

Содержание

1	Постановка задачи	5
2	Определение устойчивости неизменяемой части системы	6
3	Синтез регулятора	7
3.1	Построение желаемой ЛАЧХ	7
3.2	Построение ЛАЧХ и ЛАФХ желаемой передаточной функции	9
3.3	Получение передаточной функции регулятора	10
4	Моделирование полученной системы	11
5	Реализация регулятора	13
	Список использованных источников	16

					КСУИ.144.Р3340.001 ПЗ								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Разраб.	Ким А.А.				Синтез последовательного регулятора для замкнутой следящей системы методом желаемых ЛАЧХ				Лит.	Лист	Листов		
Пров.	Григорьев В.В.										4	16	
									Университет ИТМО				
Н.контр.									Кафедра СУИ				
Утв.									Группа Р3340				

1 Постановка задачи

Задан объект управления, описание которого определяется $W_{нч}(s)$ – передаточной функцией неизменяемой части системы. Структурная схема следящей системы представлена на рисунке 1.

Требуется спроектировать регулятор, включенный последовательно с неизменяемой частью системы в контуре ошибки с передаточной функцией $W_{рег}(s)$, который обеспечивает в замкнутой следящей системе с единичной обратной связью заданный набор показателей качества.

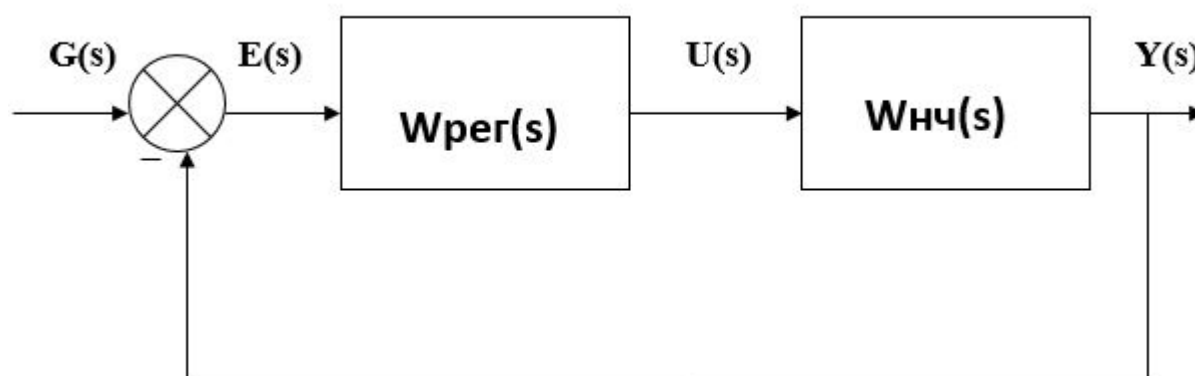


Рисунок 1 – Структурная схема следящей системы

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования системы

$W_H(s)$	K	T_1, c	q	t_n	σ	\dot{g}_{max}, c^{-1}	e_{max}
$\frac{K}{(T_1^2 * s^2 + 2qT_1 * s + 1)s}$	195	0.228	0.19	0.15	23	6	0.040

2 Определение устойчивости неизменяемой части системы

На рисунке 2 приведена схема моделирования неизменяемой части системы, график переходного процесса на рисунке 3.

