

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
Ход работы.....	7
Задание 1. Синтез системы с использованием «метода переоборудования»	7
Задание 1.1	7
Задание 1.2	8
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 $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$	11
Задание 2.1. Аппроксимация апериодическим звеном	11
Задание 2.2. Синтез цифрового ПИ-регулятора.....	12
Задание 2.3. Моделирование системы	13
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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$	14
Задание 3.3. Аппроксимация апериодическим звеном	15
Задание 3.4. Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудование	16
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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$	18
Задание 4.1. Аппроксимация апериодическим звеном	18
Задание 4.1. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования	19
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 $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$	20
Задание 5.1. Расчет регулятора скорости.....	20
Задание 5.2. Моделирование систем, настроенной на симметричный оптимум	20
Задание 5.3. Аппроксимация апериодическим звеном.....	23
Задание 5.4. Синтез цифрового ПИ-регулятора методом	

переоборудования	24
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 $T_1 \gg T_0$, T_2 $\gg T_0$, $\varepsilon = 0$	26
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 $T_1 \gg T_0$, T_2 $\gg T_0$, $\varepsilon = T_0$	31
Результаты работы	33
Выводы	35

Задание

Задание 1. Синтез системы с использованием «метода переоборудования»

- 1.1 Для случая $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$ построить эквивалентную модель и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров (синтез осуществляется при $T_{зан} = 0$).
- 1.2 Путем моделирования определить величину периода дискретности управления T_0 , при которой обеспечивается качество переходного процесса в исследуемой цифровой системе, близкое к процессу в эквивалентной модели. Снять осциллограммы переходных процессов для значений $T_0 = (0,1-1) T_\mu$. 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 $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$.

- 2.1 Построить эквивалентную модель системы и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров.
- 2.2 Определить величину постоянной времени $T_{зан}$, при которой процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу ($T_{зан} = T_0/2$).
- 2.3 Построить полную эквивалентную модель, учитывающую динамические свойства цифрового регулятора, определить ее малую некомпенсированную постоянную T_μ , и осуществить расчет параметров регуляторов полной модели и цифровой системы ($T_\mu = T_1 + T_{зан}$). Снять осциллограммы переходных процессов для значений $T_1 = 1$; $T_2 = 5-10$; $T_0 = 1$. 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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$.

- 3.1 Построить эквивалентную модель системы и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров.
- 3.2 Определить величину постоянной времени $T_{зан}$, при которой процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу ($T_{зан} = T_0/2$).
- 3.3 Построить полную эквивалентную модель, учитывающую динамические свойства цифрового регулятора, определить ее малую некомпенсированную постоянную T_μ , и осуществить расчет параметров регуляторов полной модели и цифровой системы ($T_\mu = T_\mu r_1 + T_{зан}$). Снять осциллограммы переходных процессов для значений $T_1 = 5$; $T_2 = (10-15)$; $T_0 = 1$. 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

$T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = T_0$.

- 4.1 Построить эквивалентную модель системы и осуществить ее настройку на «оптимум по модулю», определив тип регулятора и соотношения для расчета его параметров.
- 4.2 Определить величину постоянной времени $T_{зан}$, при которой процессы в исследуемой цифровой системе и эквивалентной модели максимально приближены друг к другу ($T_{зан} = T_0/2$).
- 4.3 Построить полную эквивалентную модель, учитывающую динамические свойства цифрового регулятора, определить ее малую некомпенсированную постоянную T_μ , и осуществить расчет параметров регуляторов полной модели и цифровой системы ($T_\mu = T_\mu r_1 + T_{зан} + T_0$). Снять осциллограммы переходных процессов для значений $T_1 = 5$; $T_2 = (10-15)$; $T_0 = 1$. 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 $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$.

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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$.

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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = T_0$.

Ход работы

Задание 1. Синтез системы с использованием «метода переоборудования»

Задание 1.1

Передаточная функция объекта

$$\frac{K_{ob}}{(T_1 T_2) s^2 + (T_1 + T_2) s + 1},$$

где

$$K_{ob} = \frac{kdw}{ce}, \quad kdw = \frac{180}{\pi},$$

$$T_1 = -\frac{\sqrt{-J(4Ce^2L - JR^2)} - JR}{2Ce^2},$$

$$T_2 = \frac{\sqrt{-J(4Ce^2L - JR^2)} + JR}{2Ce^2}.$$

Расчет регулятора скорости

$$T_1 = T_u$$

$$W_{ob} = \frac{K_{ob}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

$$W_{ol} = \frac{1}{2T_\mu s \cdot (T_\mu s + 1)}$$

$$W_{reg} = \frac{W_{ol}}{W_{ob}} = \frac{T_2 s + 1}{2 \cdot K_{ob} T_\mu s}$$

Расчет коэффициентов:

$$T_\mu = T_1$$

$$K_{pa} = \frac{T_2}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_\mu}$$

$$K_{ia} = \frac{1}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_\mu}$$

$$K_{pd} = \frac{T_2}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_{\mu}}$$

$$K_{id} = \frac{1}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_{\mu}}$$

Задание 1.2

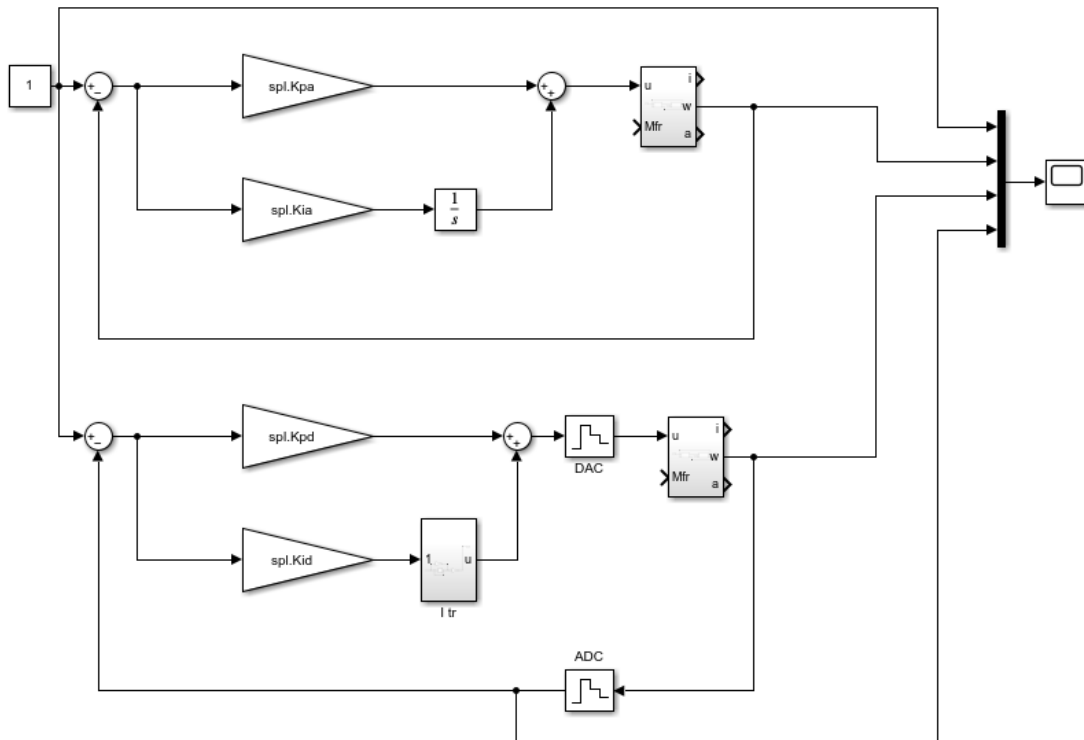


Рисунок 1 – Схема моделирования

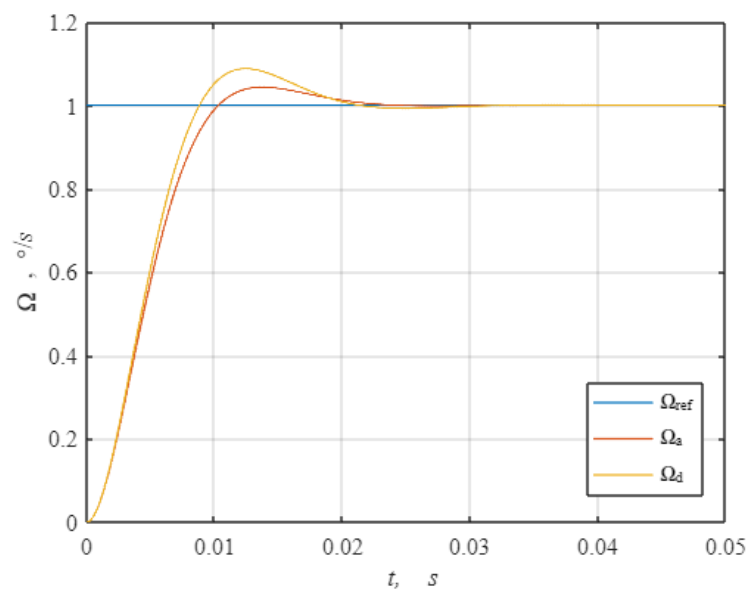


Рисунок 2 – График моделирование работы, настроенный на технический оптим при $T_0 = 0.5 \cdot T_{\mu}$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3.7 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 7.4 \cdot T_\mu$$

t_0 – время начала переходного процесса

t_{p1} – максимальное значения t , при котором справедливо:

$$\varepsilon(t_1) \geq D, D = 0.05 \cdot |y_0 - y_{ss}|$$

t_{p2} – максимальное значения t , при котором справедливо:

$$\varepsilon(t_1) \leq D, D = 0.05 \cdot |y_0 - y_{ss}|$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = \frac{|\sup(y) - y_{ss}|}{|y_0 - y_{ss}|} = 8.8 \%$$

