МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

**Лабораторная работа №5**

**«Параметрический синтез и исследование цифровой системы управления с объектом в виде двух последовательно включенных апериодических звеньев первого порядка 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 4](#_Toc156839259)

[Ход работы 7](#_Toc156839260)

[Задание 1. Синтез системы с использованием «метода переоборудования» 7](#_Toc156839261)

[Задание 1.1 7](#_Toc156839262)

[Задание 1.2 8](#_Toc156839263)

[Задание 2. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0 11](#_Toc156839264)

[Задание 2.1. Аппроксимация апериодическим звеном 11](#_Toc156839265)

[Задание 2.2. Синтез цифрового ПИ-регулятора 12](#_Toc156839266)

[Задание 2.3. Моделирование системы 13](#_Toc156839267)

[Задание 3. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0 14](#_Toc156839268)

[Задание 3.3. Аппроксимация апериодическим звеном 15](#_Toc156839269)

[Задание 3.4. Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудование 16](#_Toc156839270)

[Задание 4. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0 18](#_Toc156839271)

[Задание 4.1. Аппроксимация апериодическим звеном 18](#_Toc156839272)

[Задание 4.1. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования 19](#_Toc156839273)

[Задание 5. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0 20](#_Toc156839274)

[Задание 5.1. Расчет регулятора скорости 20](#_Toc156839275)

[Задание 5.2. Моделирование систем, настроенной на симметричный оптиум 20](#_Toc156839276)

[Задание 5.3. Апроксимация апереодическим звеном 23](#_Toc156839277)

[Задание 5.4. Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования 24](#_Toc156839278)

[Задание 6. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0. 26](#_Toc156839279)

[Задание 7. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = T0. 31](#_Toc156839280)

[Результаты работы 33](#_Toc156839281)

[Выводы 35](#_Toc156839282)

# Задание

**Задание 1. Синтез системы с использованием «метода переоборудования»**

* 1. Для случая *Т1 ≈ Т0,* Т*2 >> Т0 , ε = 0*построить эквивалентную модель и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров (синтез осуществляется при *Тзап = 0).*
  2. Путем моделирования определить величину периода дискретности управления *Т0*, при которой обеспечивается качество переходного процесса в исследуемой цифровой системе, близкое к процессу в эквивалентной модели. Снять осциллограммы переходных процессов для значений Т*0 = (0,1-1) Тµ.* Параметры переходных процессов занести в таблицу 1. Представить схему модели.

**Задание 2. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0.**

* 1. Построить эквивалентную модель системы и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров.
  2. Определить величину постоянной времени *Тзап*, при которой процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу (*Тзап = Т0/2)*.
  3. Построить полную эквивалентную модель, учитывающую динамические свойства цифрового регулятора, определить ее малую некомпенсированную постоянную *Тµ*, и осуществить расчет параметров регуляторов полной модели и цифровой системы (*Тµ = Т1* + *Тзап*). Снять осциллограммы переходных процессов для значений *Т1 = 1; Т2 = 5-10; Т0 =1.* Параметры переходных процессов занести в таблицу 2, представить схему модели.

**Задание 3. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0.**

* 1. Построить эквивалентную модель системы и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров.
  2. Определить величину постоянной времени *Тзап*, при которой процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу (*Тзап = Т0/2)*.
  3. Построить полную эквивалентную модель, учитывающую динамические свойства цифрового регулятора, определить ее малую некомпенсированную постоянную *Тµ*, и осуществить расчет параметров регуляторов полной модели и цифровой системы (*Тµ = Тµr1* + *Тзап*). Снять осциллограммы переходных процессов для значений *Т1 = 5; Т2 = (10–15); Т0 =1.* Параметры переходных процессов занести в таблицу 3, представить схему модели.

**Задание 4. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая**

**Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = *Т0*.**

* 1. Построить эквивалентную модель системы и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров.
  2. Определить величину постоянной времени *Тзап*, при которой процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу (*Тзап = Т0/2)*.
  3. Построить полную эквивалентную модель, учитывающую динамические свойства цифрового регулятора, определить ее малую некомпенсированную постоянную *Тµ*, и осуществить расчет параметров регуляторов полной модели и цифровой системы (*Тµ = Тµr1* + *Тзап + Т0* ). Снять осциллограммы переходных процессов для значений *Т1 = 5; Т2 = (10-15); Т0 =1.* Параметры переходных процессов занести в таблицу 4, представить схему модели.

