

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ “САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ” ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РОБОТОТЕХНИКИ

Системы управления в электроприводе

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.**

Выполнил студент группы R34352

Эргле Екатерина Артуровна

Преподаватель

Ловлин Сергей Юрьевич

Санкт-Петербург 2023

Содержание

1. Синтез системы с использованием "метода переоборудования".....	2
Передаточная функция системы.....	2
Расчёт регулятора скорости.....	3
Моделирование работы системы настроенной на технический оптимум при разных T_0	3
$T_0 = 0.1T_u$	3
$T_0 = 0.5T_u$	4
$T_0 = T_u$	5
2. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на "оптимум по модулю" с использованием эквивалентной непрерывной системы.....	6
Аппроксимация апериодическим звеном.....	6
Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования	7
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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$	8
Синтез регулятора скорости.....	8
Моделирование работы системы, настроенной на "технический оптимум".....	8
Аппроксимация.....	9
Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудования.....	10
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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = T_0$	11
Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования.....	12
Моделирование работы системы настроенной на симметричный оптимум.....	13
Аппроксимация апериодическим звеном.....	14
Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования.....	15
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 $T_1 \gg T_0$, $T_2 \gg T_0$, $\varepsilon = 0$	16
Синтез регулятора скорости.....	16
Моделирование работы системы настроенной на "технический оптимум".....	16
Аппроксимация.....	17
Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудования.....	18

1. Синтез системы с использованием "метода переоборудования"

Передаточная функция системы

$$\left(-\frac{R}{L}\right) i_a + \left(-\frac{C_e}{L}\right) \omega + \frac{u_a}{L}$$

$$\frac{C_e}{J} i_a$$

$$\frac{C_e}{(J L) s^2 + (J R) s + C_e^2}$$

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

ans =

$$\left(\frac{J R - \frac{\sqrt{-J (4 C e^2 L - J R^2)} + J R}{2 C e^2}}{C e^2} + \frac{\frac{\sqrt{-J (4 C e^2 L - J R^2)} - J R}{2 C e^2}}{C e^2} \right)$$

ans =

$$\left(\frac{\frac{\sqrt{-J (4 C e^2 L - J R^2)} + J R}{2 C e^2}}{-\frac{\sqrt{-J (4 C e^2 L - J R^2)} - J R}{2 C e^2}} \right)$$

ob = struct with fields:

R: 0.1279
L: 0.0132
J: 109.4119
Ce: 2
Cm: 2
T1: 0.1061
T2: 3.3922
kdw: 57.2958
Kob: 28.6479

Расчёт регулятора скорости

$$\frac{T_2 s + 1}{2 K_{ob} T_u s}$$

Моделирование работы системы настроенной на технический оптимум при разных T_0

$$T_0 = 0.1 T_u$$

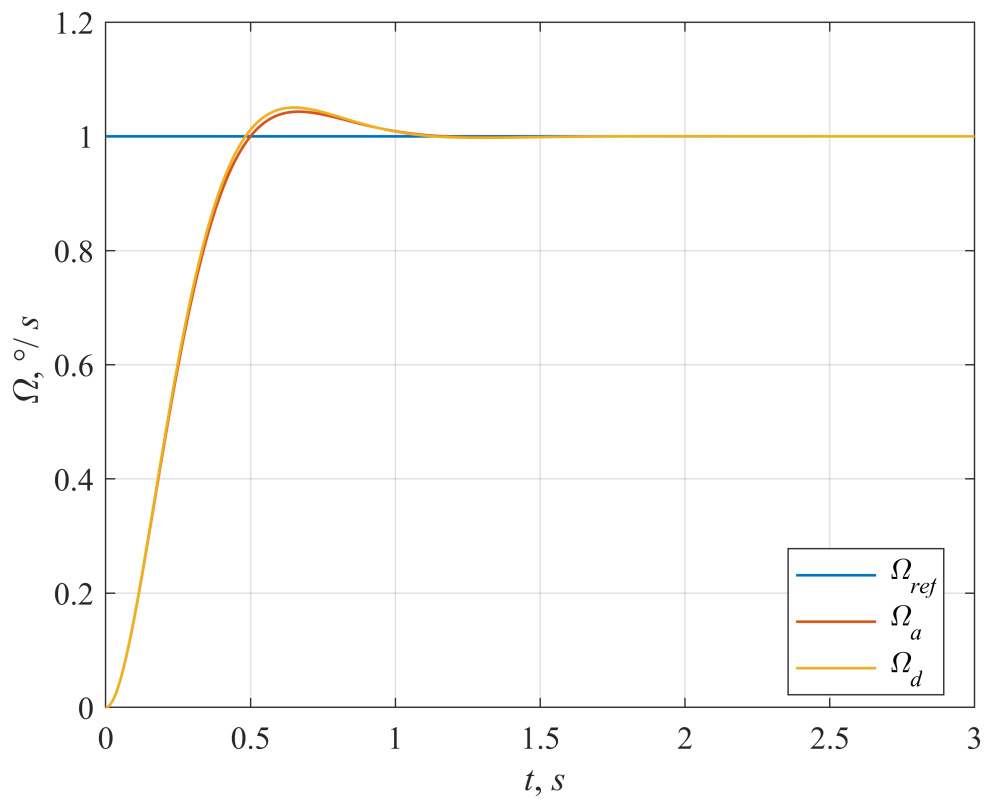


Рисунок 1. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $4.0 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $6.3 \cdot T_u$