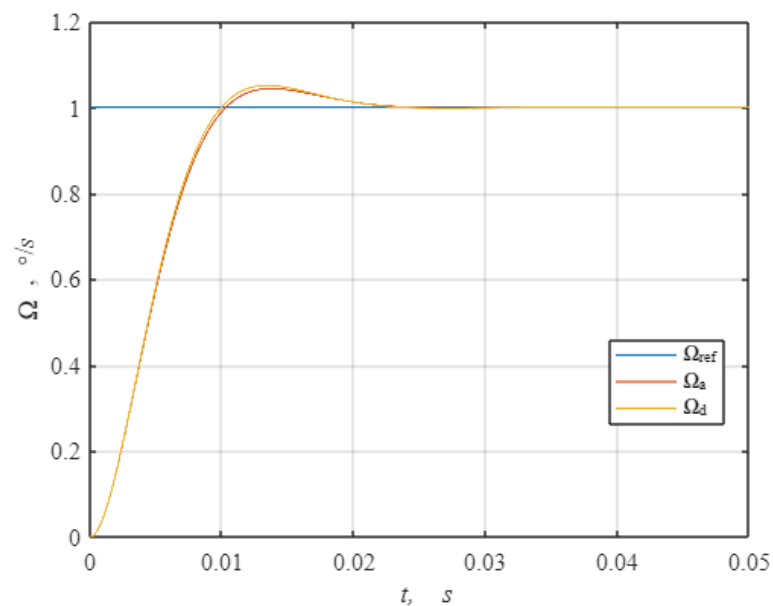


Рисунок 3 – График моделирование работы, настроенный на технический оптимум при $T_0 = 0.1 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 4 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 6.3 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 5 \%$$

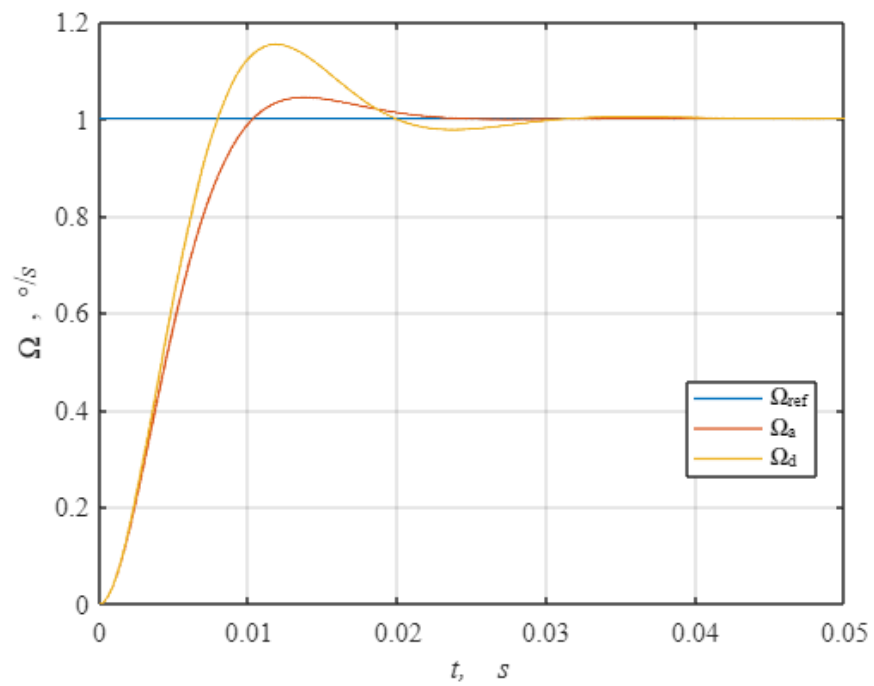


Рисунок 4 – График моделирование работы, настроенный на технический оптимум при $T_0 = 1 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3.4 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 3.4 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 15.3 \%$$

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 $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$

Задание 2.1. Аппроксимация аperiodическим звеном

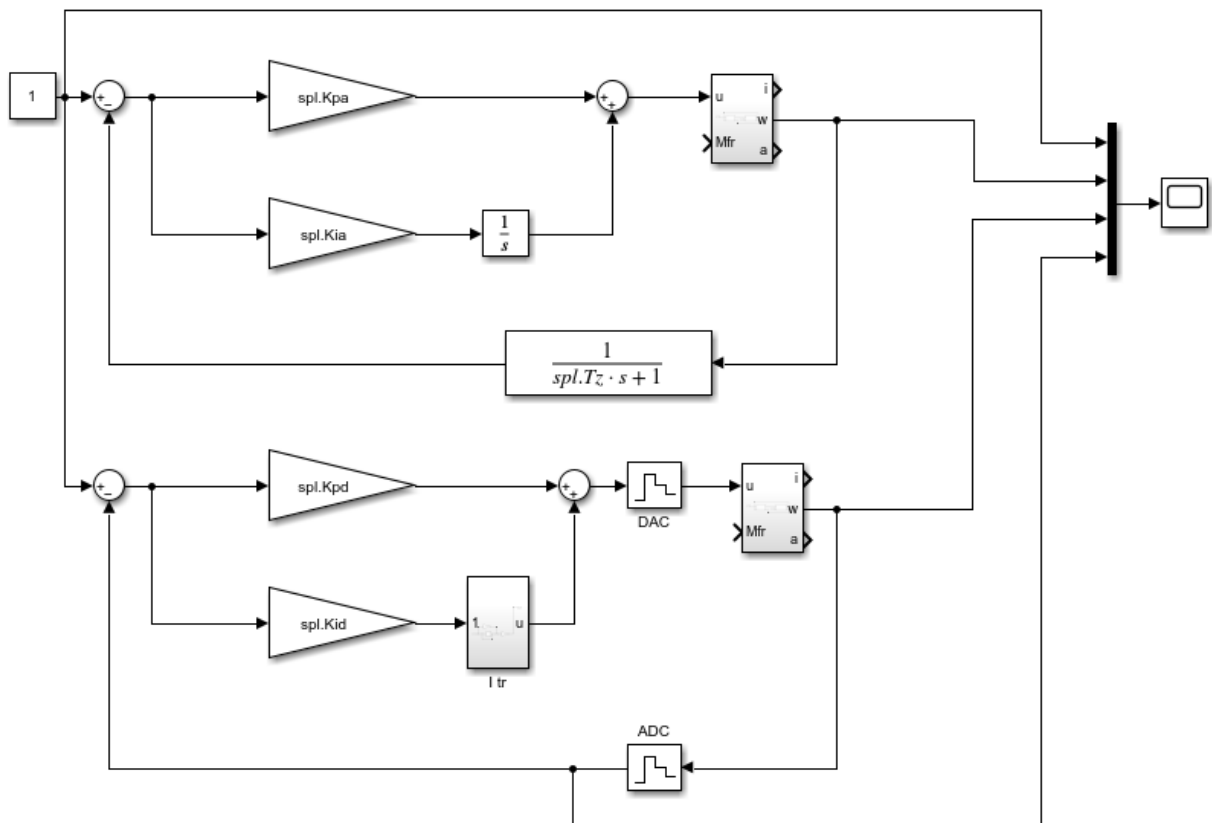


Рисунок 5 – Схема моделирование

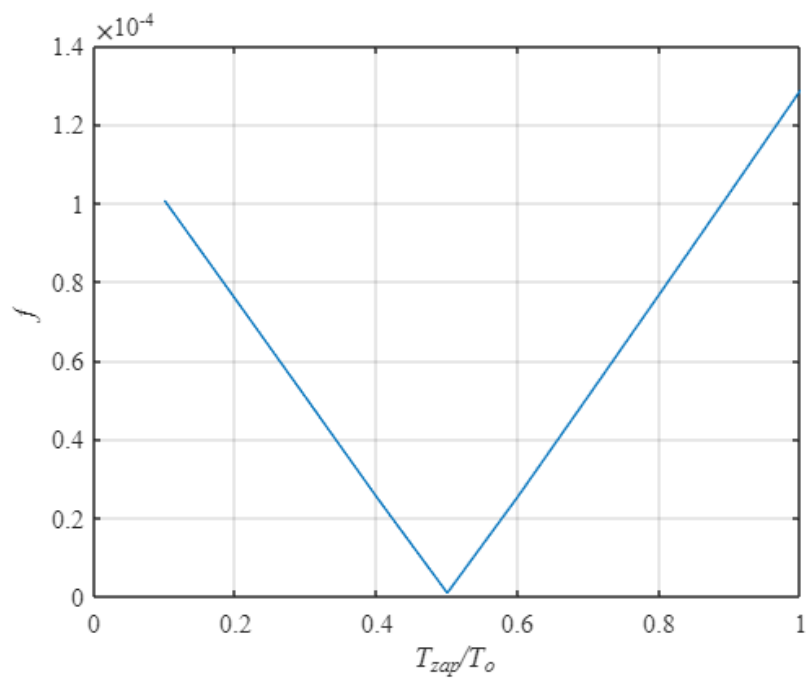


Рисунок 6 – График функционала системы

Задание 2.2. Синтез цифрового ПИ-регулятора

$$T_o = T_1$$

$$T_z = 0.5 \cdot T_o$$

$$T_\mu = T_1 + T_z$$

$$K_{pa} = \frac{T_2}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_\mu}$$

$$K_{ia} = \frac{1}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_\mu}$$

$$K_{pd} = \frac{T_2}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_\mu}$$

$$K_{id} = \frac{1}{2 \cdot K_{ob} \cdot T_\mu}$$

Задание 2.3. Моделирование системы

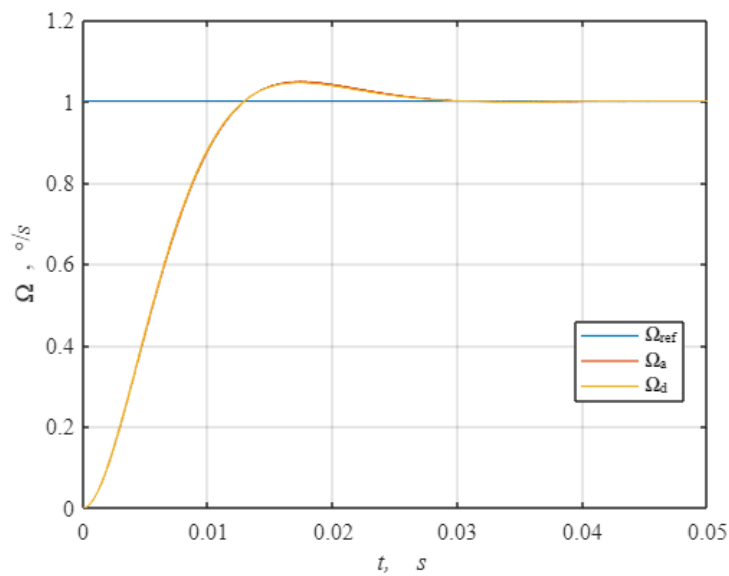


Рисунок 7 – График моделирование работы, настроенный на технический оптимум при $T_0 = 1 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3.5 \cdot T_\mu$$
$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 3.5 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 4.5 \%$$