**Задание 5. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0.**

**Задание 6. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0.**

**Задание 7. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = *Т0*.**

# Ход работы

## Задание 1. Синтез системы с использованием «метода переоборудования»

### Задание 1.1

Передаточная функция объекта

где

,

Расчет регулятора скорости

Расчет коэффициентов:

### Задание 1.2

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 1 – Схема моделирования

Изображение выглядит как линия, диаграмма, текст, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 2 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

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 :

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 3 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## Задание 2. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0

### Задание 2.1. Аппроксимация апериодическим звеном

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, зарисовка

Автоматически созданное описание

Рисунок 5 – Схема моделирование

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 6 – График функционала системы

### Задание 2.2. Синтез цифрового ПИ-регулятора

### Задание 2.3. Моделирование системы

Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 7 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как линия, текст, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 8 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## Задание 3. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0

Задание 3.1. Расчет регулятора скорости

Задание 3.2. Моделирование работы системы, настроенной на технический оптиум

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 9 – Схема моделирования

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 10 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

### Задание 3.3. Аппроксимация апериодическим звеном

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, Параллельный

Автоматически созданное описание

Рисунок 11 – График функционала системы

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, схематичный

Автоматически созданное описание

Рисунок 12 – Схема моделирования

### Задание 3.4. Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудование

Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 13 – График моделирование работы, настроенный на технический оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## Задание 4. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «оптимум по модулю» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0

### Задание 4.1. Аппроксимация апериодическим звеном

Изображение выглядит как диаграмма, План, Технический чертеж, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 14 – Схема моделирования

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 15 – График функционала системы

### Задание 4.1. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования

Расчет коэффициентов такой же, как в задании 3.4.

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 16 – График моделирование работы при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## Задание 5. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0

### Задание 5.1. Расчет регулятора скорости

### Задание 5.2. Моделирование систем, настроенной на симметричный оптиум

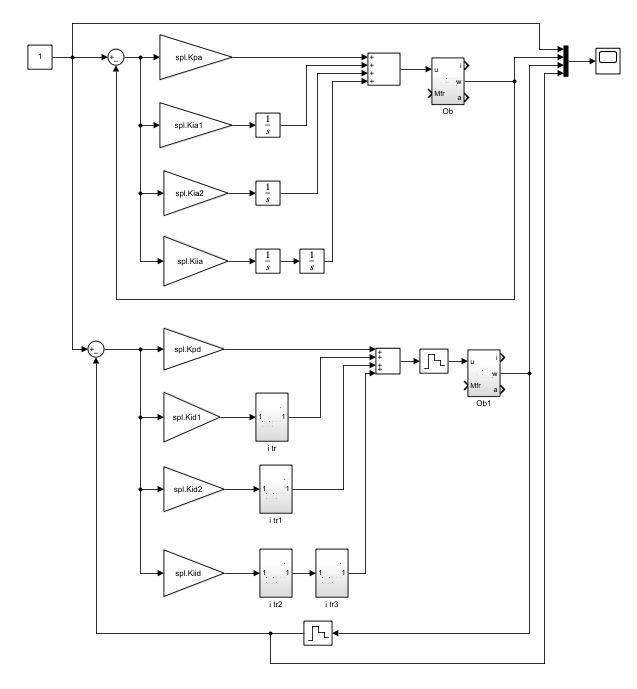


Рисунок 17 – Схема моделирования

При

Время переходного процесса для входа в 5%:

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как диаграмма, линия, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 18 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Изображение выглядит как График, линия, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 19 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

### Задание 5.3. Апроксимация апереодическим звеном

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 20 – График функционала системы

Изображение выглядит как диаграмма, План, Технический чертеж, схематичный

Автоматически созданное описание

Рисунок 21 – Схема моделирования

### Задание 5.4. Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования

Расчет коэффициентов такой же, как в задании 5.2.

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 22 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Время переходного процесса для входа в 5%:

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как диаграмма, линия, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 23 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## Задание 6. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0.

Задание 6.1. Синтез регулятора скорости

Задание 6.2. Моделирование работы системы настроенной на "cимметричный оптимум"

Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 24 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, рисунок

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как диаграмма, линия, Технический чертеж, План