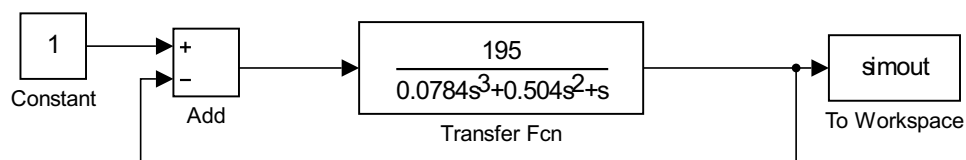


Рисунок 2 – Схема моделирования неизменяемой части

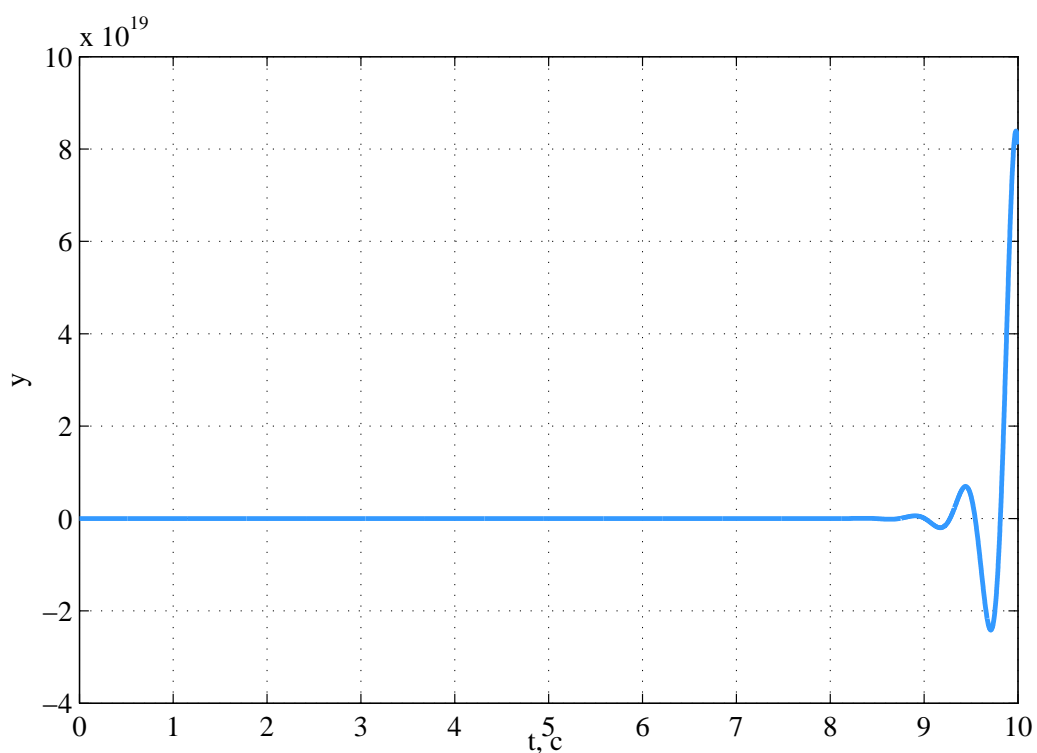


Рисунок 3 – График переходного процесса неизменяемой части

По графику переходного процесса видно, что система неустойчива. Так же это можно определить по корням переходной функции.

3 Синтез регулятора

3.1 Построение желаемой ЛАЧХ

Для построения желаемой ЛАЧХ будем использовать номограммы Солодовникова (рисунок 4, 5). Номограммы Солодовникова устанавливают связь между величиной перерегулирования $\sigma\%$, временем переходного процесса $t_{\text{рег}}$, максимальным значением вещественной части АФЧХ P_{max} и частотой среза $\omega_{\text{ср}}$.