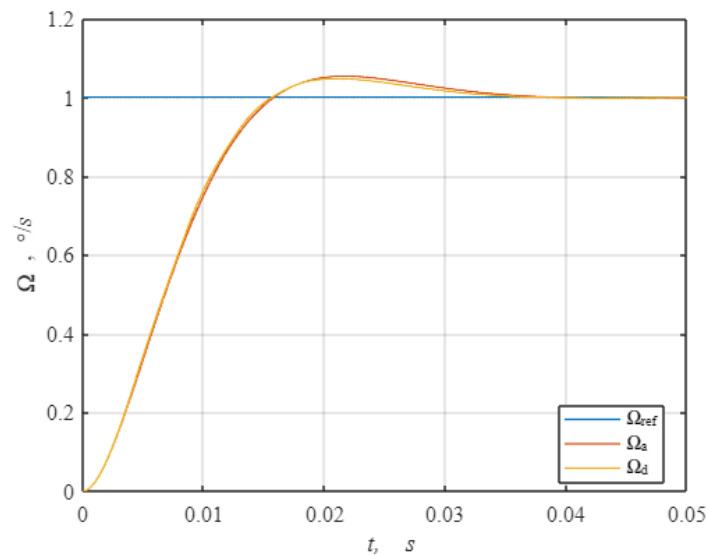


Рисунок 8 – График моделирование работы, настроенный на технический оптимум при $T_0 = 2 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3.1 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 3.1 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 4.8 \%$$

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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$

Задание 3.1. Расчет регулятора скорости

$$W_{ob} = \frac{K_{ob}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

$$W_{ol} = \frac{1}{2T_\mu s \cdot (T_\mu s + 1)}$$

$$W_{reg} = \frac{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}{2 K_{ob} T_\mu s (T_\mu s + 1)}$$

Задание 3.2. Моделирование работы системы, настроенной на технический оптимум

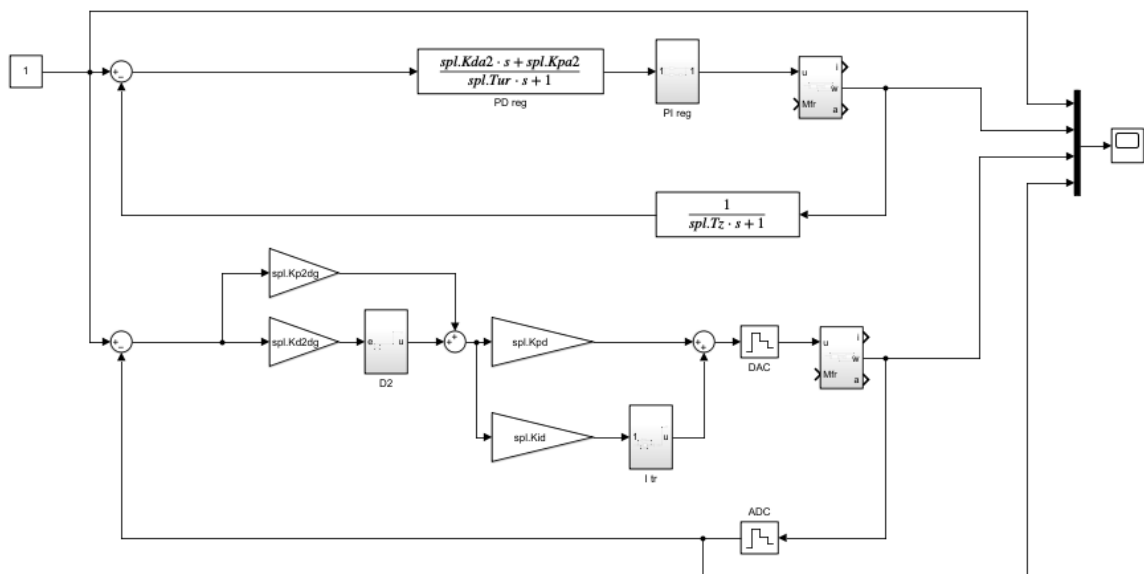


Рисунок 9 – Схема моделирования

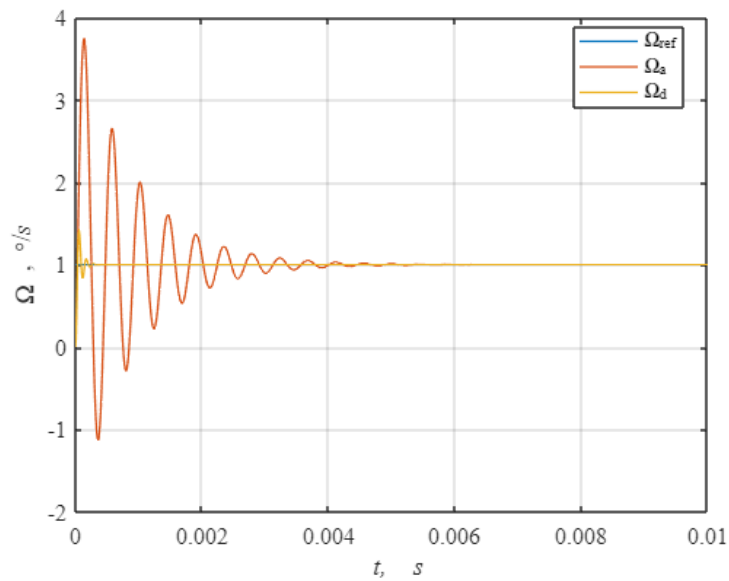


Рисунок 10 – График моделирование работы, настроенный на технический оптимум при $T_0 = 0.1 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 16.9 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 41.6 \%$$

Задание 3.3. Аппроксимация апериодическим звеном

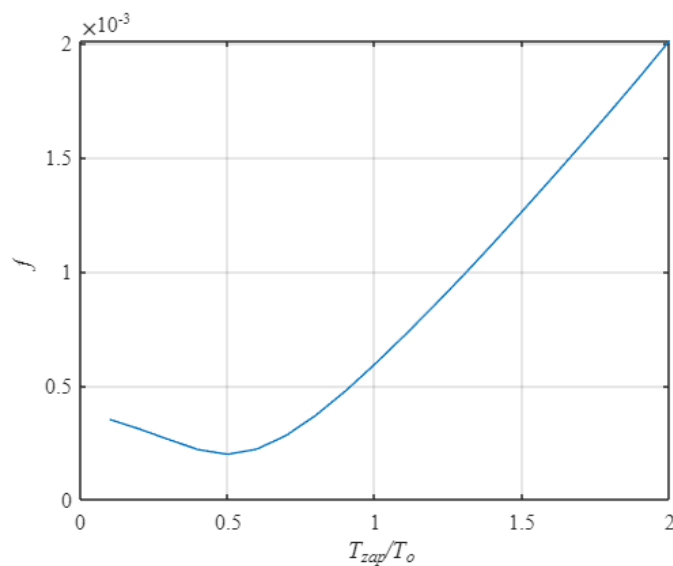
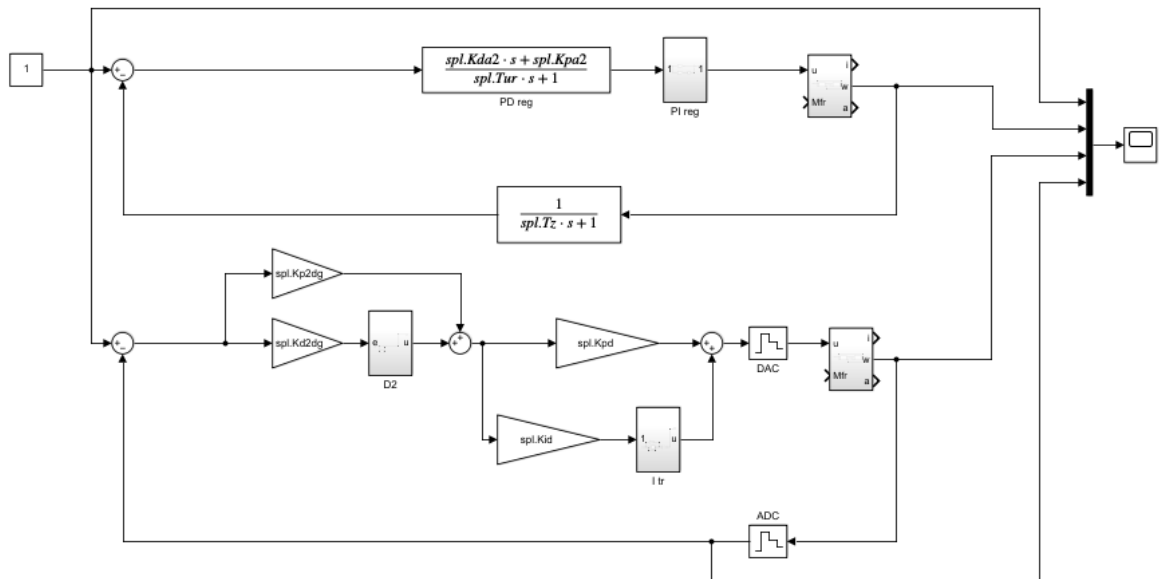