Перерегулирование: 5.0%

$T_0 = 0.5 T_u$

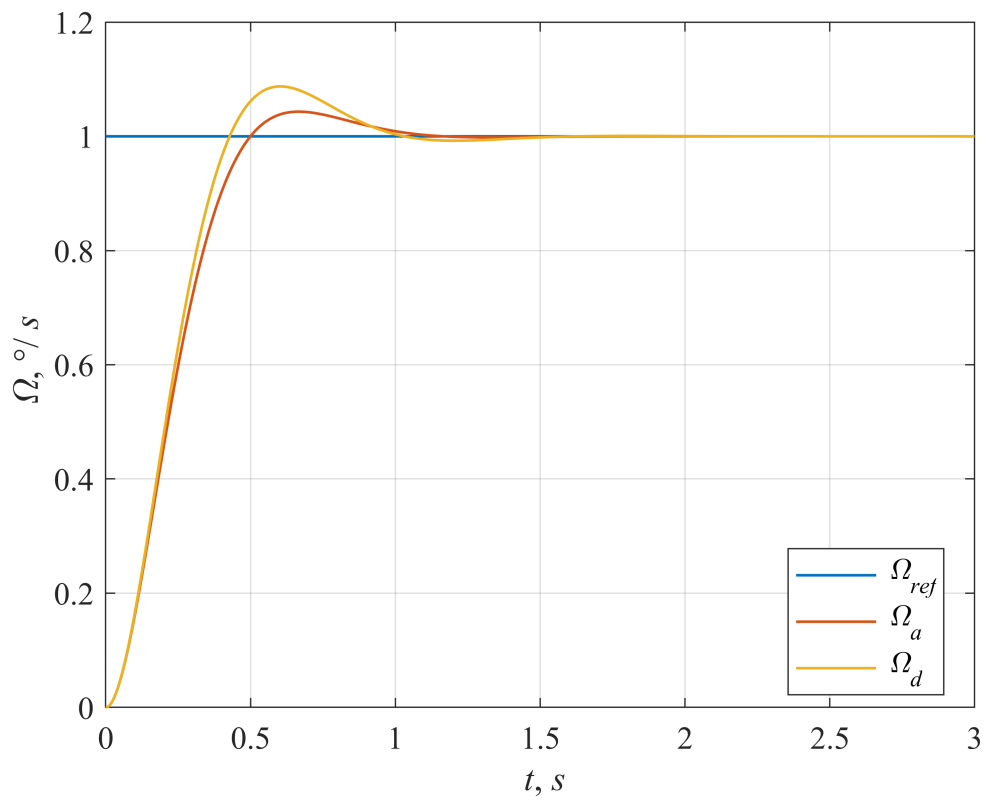


Рисунок 2. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.7 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $7.4 \cdot T_u$

Перерегулирование: 8.7%

$T_0 = T_u$

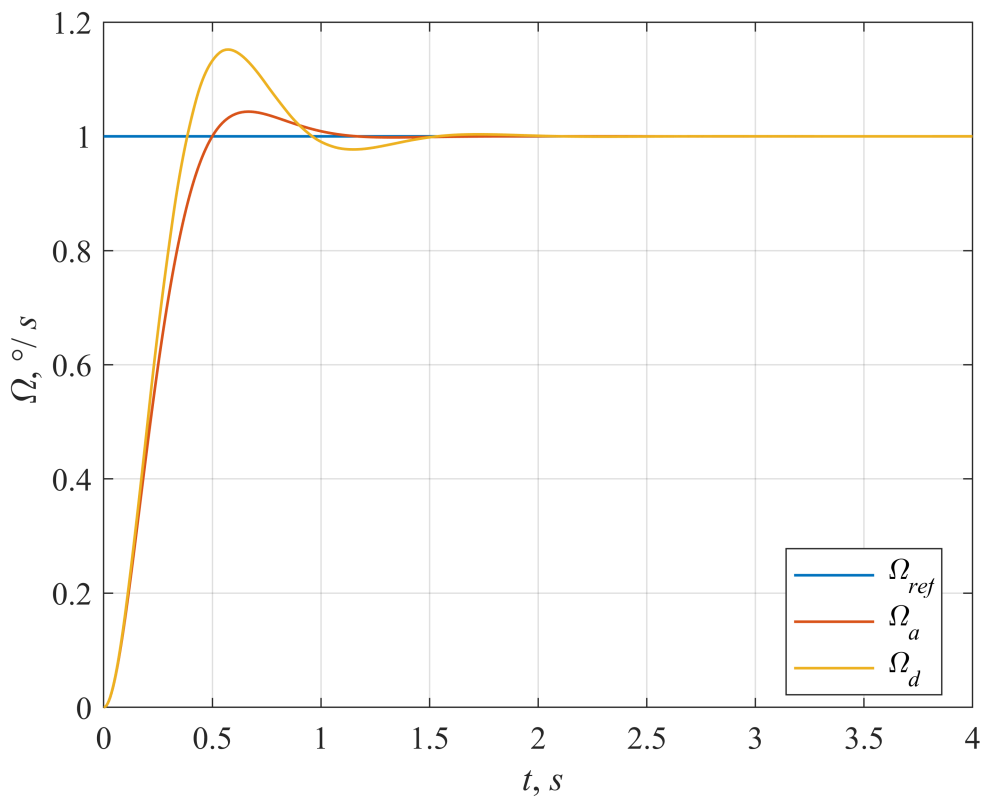


Рисунок 3. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.4 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $7.8 \cdot T_u$

Перерегулирование: 15.2%

Таблица 1.

T_0	t_{p1}, c	t_{p2}, c	$\Delta y, \%$
$T_0 = 0,1 T_\mu$	4	6,3	5
$T_0 = 0,5 T_\mu$	3,7	7,4	8,7
$T_0 = T_\mu$	3,4	7,8	15,2

2. Синтез системы из условия получения в ней стандартной настройки на "оптимум по модулю" с использованием эквивалентной непрерывной системы.