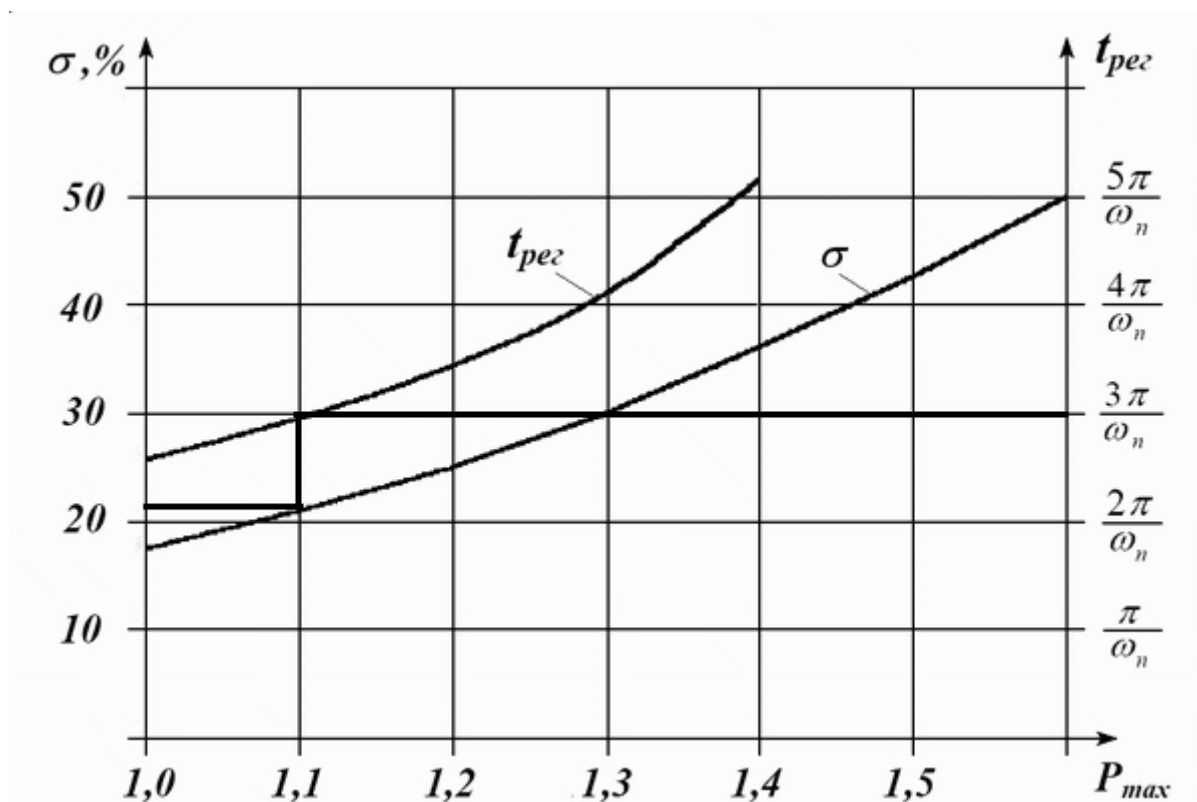


Рисунок 4 – Диаграмма Солодовникова для построения среднечастотной асимптоты

Исходя из заданного значения перерегулирования σ , по рисунку 4 можно определить $t_{\text{рег}}$. $t_{\text{рег}} = \frac{3\pi}{\omega_n}$; $\omega_n = \frac{3\pi}{t_{\text{рег}}}$. Исходя из соотношения $\omega_{\text{ср}} = (0.6 \dots 0.9)\omega_n$, найдем частоту среза. $\omega_{\text{ср}} = 50 \text{ с}^{-1}$. Требуемый коэффициент усиления рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ж}} = \frac{\dot{g}_{\text{max}}}{e_{\text{max}}} = 150 \quad (1)$$

Низкочастотная асимптота имеет в точке $\omega = 1\text{с}^{-1}$ ординату равную $20\lg(k)=45.8$ и наклон -20дБ/дек.

Среднечастотная и низкочастотная асимптоты сопрягаются в том интервале частот, в котором $L_{\text{ж}} < L_{\gamma}$. $L_{\gamma}=20\text{дБ}$ определена по рисунку 5.