Рисунок 11 – График функционала системы



Задание 3.4. Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудование

$$T_{\mu} = T_{\mu r} + T_z$$

$$Kpa = \frac{T_2}{2 * K_{ob} * T_{\mu}}$$

$$Kia = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_{\mu}}$$

$$Kia = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_{\mu}}$$

$$Kpa2 = 1$$

$$Kda2 = T_1$$

$$Kpd = \frac{T_2}{2 * K_{ob} * T_{\mu}}$$

$$Kid = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_{\mu}}$$

$$Kd2dg = \frac{1}{\exp\left(\frac{T_o}{T_1}\right) - 1}$$

$$Kp2d,g = 1$$

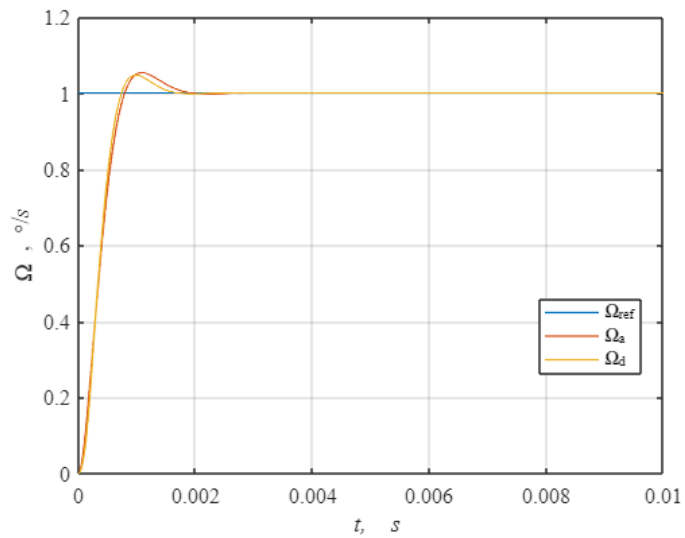


Рисунок 13 – График моделирование работы, настроенный на технический оптимум при $T_0 = 0.1 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 3 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 4.7 \%$$

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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$

Задание 4.1. Аппроксимация аperiodическим звеном

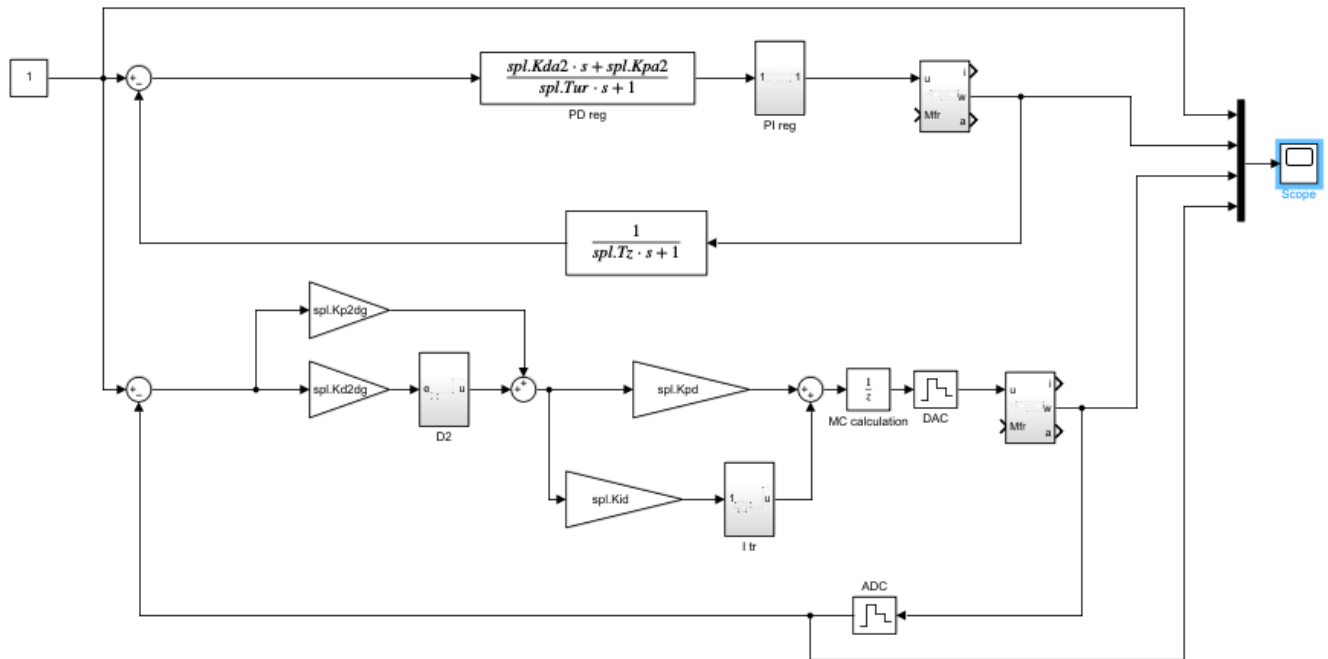


Рисунок 14 – Схема моделирования

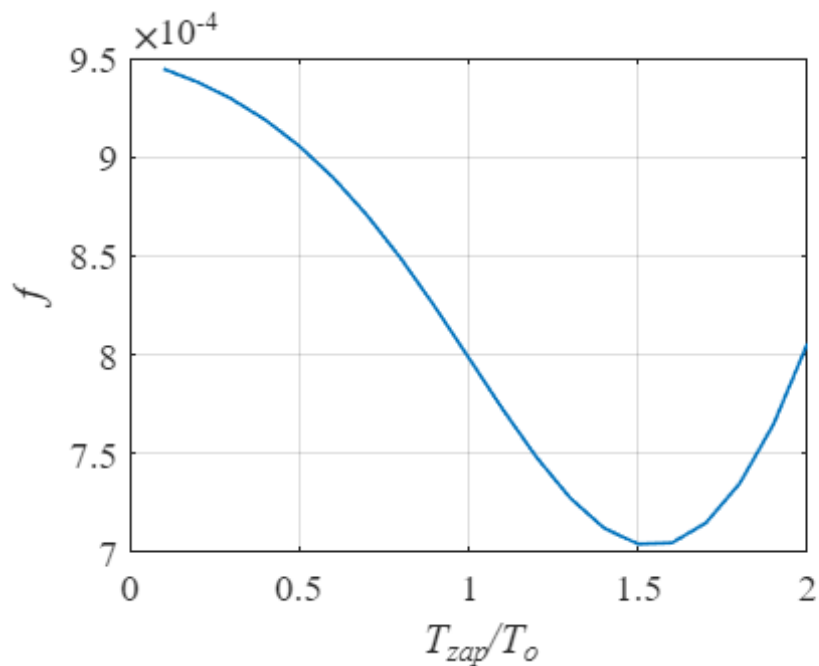


Рисунок 15 – График функционала системы

Задание 4.1. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования

$$T_z = 1.5 \cdot T_o$$

$$T_{\mu r} = 0.5 \cdot T_o$$

$$T_{\mu} = T_{\mu r} + T_z$$

Расчет коэффициентов такой же, как в задании 3.4.

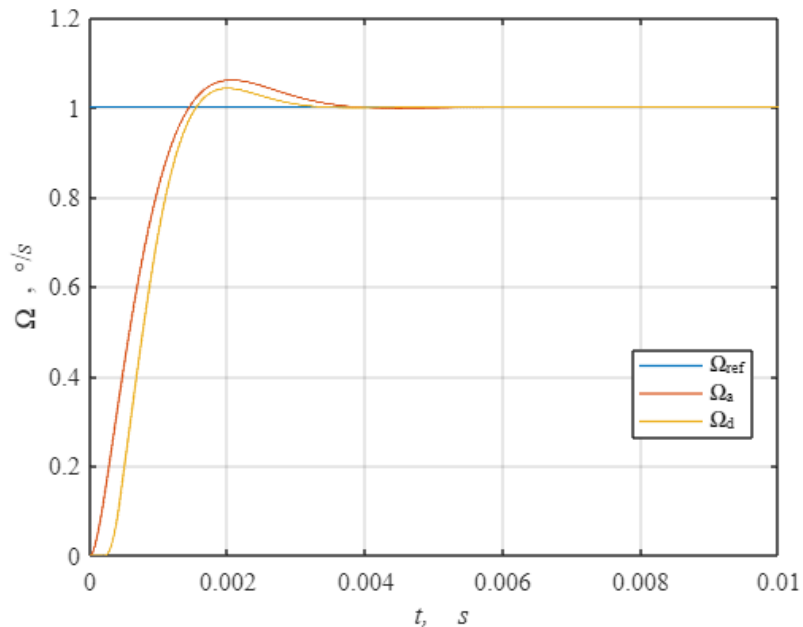


Рисунок 16 – График моделирование работы при $T_0 = 0.1 \cdot T_{\mu}$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 3 \cdot T_{\mu}$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 3 \cdot T_{\mu}$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 4.7 \%$$

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 $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$

Задание 5.1. Расчет регулятора скорости

$$W_{ob} = \frac{K_{ob}}{(T_2 s + 1)(T_\mu s + 1)}$$

$$W_{ol} = \frac{4T_\mu s + 1}{8T_\mu^2 s^2 (T_\mu s + 1)}$$

$$W_{reg} = \frac{W_{ol}}{W_{ob}} = \frac{(T_2 s + 1)(4T_\mu s + 1)}{8K_{ob}T_\mu^2 s^2}$$

Задание 5.2. Моделирование систем, настроенной на симметричный оптимум

$$T_\mu = T_1$$

$$T_0 = 0.1 * T_\mu$$

$$K_{pa} = \frac{T_2}{2 * K_{ob} T_\mu}$$

$$K_{ia1} = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_\mu}$$

$$K_{ia2} = \frac{T_2}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{iia} = \frac{1}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{pd} = \frac{T_2}{2 * K_{ob} T_\mu}$$

$$K_{id1} = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_\mu}$$

$$K_{id2} = \frac{T_2}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{iid} = \frac{1}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