Аппроксимация апериодическим звеном

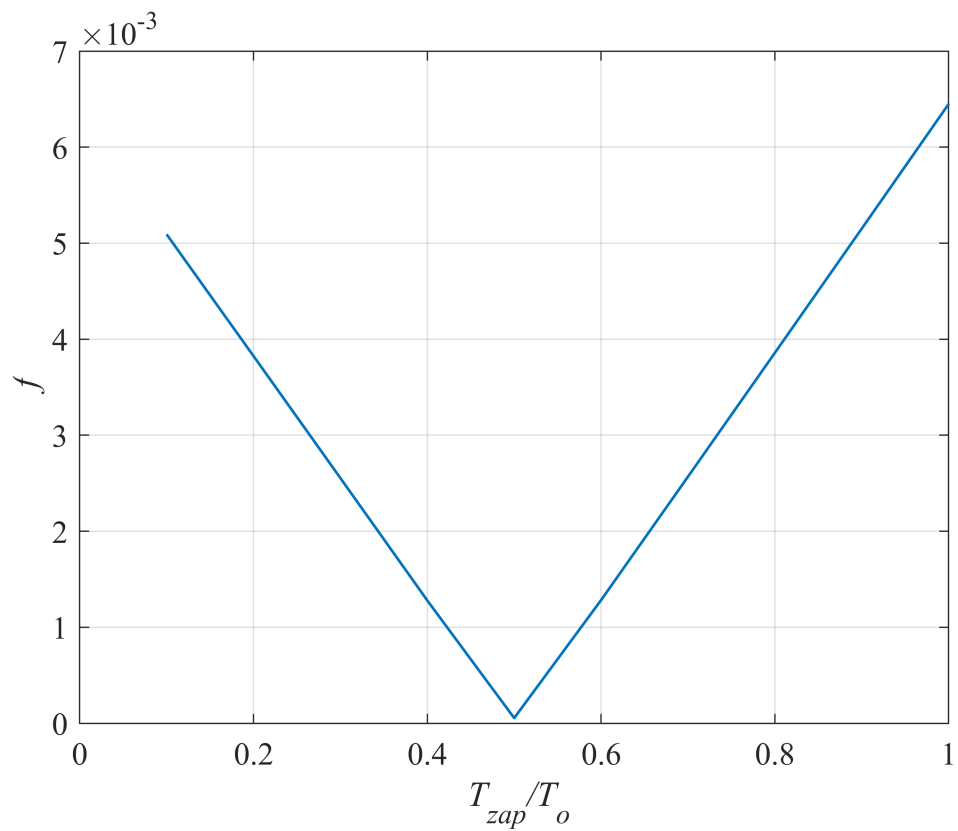


Рисунок 4. Функционал качества.

Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования

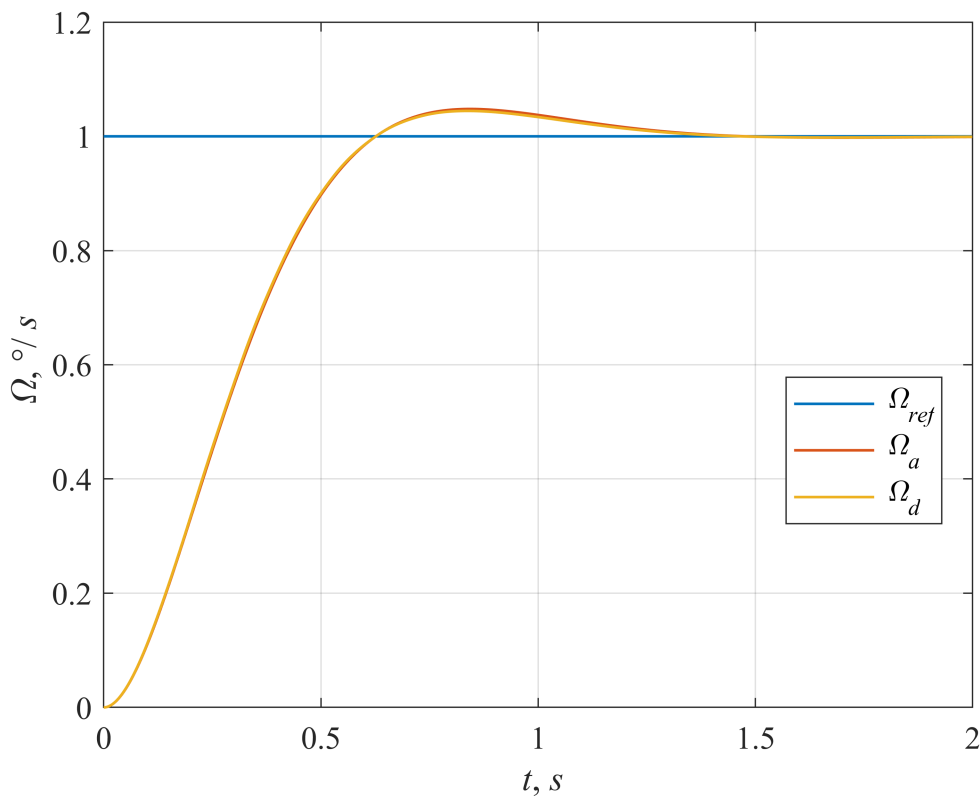


Рисунок 5. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.5 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $3.5 \cdot T_u$

Перерегулирование: 4.5%

Таблица 2.

T_0	T_μ	t_{p1}, c	t_{p2}, c	$\Delta y, \%$
0.1947	0.2920	3.5	3.5	4.5

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

Синтез регулятора скорости

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

Моделирование работы системы, настроенной на "технический оптимум"