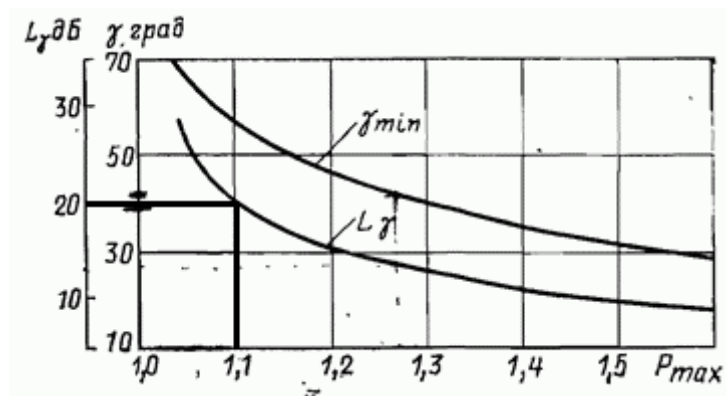


Рисунок 5 – график для определения L_{γ}

На основании этих данных построим желаемую асимптотическую логарифмическую амплитудно частотную характеристику. График желаемой ЛАЧХ приведен на рисунке 6.

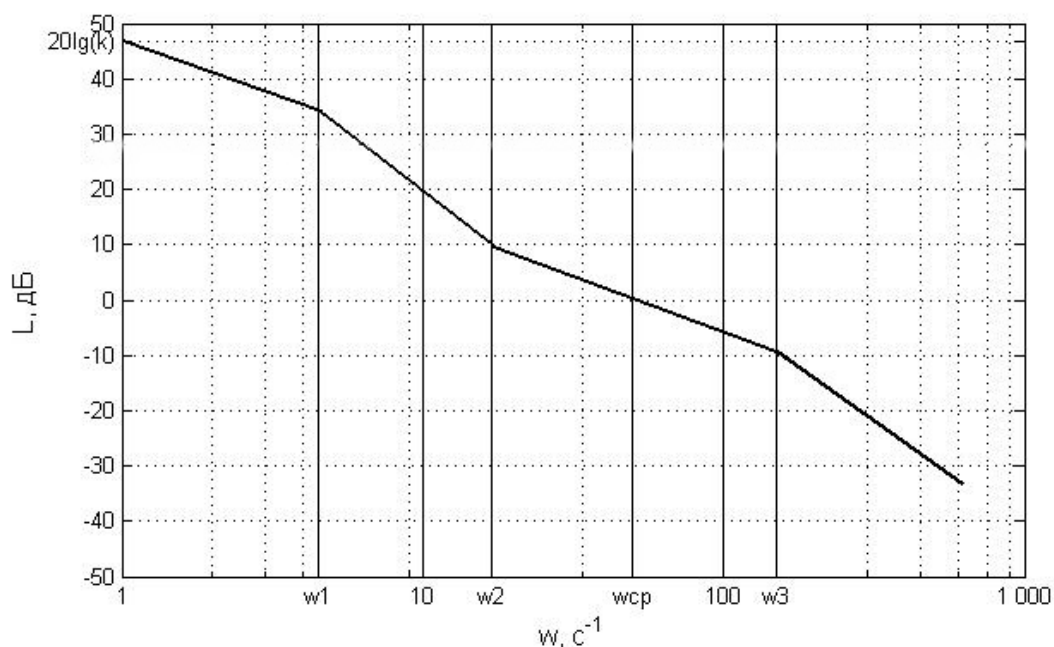


Рисунок 6 – Желаемая ЛАЧХ

По желаемой ЛАЧХ можно определить значения. $\omega_1 = 4.5\text{с}^{-1}, \omega_2 =$

$$17c^{-1}, \omega_3 = 150c^{-1}.$$

Зная эти значения, можно построить желаемую передаточную функцию:

$$W_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{ж}}(\frac{1}{\omega_2}s + 1)}{(\frac{1}{\omega_1}s + 1)(\frac{1}{\omega_3}s + 1)s} = \frac{150(\frac{1}{17}s + 1)}{(\frac{1}{4.5}s + 1)(\frac{1}{150}s + 1)s} \quad (2)$$

$$W_{\text{ж}} = \frac{5955.88s + 101250}{s^3 + 154.5s^2 + 675s} \quad (3)$$

3.2 Построение ЛАЧХ и ЛАФХ желаемой передаточной функции

Для проверки правильности составления желаемой передаточной функции, построим ее ЛАЧХ и ЛФЧХ. Для этого воспользуемся командой Matlab - bode(w). Полученные графики представлены на рисунке 7.