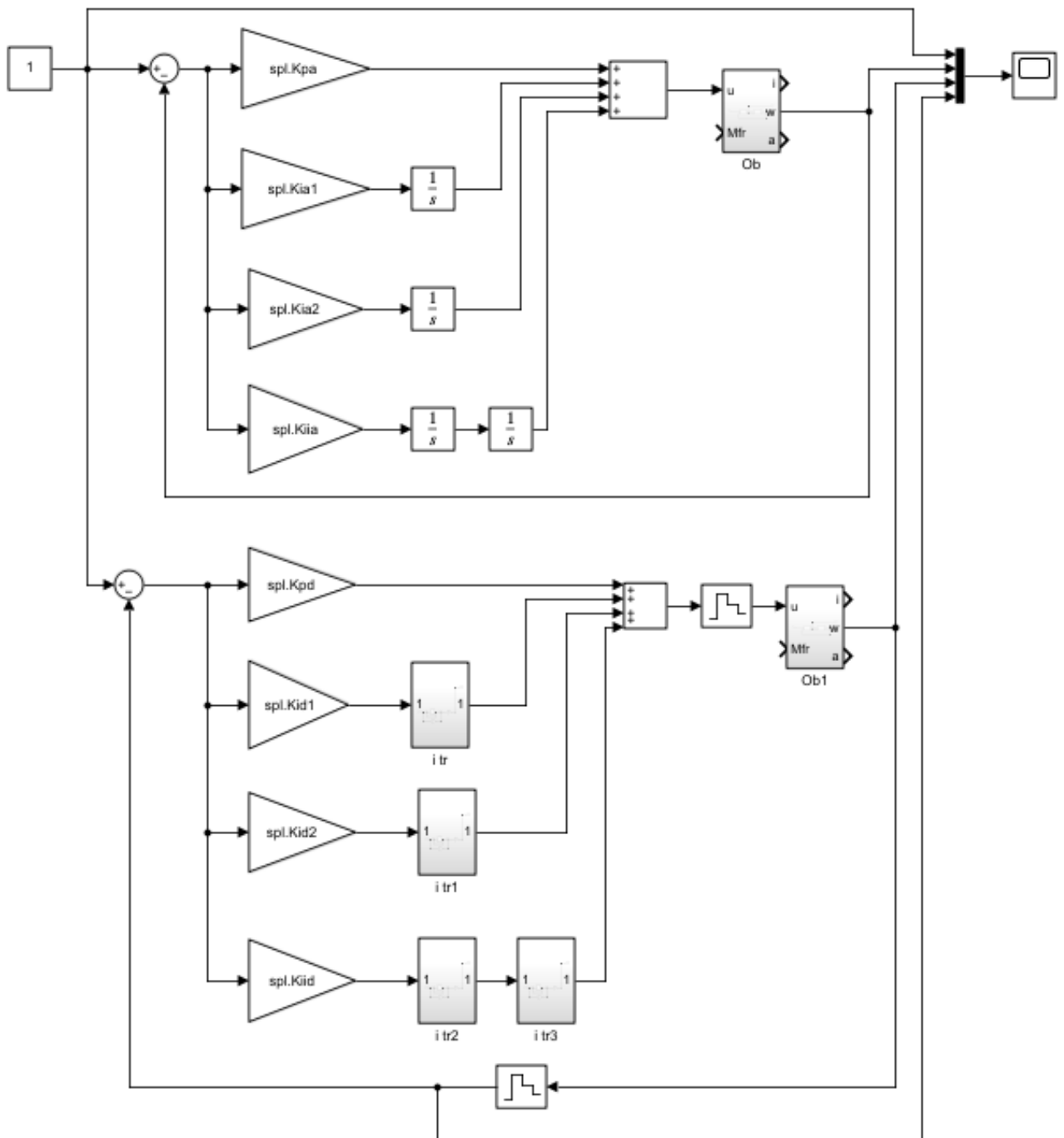


Рисунок 17 – Схема моделирования

При $T_0 = 0.1 \cdot T_\mu$

Время переходного процесса для входа в 5%:

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 2.9 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 14.8 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 45.3\%$$

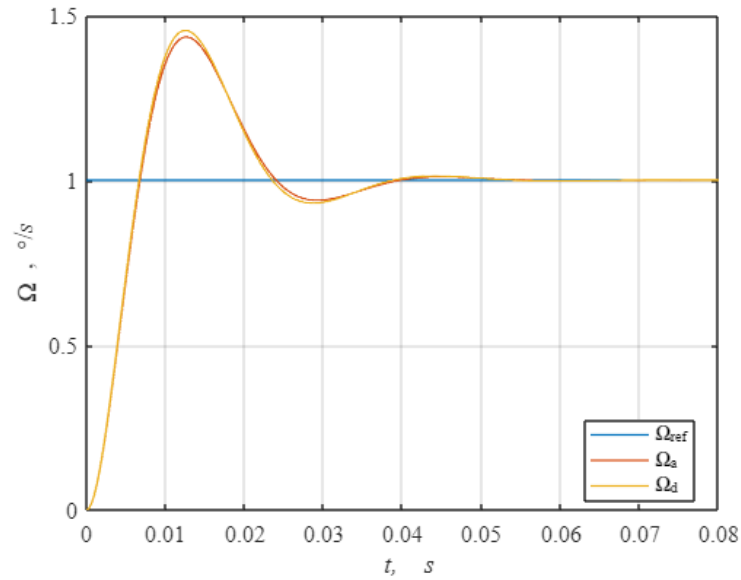


Рисунок 18 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптимум при $T_0 = 0.1 \cdot T_\mu$

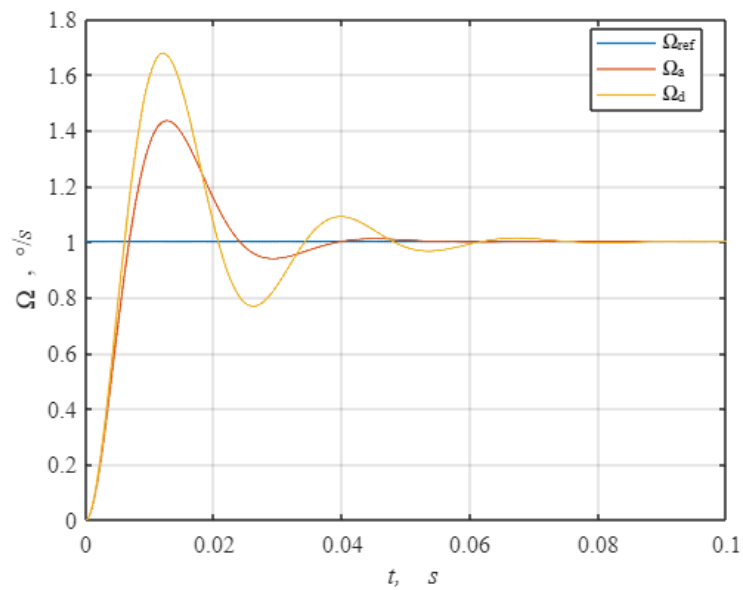


Рисунок 19 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптимум при $T_0 = 1 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 2.7 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 20.2 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 67.5 \%$$

Задание 5.3. Аппроксимация апериодическим звеном

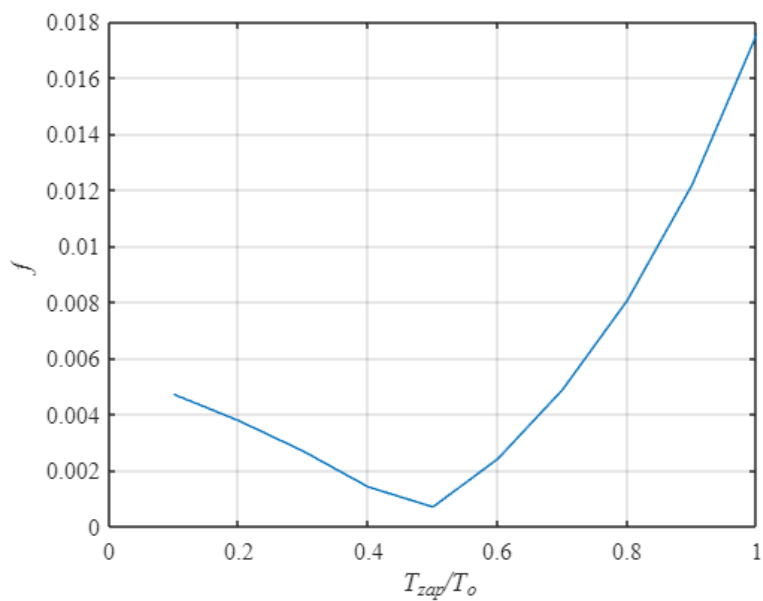


Рисунок 20 – График функционала системы

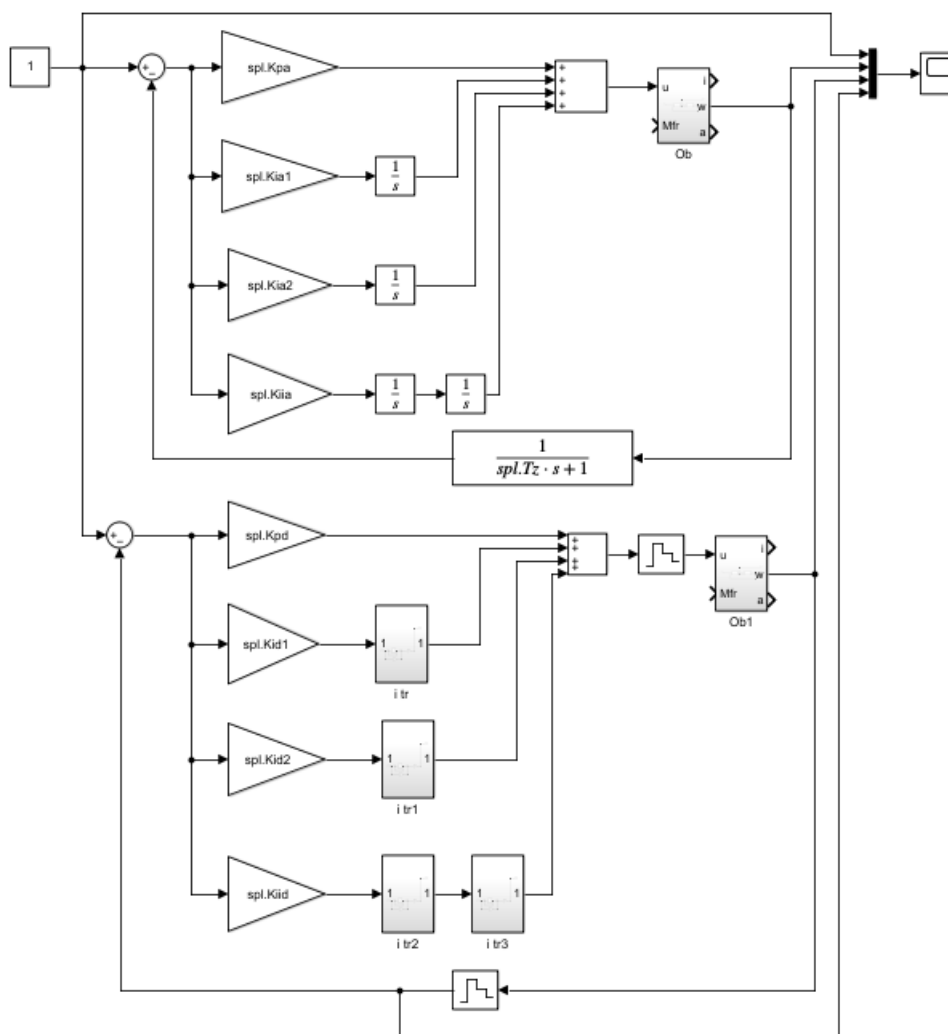


Рисунок 21 – Схема моделирования

Задание 5.4. Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования

$$T_z = 0.5 \cdot T_0$$

$$T_\mu = T_1 + T_z$$

Расчет коэффициентов такой же, как в задании 5.2.