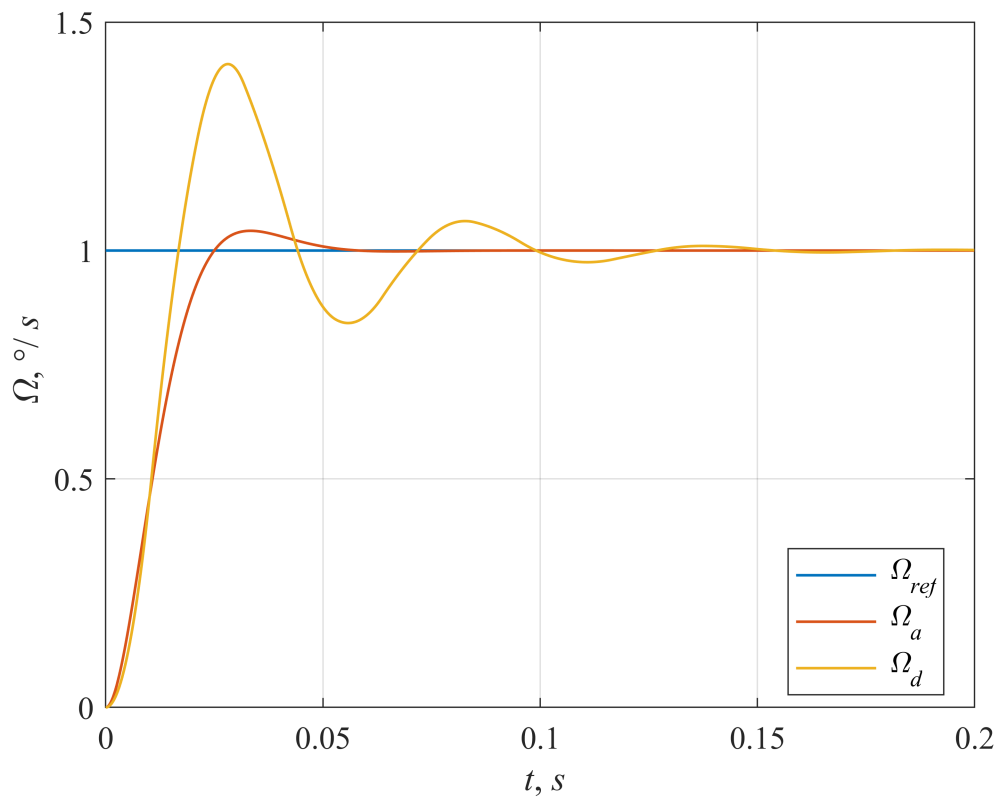


Рисунок 6. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.0 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $16.7 \cdot T_u$

Перерегулирование: 40.6%

Аппроксимация

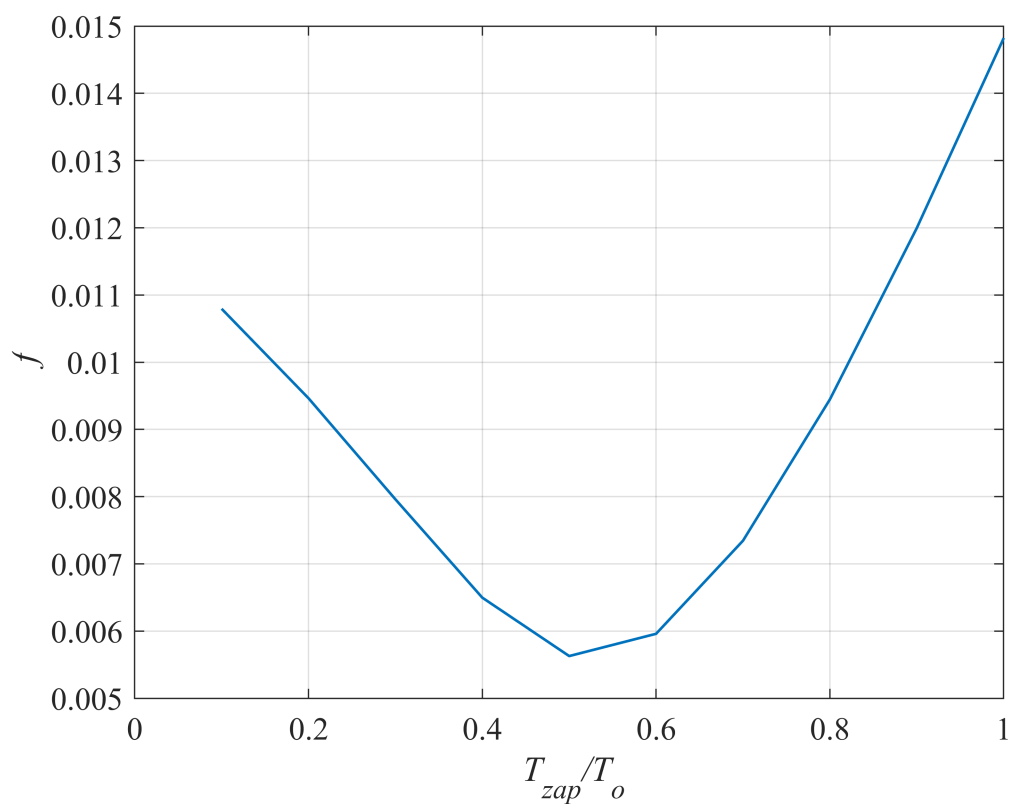


Рисунок 7. Функционал качества

Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудования.