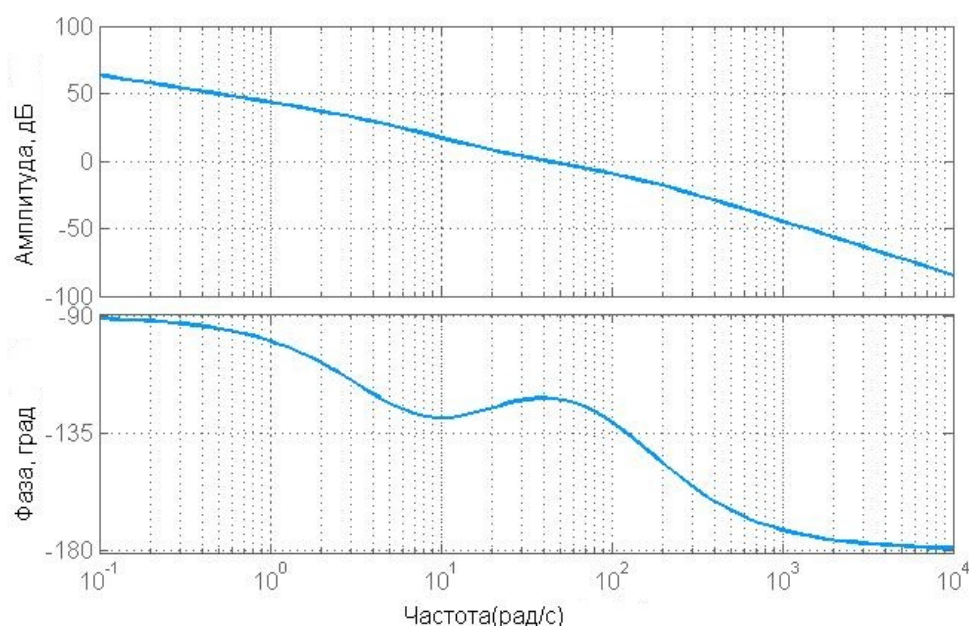


Рисунок 7 – ЛАЧХ и ЛФЧХ желаемой передаточной функции

По графикам видно соответствие желаемым характеристикам.

3.3 Получение передаточной функции регулятора

Исходя из найденной передаточной функции можно найти передаточную функцию регулятора по формуле:

$$W_{\text{рег}} = \frac{W_{\text{ж}}}{W_{\text{нч}}} \quad (4)$$

$$W_{\text{рег}} = \frac{5955.88s + 101250}{s^3 + 154.5s^2 + 675s} * \frac{0.0754 * s^3 + 0.5048s^2 + s}{195} \quad (5)$$

При приведении к нормальному виду, получаем функцию регулятора:

$$W_{\text{рег}} = \frac{449s^3 + 10640.8s^2 + 57066.9s^1 + 101250}{195s^3 + 30127.5s^2 + 131625s} \quad (6)$$

4 Моделирование полученной системы

Произведем моделирование системы с соединенными последовательно неизменяемой частью и регулятором, охваченных отрицательной обратной связью. Схема моделирования представлена на рисунке 8.

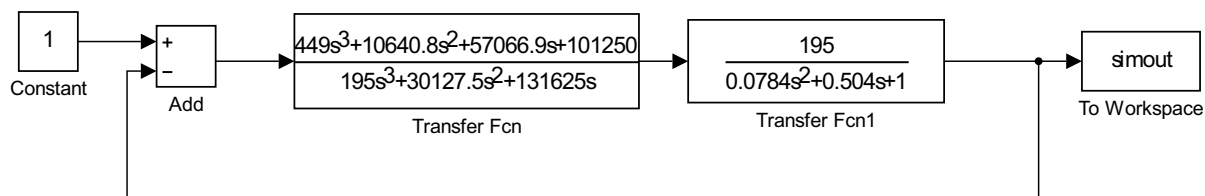


Рисунок 8 – Схема моделирования системы с регулятором

Полученный график переходного процесса выходного сигнала представлен на рисунке 9.