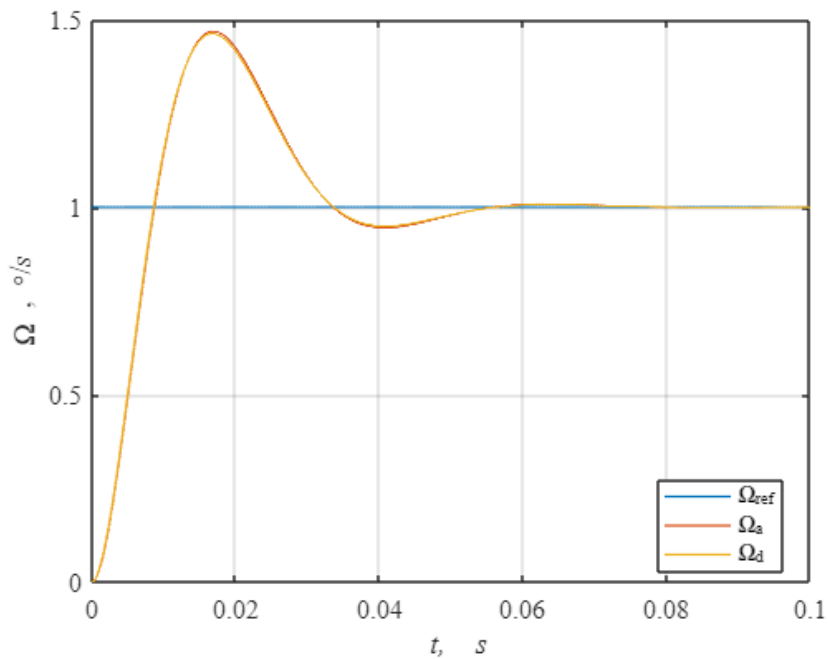


Рисунок 22 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптимум при $T_0 = 1 \cdot T_\mu$

Время переходного процесса для входа в 5%:

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 2.5 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 12.8 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 46.2\%$$

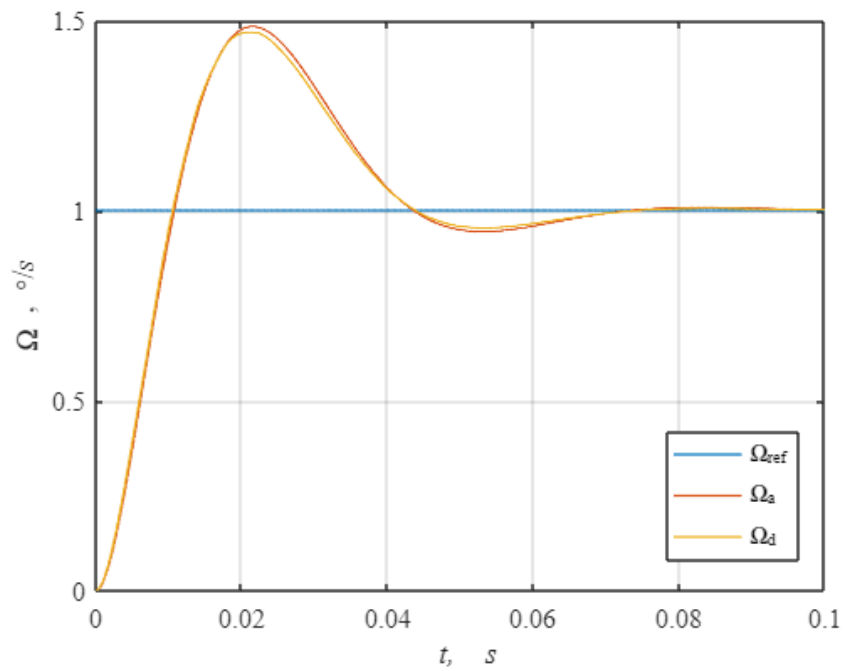


Рисунок 23 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптимум при $T_0 = 2 \cdot T_\mu$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 2.3 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 9.2 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 46.7 \%$$

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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$.

Задание 6.1. Синтез регулятора скорости

$$W_{ob} = \frac{K_{ob}}{(T_2 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

$$W_{ol} = \frac{4T_\mu s + 1}{8T_\mu^2 s^2 (T_\mu s + 1)}$$

$$W_{reg} = \frac{W_{ol}}{W_{ob}} = \frac{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(4T_\mu s + 1)}{8K_{ob} T_\mu^2 s^2 (T_\mu s + 1)}$$

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

$$T_o = 0.1 \cdot T_1$$

$$T_{\mu r} = 0.5 \cdot T_o$$

$$T_\mu = T_{\mu r}$$

$$K_{pa} = \frac{T_2}{2 * K_{ob} T_\mu}$$

$$K_{ia1} = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_\mu}$$

$$K_{ia2} = \frac{T_2}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{iia} = \frac{1}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{pd} = \frac{T_2}{2 * K_{ob} T_\mu}$$

$$K_{id1} = \frac{1}{2 * K_{ob} * T_\mu}$$

$$K_{id2} = \frac{T_2}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{iid} = \frac{1}{8 * K_{ob} * T_\mu^2}$$

$$K_{d2dg} = \frac{1}{\exp\left(\frac{T_o}{T_1}\right) - 1}$$

$$K_{p2dg} = 1$$

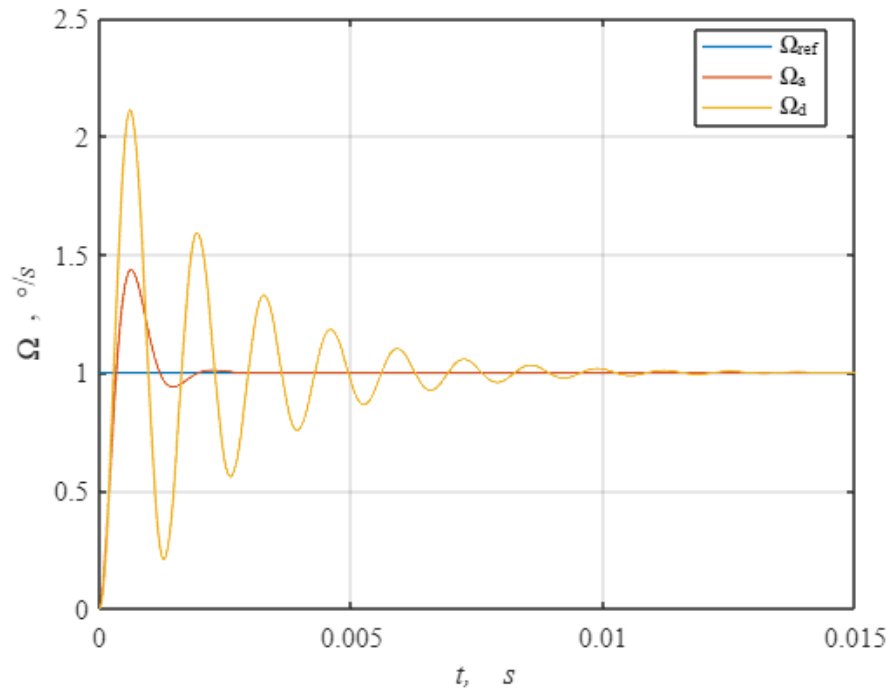


Рисунок 24 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптиум при $T_0 = 0.1 \cdot T_1$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$t_{p1} = t_1 - t_0 = 2.5 \cdot T_\mu$$

$$t_{p2} = t_{end} - t_0 = 66.8 \cdot T_\mu$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 110.7 \%$$