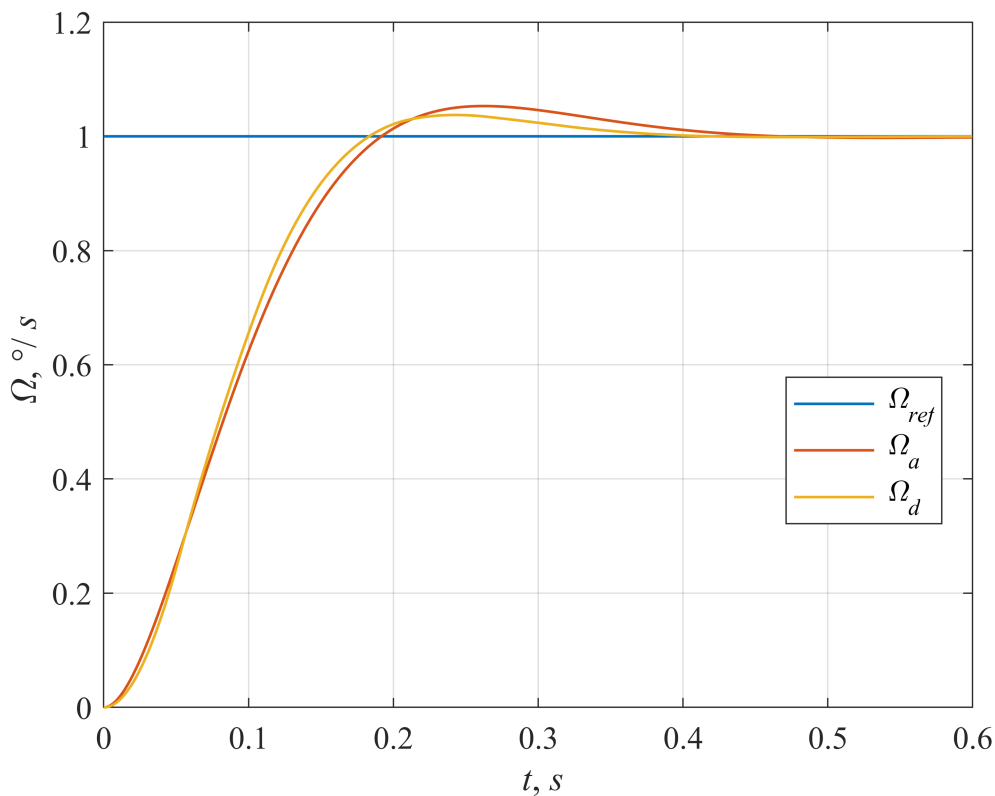


Рисунок 8. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.0 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $3.0 \cdot T_u$

Перерегулирование: 3.8%

Таблица 3.

T_0	T_μ	t_{p1}, c	t_{p2}, c	$\Delta y, \%$
0.1168	0.1168	3.0	3.0	3.6

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

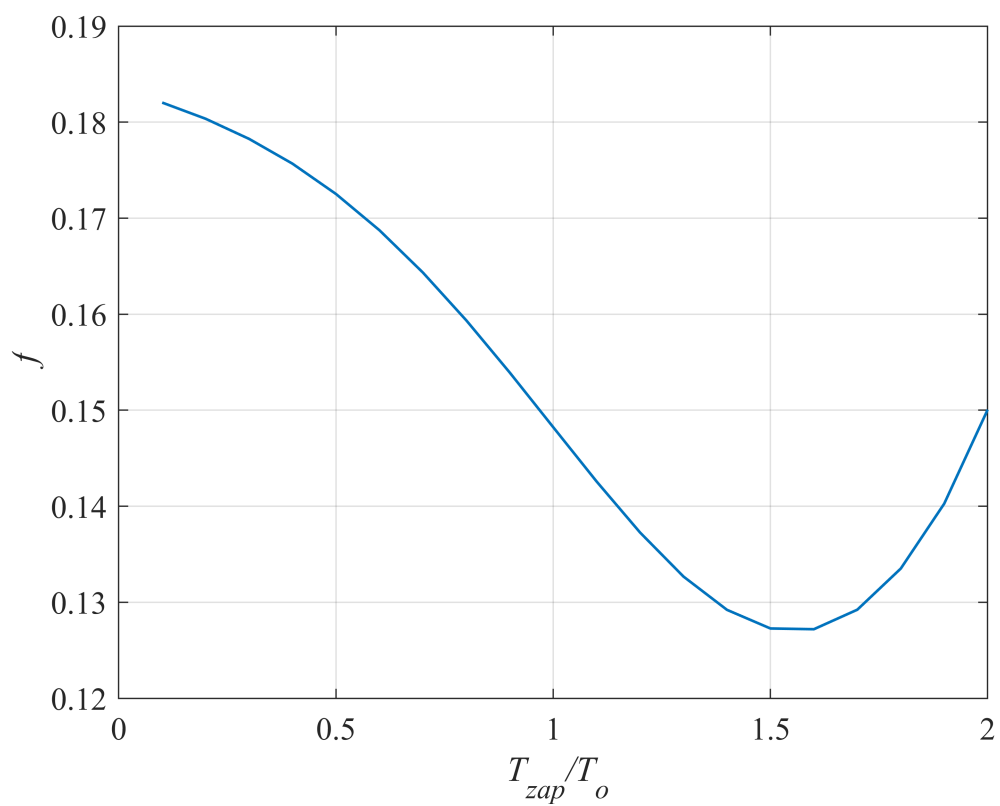


Рисунок 9. Функционал качества

Синтез цифрового ПД ПИ регулятора скорости методом переоборудования.

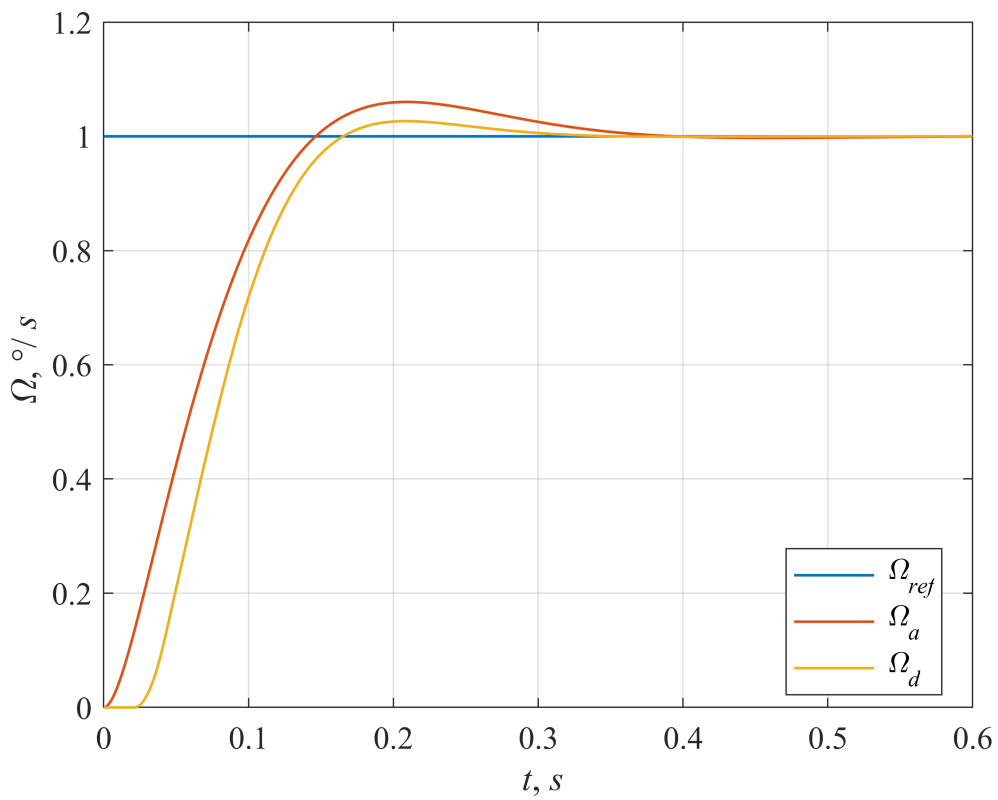


Рисунок 10. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.2 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $3.2 \cdot T_u$

Перерегулирование: 2.7%

Таблица 4.