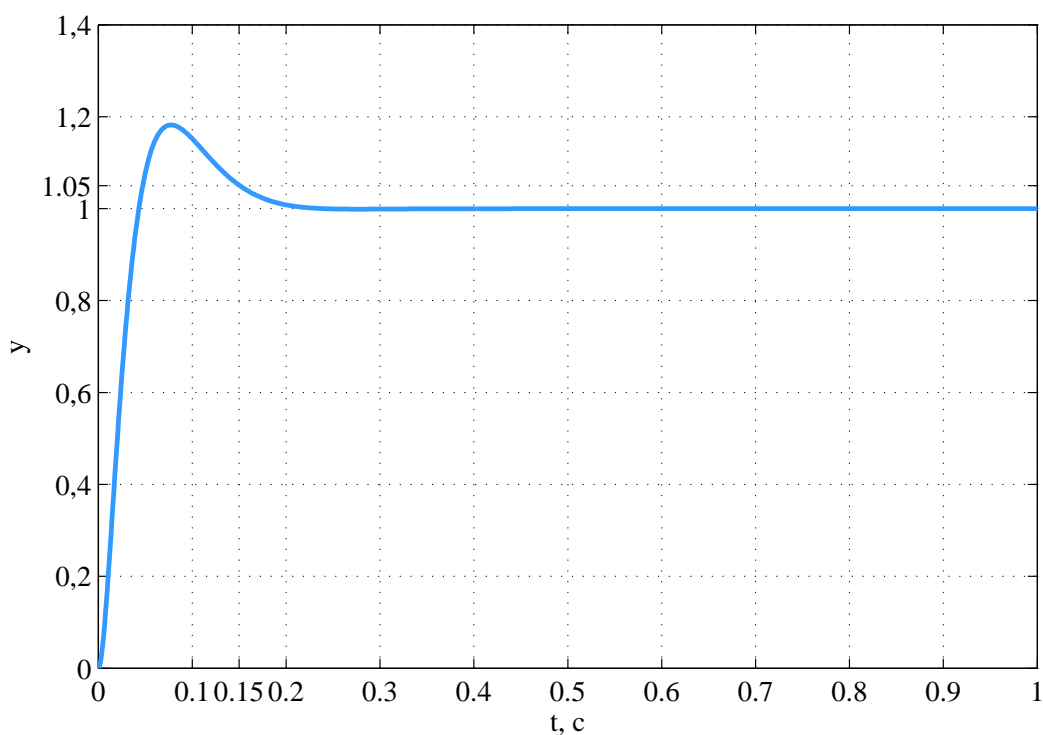


Рисунок 9 – График переходного процесса выходной переменной

По графику определим время переходного процесса и перерегулирование: $t_{\text{пп}} = 0.15\text{c}$, $\sigma = 19\%$. Данные показатели соответствуют требуемым.

Так же произведем моделирование системы с линейно возрастающим входным воздействием, тем самым определим ошибку системы с максимальной постоянной скоростью. График ошибки представлен на рисунке 10.

