

Содержание

Введение	5
1 Постановка задачи	6
2 Определение устойчивости неизменяемой части системы	7
3 Синтез регулятора	8
3.1 Построение желаемой ЛАЧХ	8
3.2 Построение ЛАЧХ и ЛАФХ желаемой передаточной функции	10
3.3 Получение передаточной функции регулятора	11
4 Моделирование полученной системы	12
5 Реализация регулятора	14
Заключение	16
Список использованных источников	17

					КСУИ.135.Р3340.001 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Карнаухов В.Р.			Синтез последовательного регулятора для замкнутой следающей системы методом желаемых ЛАЧХ	Лит.	Лист
Пров.		Григорьев В.В.					Листов
							4
							17
Н.контр.						Университет ИТМО Кафедра СУИ Группа Р3340	
Утв.							

Синтез системы автоматического управления - расчет, имеющий конечной целью нахождение рациональных элементов самой системы и нахождение оптимальных параметров ее отдельных звеньев. Так же при синтезе необходимо учитывать технические требования.

Неотъемлемой частью синтеза системы, является синтез регулятора. Регуляторы обеспечивают необходимый вид переходных процессов и требуемую точность.

В данной работе необходимо синтезировать регулятор и включить его последовательно с неизменяемой частью системы, тем самым добиться необходимых показателей качества.

Синтез регулятора будет выполнен при помощи метода желаемой логарифмической амплитудной характеристики. Сущность метода заключается в построении желаемой ЛАЧХ исходя из заданных показателей качества. Затем по построенной ЛАЧХ строится желаемая передаточная функция по которой можно определить передаточную функцию регулятора.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

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.

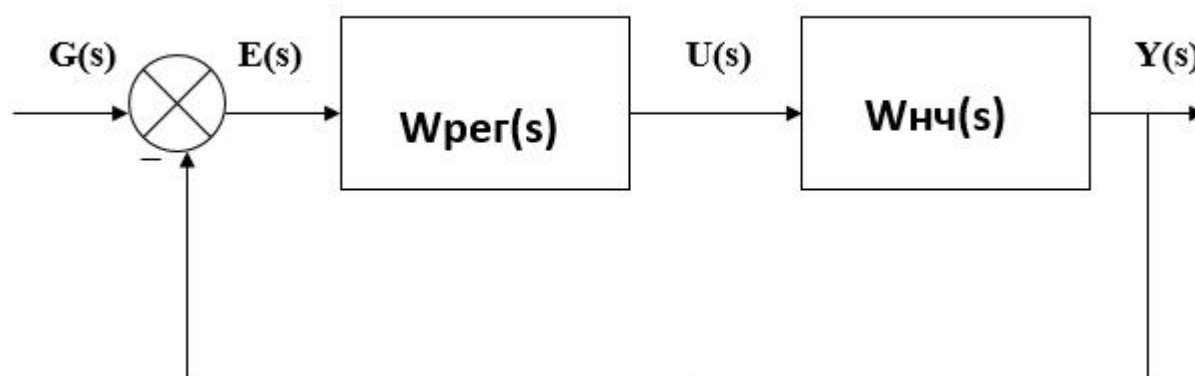


Рисунок 1 – Структурная схема следящей системы

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования системы

$W_H(s)$	K	T_1, c	t_n	σ	\dot{g}_{max}, c^{-1}	e_{max}
$\frac{K}{(T_1 s + 1)s^2}$	215	0,22	0.14	22	5.6	0.035