T_0	T_μ	t_{p1}, c	t_{p2}, c	$\Delta y, \%$
0.0389	0.0857	3.3	3.3	2.7

Моделирование работы системы настроенной на симметричный оптимум

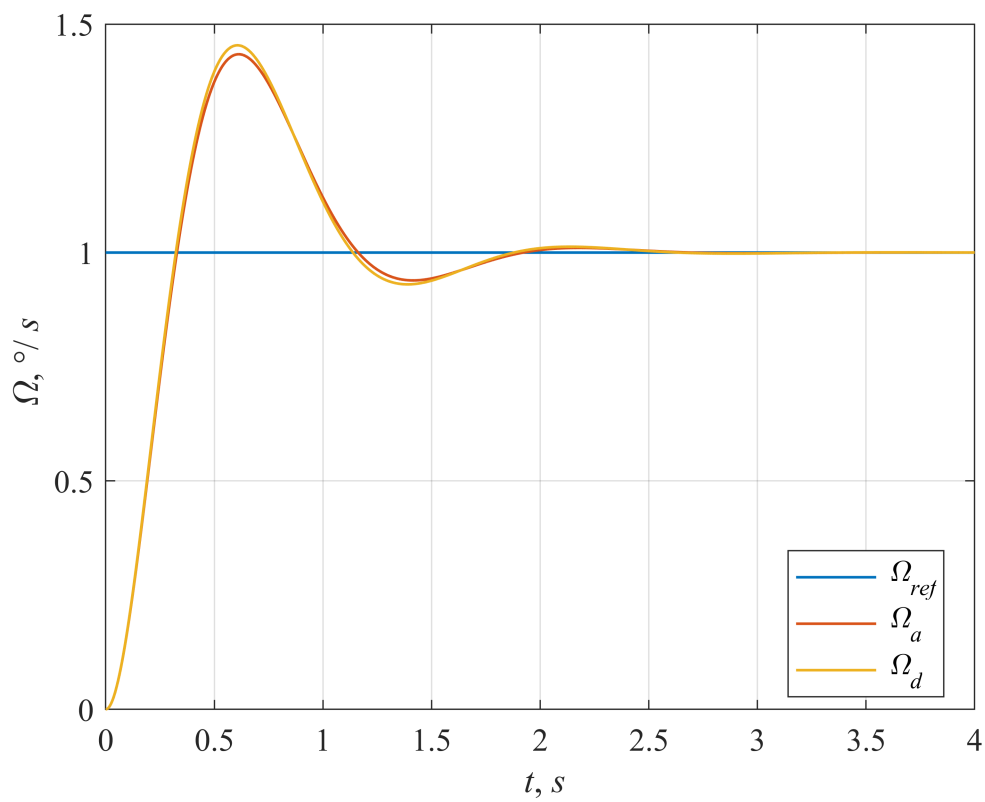


Рисунок 11. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $2.9 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $14.8 \cdot T_u$