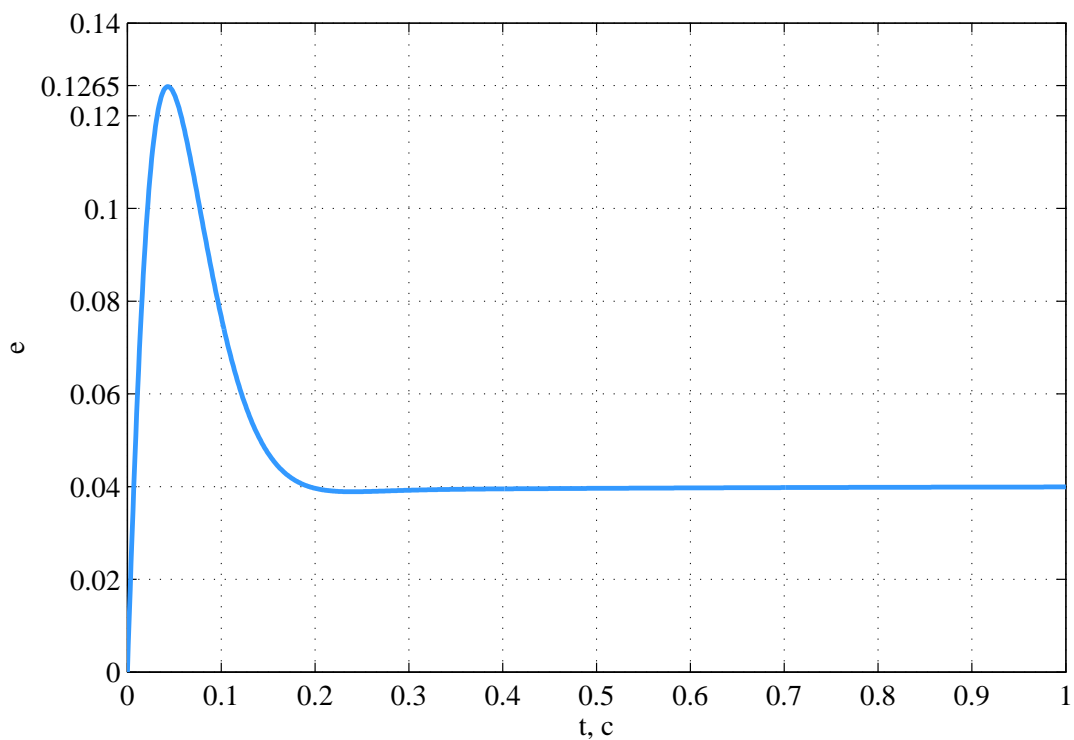


Рисунок 10 – График переходного процесса ошибки

Как видно по графику, что при воздействии с максимальной скоростью $\dot{g}_{max} = 6\text{с}^{-1}$ ошибка не превышает максимально значения $e=0.04$.

5 Реализация регулятора

Для реализации регулятора, представим его передаточную функцию в виде произведения типовых звеньев, для которых уже разработаны электрические схемы [1] и соединим их последовательно. Так как коэффициент q не сильно меньше 1, пренебрежём им и получим передаточную функцию регулятора следующего вида:

$$W_p(s) = \frac{K_p(T_2s + 1)(T_1s + 1)^2}{s(T_3s + 1)^2}. \quad (7)$$

Разбив на множители, получим

$$W_p(s) = \frac{T_2s + 1}{T_0s} \cdot \sqrt{K_p} \frac{T_1s + 1}{T_3s + 1} \cdot \sqrt{K_p} \frac{T_1s + 1}{T_3s + 1}. \quad (8)$$

Тогда электрическая схема регулятора примет вид, представленный на рисунке 11.

