилось по сравнению с техническим оптиумом. При вводе задержки значение перерегулирование равно 0. при величине периода дискретности управления (при вводе задержки ) обеспечивается качество переходного процесса в исследуемой цифровой системе, близкое к процессу в эквивалентной непрерывной системе.