Перерегулирование: 45.4%

Аппроксимация апериодическим звеном

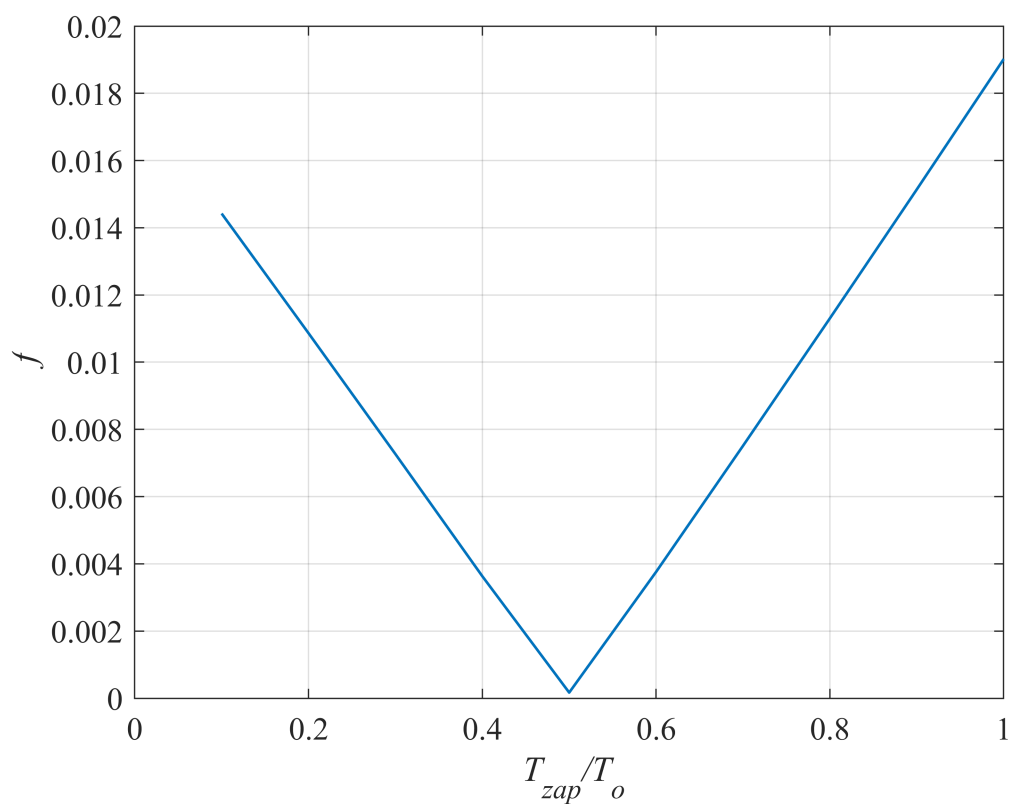


Рисунок 12. Функционал качества

Синтез цифрового ПИ-регулятора методом переоборудования

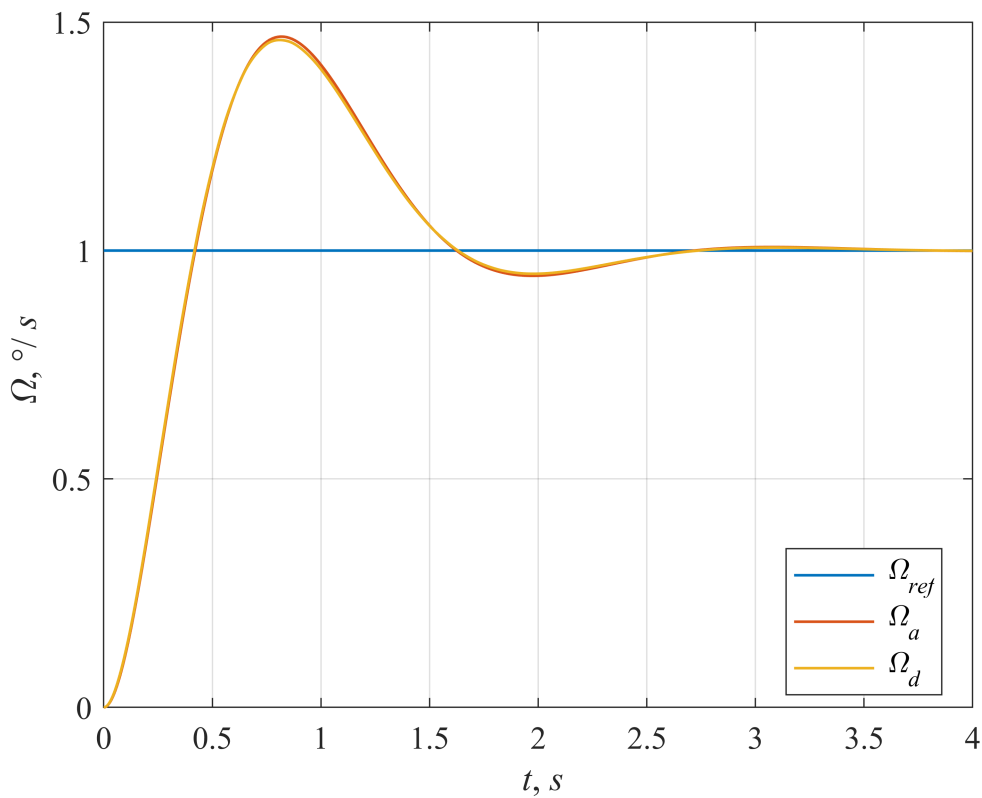


Рисунок 13. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $2.5 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp2$ 5% зоны: $12.6 \cdot T_u$

Перерегулирование: 46.2%

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

Синтез регулятора скорости

$$\frac{(T_1 s + 1) (T_2 s + 1) (4 T_u s + 1)}{8 K_{ob} T_u^2 s^2 (T_u s + 1)}$$

Моделирование работы системы настроенной на "технический оптимум"

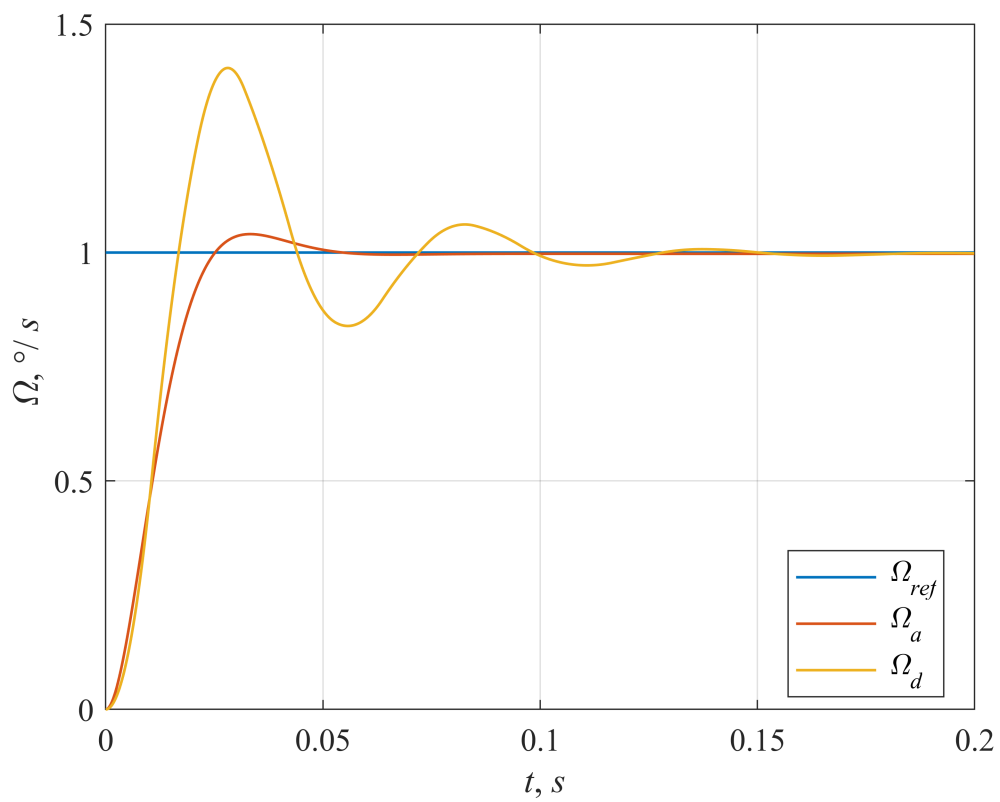


Рисунок 14. Моделирование системы.