Автоматически созданное описание

Рисунок 25 – Схема моделирования

Задание 6.3. Аппроксимация

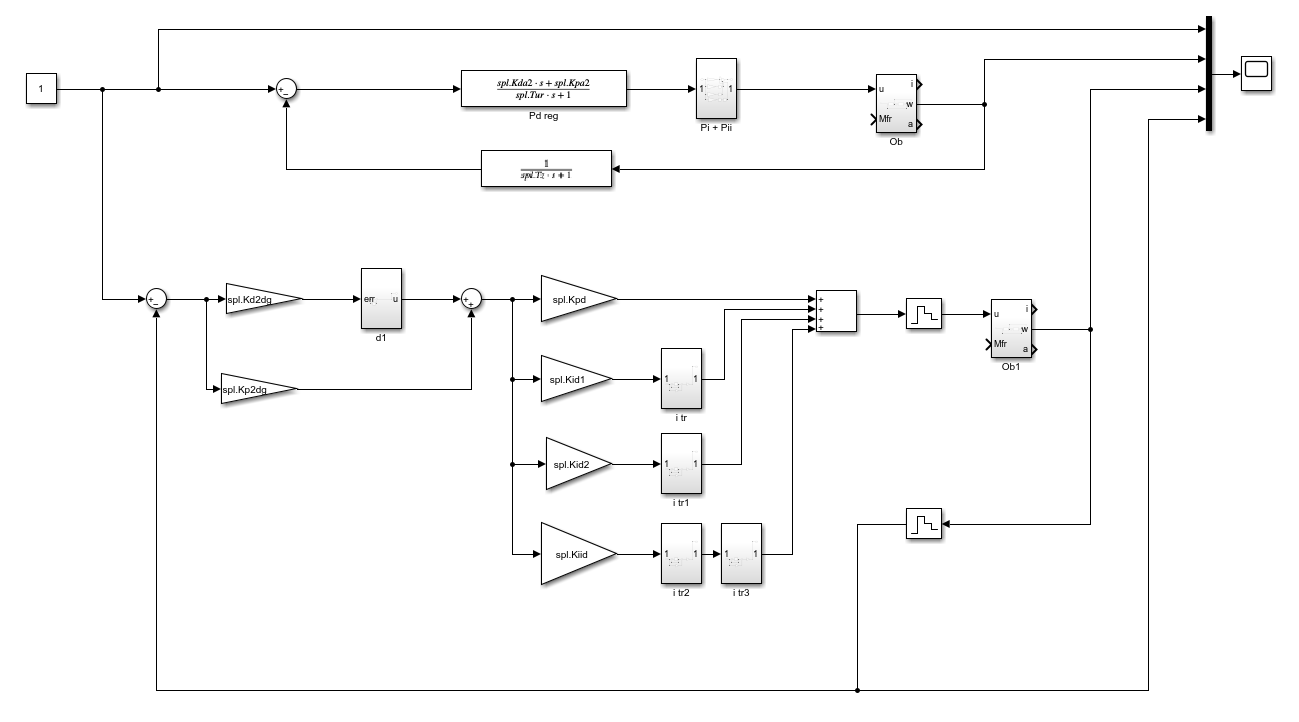


Рисунок 26 – Схема моделирования

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 27 – График функционала системы

Задание 6.4. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования

Изображение выглядит как линия, График, текст, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 28 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

## Задание 7. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на «симметричный оптимум» с использованием эквивалентной непрерывной модели системы, учитывающей динамические свойства цифрового регулятора для случая Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = T0.

Задание 7.1. Аппроксимация

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, рисунок, План

Автоматически созданное описание

Рисунок 29 – Схема моделирования

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 30 – График функционала системы

Задание 7.2. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования

Расчет коэффициентов аналогичен расчету из предыдущего задания.

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 31 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

Вычислим перерегулирование :

# Результаты работы

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | , с | , с | , % |
|  | 4 | 6.3 | 5 |
|  | 3.7 | 7.4 | 8.8 |
|  | 3.4 | 7.8 | 15.3 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  |  | 3.5 | 3.5 | 4.5 |
|  |  | 3.1 | 3.1 | 4.8 |

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  |  | 3.0 | 3.0 | 4.7 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  |  | 3.1 | 3.1 | 4.1 |

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  |  | 2.5 | 12.8 | 46.2 |
|  |  | 2.3 | 9.2 | 46.7 |

Таблица 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  |  | 2.3 | 12.5 | 53.7 |

Таблица 7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , % |
|  |  | 2.5 | 9.0 | 51.8 |

# Выводы

В процессе выполнения работы исследовали систему управления с объектом в виде двух последовательно включенных апериодических звеньев первого порядка из условия обеспечения заданного по качеству переходного процесса.

В ходе проведенного исследования было определено, что при увеличении перерегулирование увеличивается, время переходного процесса уменьшается.

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

В случае Т1 ≈ Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0 можно наблюдать наилучшую сходимость аналоговой и цифровой систем, при Т1 >> Т0, Т2 >> Т0 , ε = 0 можно наблюдать наихудшую сходимость, и при техническом оптиуме, и при симметричном оптиуме.