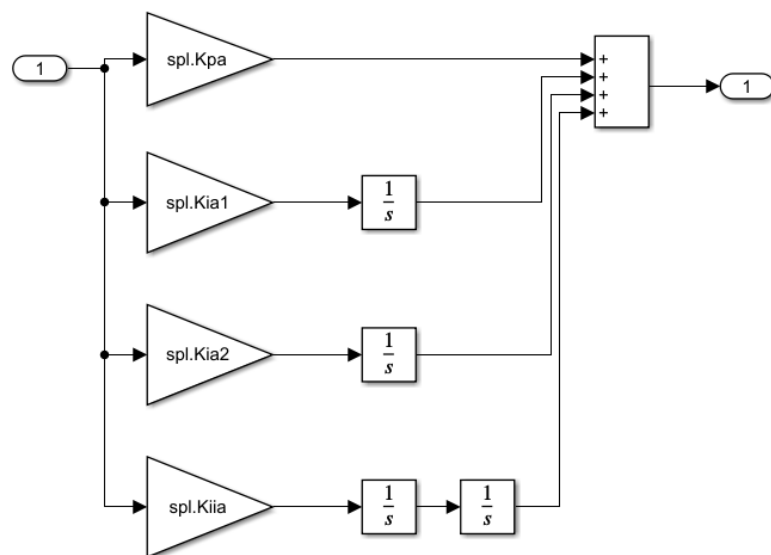
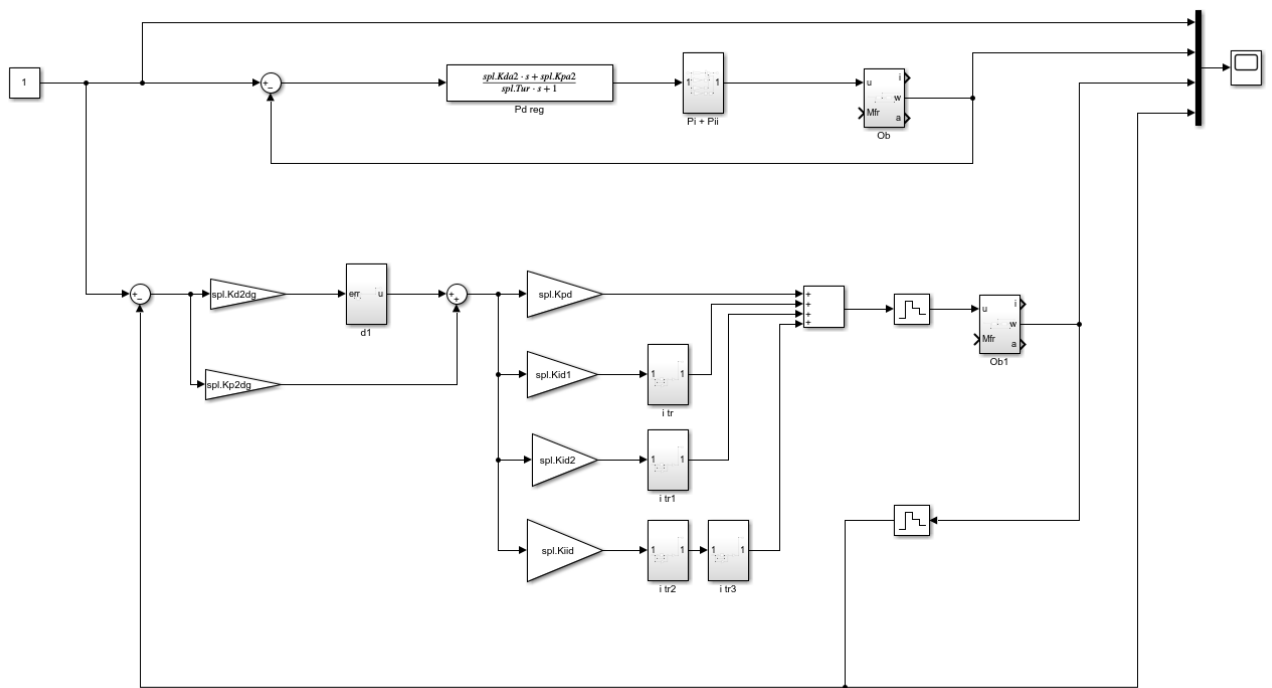


Рисунок 25 – Схема моделирования

Задание 6.3. Аппроксимация

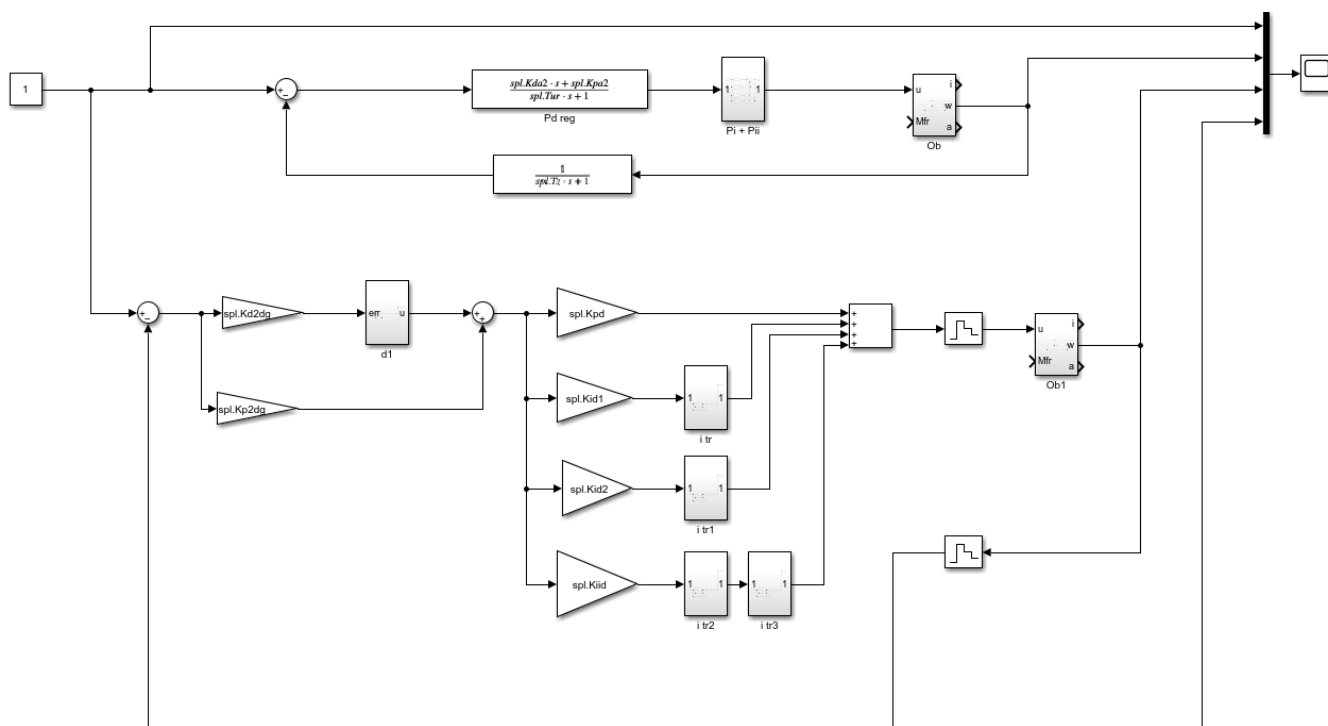


Рисунок 26 – Схема моделирования

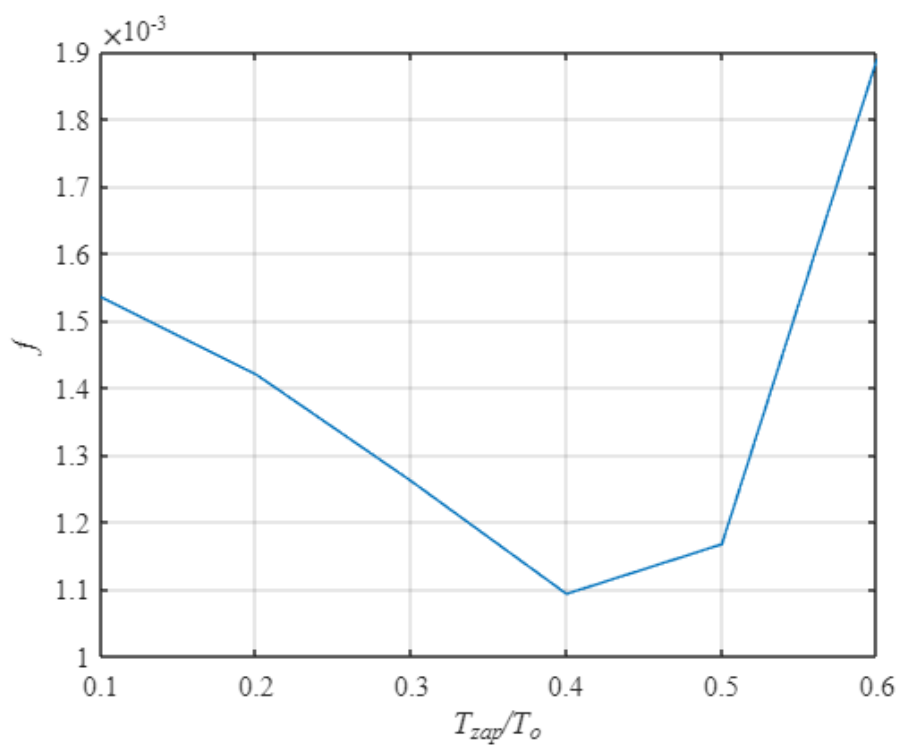


Рисунок 27 – График функционала системы

Задание 6.4. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования

$$\begin{aligned}T_o &= 0.1 \cdot T_1 \\T_z &= 0.4 \cdot T_o \\T_{\mu r} &= 0.5 \cdot T_o \\T_{\mu} &= T_{\mu r} + T_z\end{aligned}$$

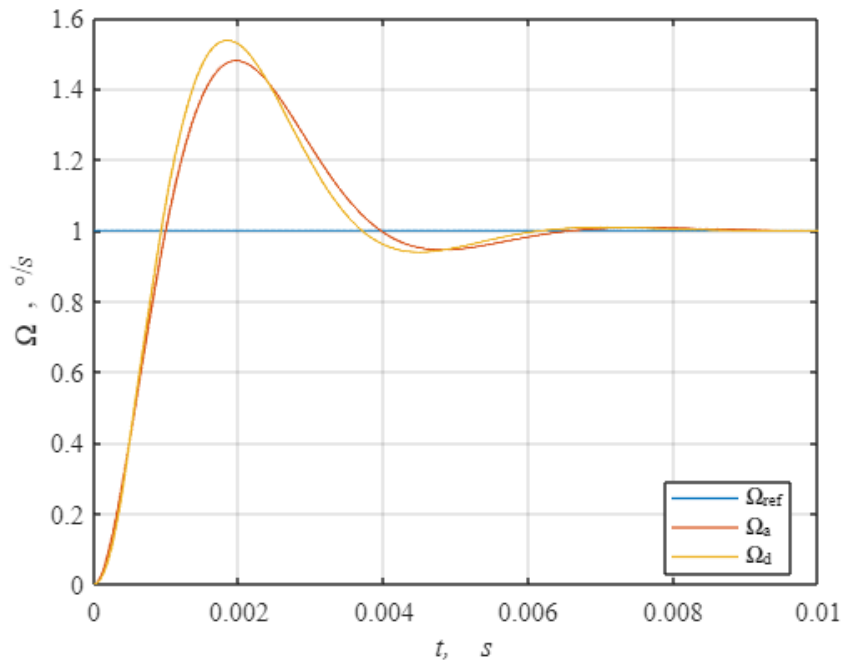


Рисунок 28 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптим при $T_0 = 0.1 \cdot T_1$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$\begin{aligned}t_{p1} &= t_1 - t_0 = 2.3 \cdot T_{\mu} \\t_{p2} &= t_{end} - t_0 = 12.5 \cdot T_{\mu}\end{aligned}$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 53.7 \%$$

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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = T_0$.