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $3.0 \cdot T_u$

Время переходного процесса $tp1$ 5% зоны: $16.7 \cdot T_u$

Перерегулирование: 40.6%

Аппроксимация

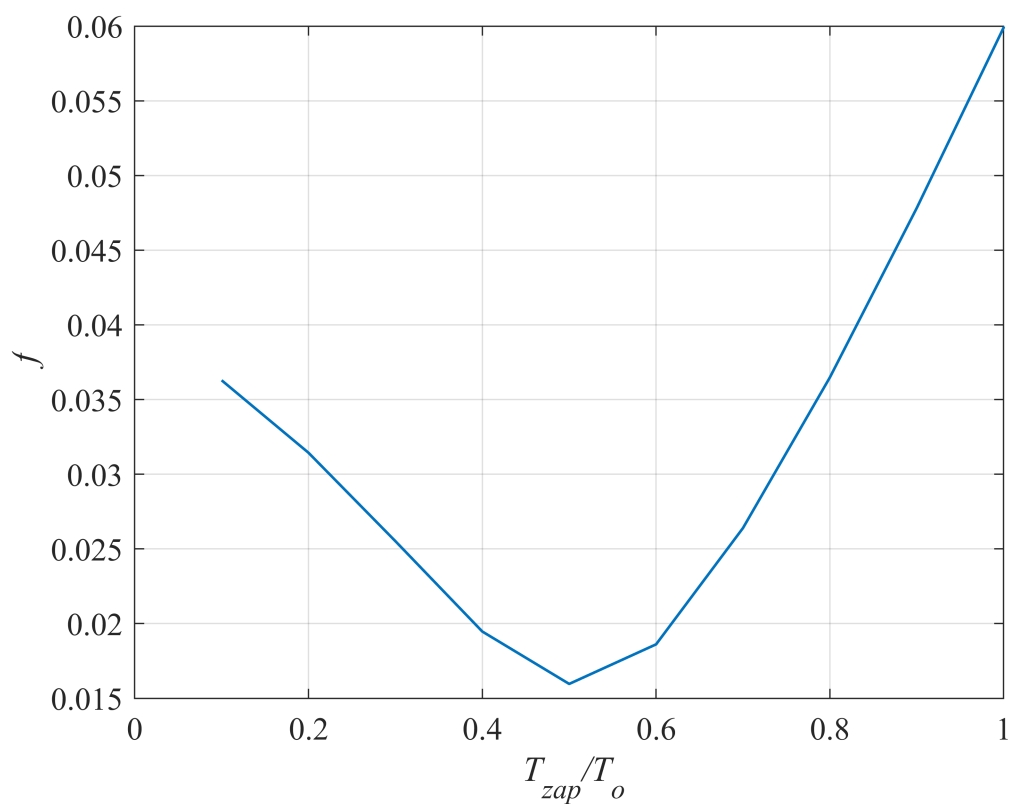


Рисунок 15. Функционал качества.

Синтез цифрового регулятора скорости методом переоборудования

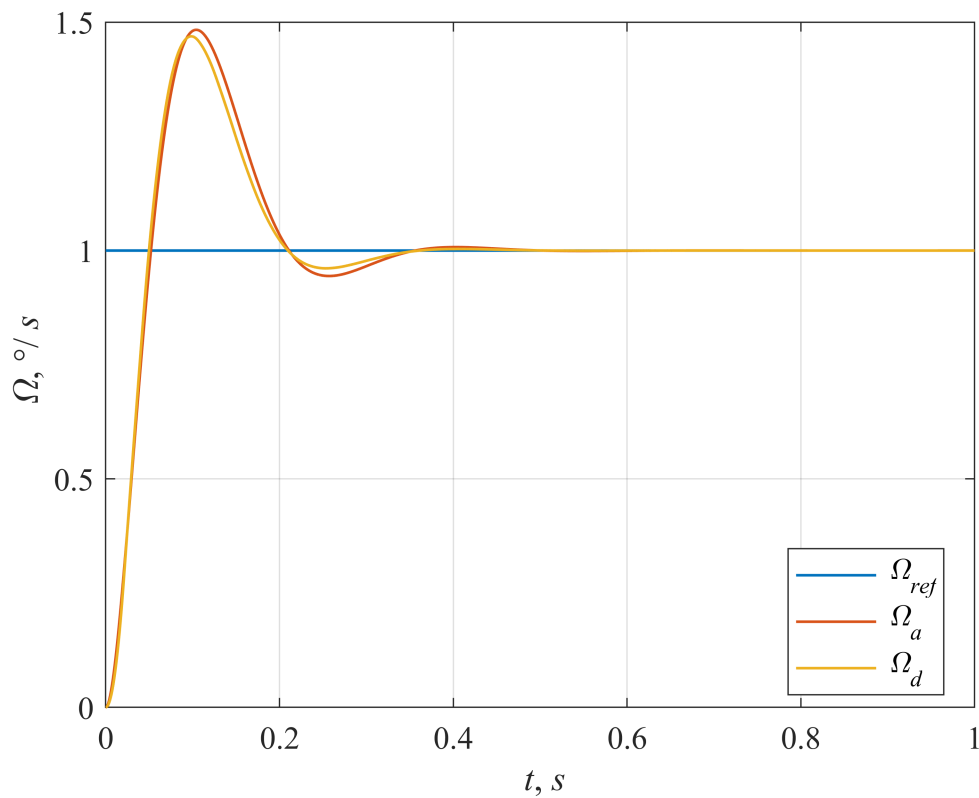


Рисунок 16. Моделирование системы.

Вывод: Была синтезирована и исследована система управления с объектом в виде двух последовательно включенных апериодических звеньев первого порядка из условия обеспечения заданного по качеству переходного процесса: Технический и Симметричный оптимумы. Симметричный оптимум показал хуже по показателям, чем технический, это также подтверждает теорию. При увеличении T_0 параметры переходных процессов тоже растут.