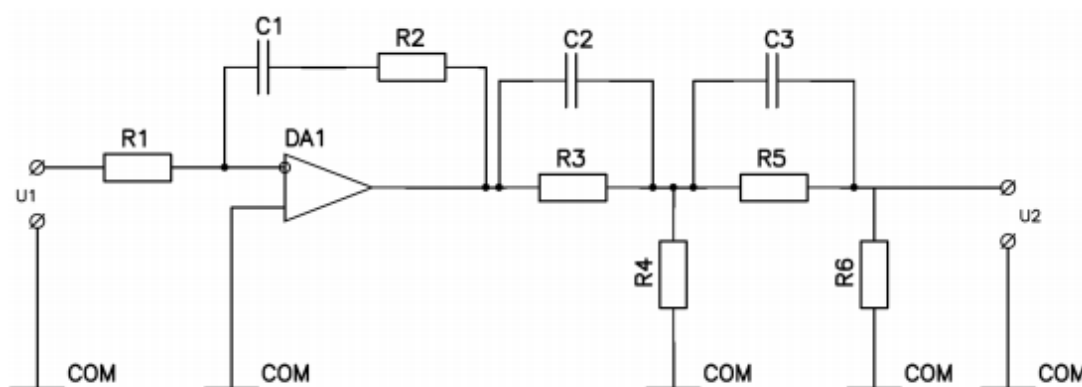


Рисунок 11 – Электрическая схема реализации регулятора

На представленной схеме выполняются равенства

$$\begin{cases} R_3 = R_5 \\ R_4 = R_6 \\ C_2 = C_3 \end{cases} \quad (9)$$

Рассчитаем значения элементов схемы.

$$\left\{ \begin{cases} T_0 = R_1 C_1 = 1 \\ T_2 = R_2 C_1 = 0.059 \\ T_1 = R_3 C_1 = 0.22 \\ T_3 = \frac{R_3 * R_4}{R_3 + R_4} * c_2 = 0.0067 \\ \sqrt{K_p} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 0.066 \end{cases} \right. \quad (10)$$

Как можно заметить, в первой системе 2 уравнения и 3 неизвестных, поэтому решим эту систему, приняв $R_2 = 1$. Тогда получим

$$\left\{ \begin{cases} R_2 = 1 \text{ Ом} \\ C_1 = \frac{0.059}{1} = 0.059 \text{ Ф} \\ R_1 = \frac{1}{0.059} = 16.94 \text{ Ом} \\ C_2 = \frac{0.22}{R_3} \text{ Ф} \\ R_4 = 0.07 R_3 \text{ Ом} \\ \frac{R_6 * 0.07 R_6}{R_6 + 0.07 R_6} * C_2 = 0.0067 \end{cases} \right. \quad (11)$$

Решив вторую систему получим следующие значения для всех элементов схемы:

$$\left\{ \begin{cases} R_1 = 16.94 \text{ Ом} \\ R_2 = 1 \text{ Ом} \\ R_3 = R_5 = 2 \text{ Ом} \\ R_4 = R_6 = 0.14 \text{ Ом} \\ C_1 = 0.059 \text{ Ф} \\ C_2 = C_3 = \text{Ф} \end{cases} \right. \quad (12)$$

Схема была составлена в среде разработки P-CAD 2006.

Заключение

В результате работы методом желаемой ЛАЧХ был спроектирован последовательный регулятор для системы управления, который обеспечивает необходимые показатели качества на выходе замкнутой системы при воздействии на неё сигналом с ограниченной скоростью и ускорением. Получены следующие показатели качества:

- $t_p = 0.15c$, при единичном входном воздействии;
- $\sigma = 19\%$, при единичном входном воздействии;
- $e = 0.04$, при линейно возрастающем входном воздействии;

Данные характеристики полностью удовлетворяют требуемым. Использование метода желаемой логарифмической амплитудной частотой характеристики позволяет быстро синтезировать регулятор и задать системе необходимые параметры качества. Также, путём разбиения сложной передаточной функции регулятора на более простые функции, соединённые последовательно, была составлена электрическая схема реализации регулятора и рассчитаны её параметры.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Список используемых источников

- 1 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления — СПб.: Профессия, 2003. — 752 с.
- 2 Блинников А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Николаев Н.А., Нуйя О.С. Правила оформления пояснительной записки и конструкторской документации. — СПб.: Университет ИТМО, 2014. — 55с.
- 3 Воронов А.А., Теория автоматического управления, Ч 1. — М.: Высшая школа, 1986. — 376с.