Задание 7.1. Аппроксимация

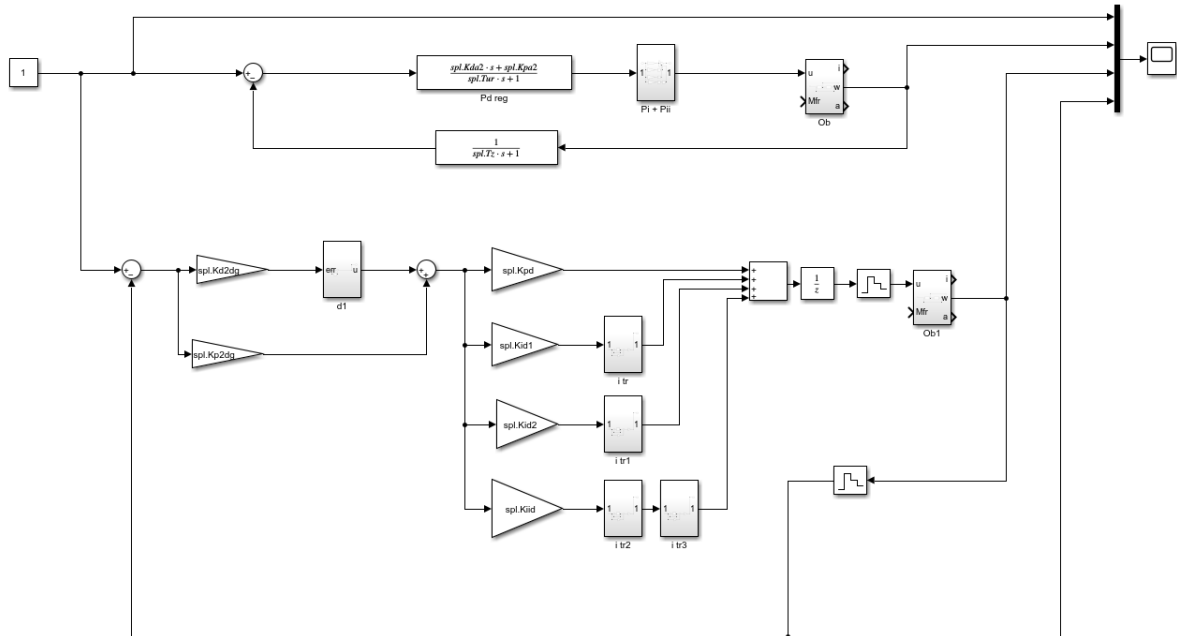


Рисунок 29 – Схема моделирования

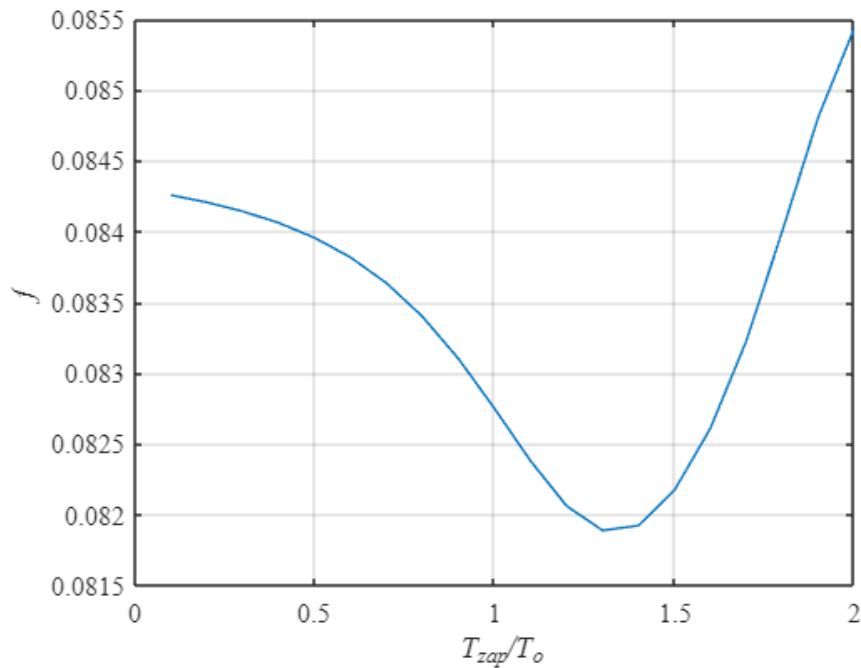


Рисунок 30 – График функционала системы

Задание 7.2. Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования

$$\begin{aligned}T_o &= 0.1 \cdot T_1 \\T_z &= 1.4 \cdot T_o \\T_{\mu r} &= 0.5 \cdot T_o \\T_{\mu} &= T_{\mu r} + T_z\end{aligned}$$

Расчет коэффициентов аналогичен расчету из предыдущего задания.

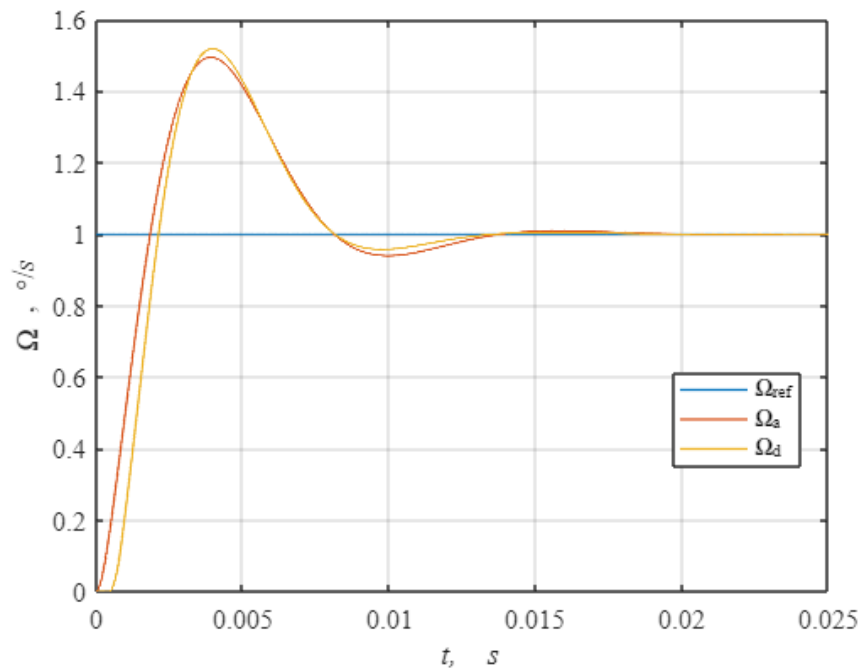


Рисунок 31 – График моделирование работы, настроенный на симметричный оптим при $T_0 = 0.1 \cdot T_1$

Найдем время переходного процесса для входа в 5%.

$$\begin{aligned}t_{p1} &= t_1 - t_0 = 2.5 \cdot T_{\mu} \\t_{p2} &= t_{end} - t_0 = 9 \cdot T_{\mu}\end{aligned}$$

Вычислим перерегулирование Δy :

$$\Delta y = 51.8 \%$$

Результаты работы

Таблица 1

T_0	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_0 = 0.1 \cdot T_\mu$	4	6.3	5
$T_0 = 0.5 \cdot T_\mu$	3.7	7.4	8.8
$T_0 = 1 \cdot T_\mu$	3.4	7.8	15.3

Таблица 2

T_0	$T_\mu = T_1 + T_z$	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_0 = T_1$	0.0033	3.5	3.5	4.5
$T_0 = 2T_1$	0.0044	3.1	3.1	4.8

Таблица 3

T_0	$T_\mu = T_{\mu r} + T_z$	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_0 = 0.1 \cdot T_1$	$2.7 \cdot 10^{-4}$	3.0	3.0	4.7

Таблица 4

T_0	$T_\mu = T_{\mu r} + T_z$	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_0 = 0.1 \cdot T_1$	$4.4 \cdot 10^{-4}$	3.1	3.1	4.1

Таблица 5

T_0	$T_\mu = T_1 + T_z$	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_o = T_1$	0.0033	2.5	12.8	46.2
$T_o = 2T_1$	0.0044	2.3	9.2	46.7

Таблица 6

T_0	$T_\mu = T_{\mu r} + T_z$	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_0 = 0.1 \cdot T_1$	$3.94 \cdot 10^{-4}$	2.3	12.5	53.7

Таблица 7

T_0	$T_\mu = T_{\mu r} + T_z$	$t_{p1}, \text{с}$	$t_{p2}, \text{с}$	$\Delta y, \%$
$T_0 = 0.1 \cdot T_1$	$8.3 \cdot 10^{-4}$	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 T_0 перерегулирование увеличивается, время переходного процесса уменьшается.

При настройке системы на симметричный оптимум увеличилось время переходного процесса и перерегулирование по сравнению с техническим оптимумом. При величине периода дискретности управления $T_o = 0.5$ (при вводе задержки $T_o = 1.4$) обеспечивается качество переходного процесса в исследуемой цифровой системе, близкое к процессу в эквивалентной непрерывной системе.

В случае $T_1 \approx T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$ можно наблюдать наилучшую сходимость аналоговой и цифровой систем, при $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$ можно наблюдать наихудшую сходимость, и при техническом оптимуме, и при симметричном оптимуме.