2 Определение устойчивости неизменяемой части системы

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

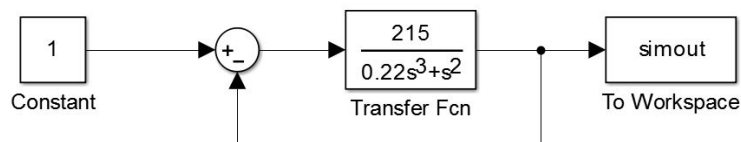


Рисунок 2 – Схема моделирования неизменяемой части

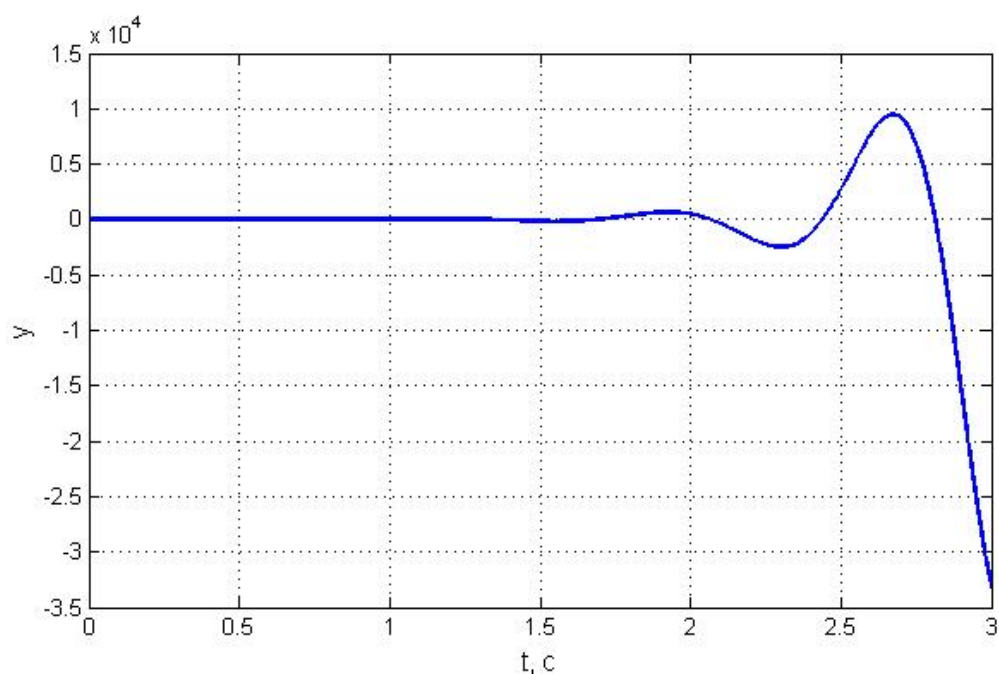


Рисунок 3 – График переходного процесса неизменяемой части

ного процесса видно, что система неустойчива. Так же это можно определить по корням переходной функции. Первый корень отрицательный, второй нулевой, это говорит о неустойчивости системы.

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 $\omega_{\text{ср}}$.

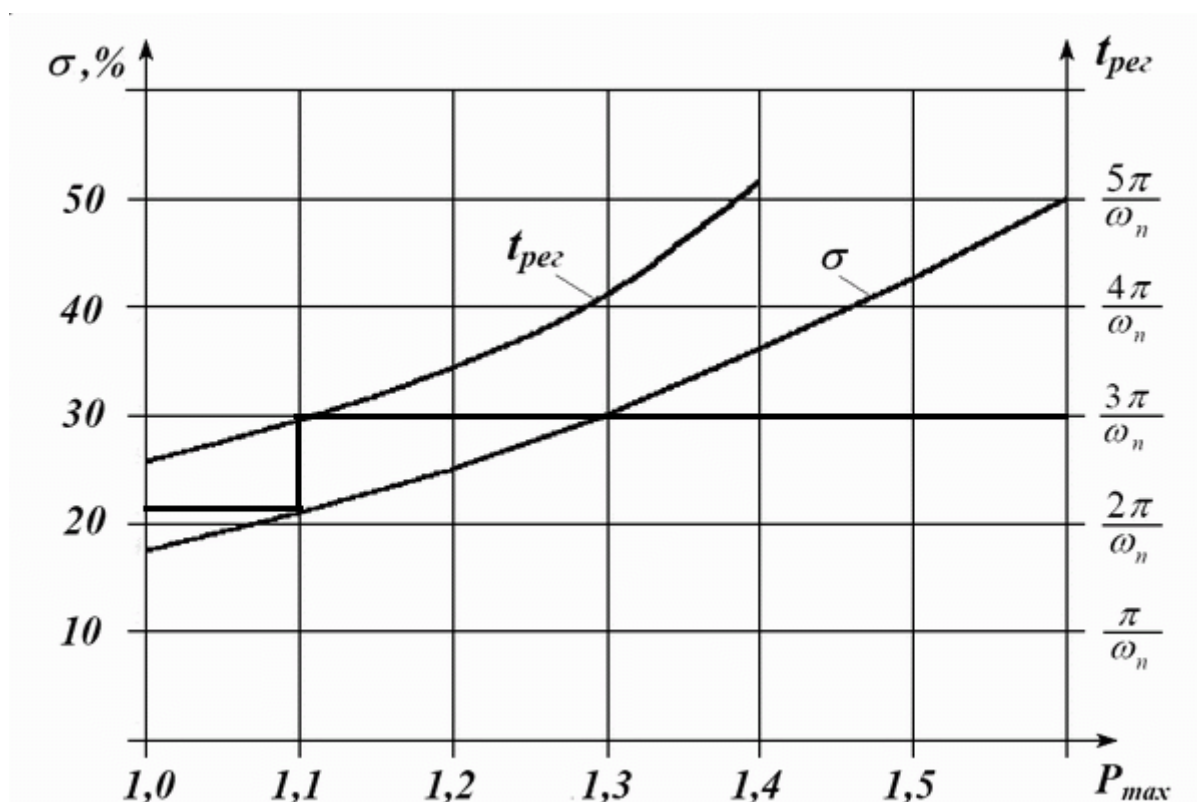


Рисунок 4 – Диаграмма Солодовникова для построения среднечастотной асимптоты

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:

$$K_{\text{ж}} = \frac{\dot{g}_{\text{max}}}{e_{\text{max}}} = 160 \quad (1)$$

Низкочастотная асимптота имеет в точке $\omega = 1\text{с}^{-1}$ ординату равную $20\lg(k)=46.6$ 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.

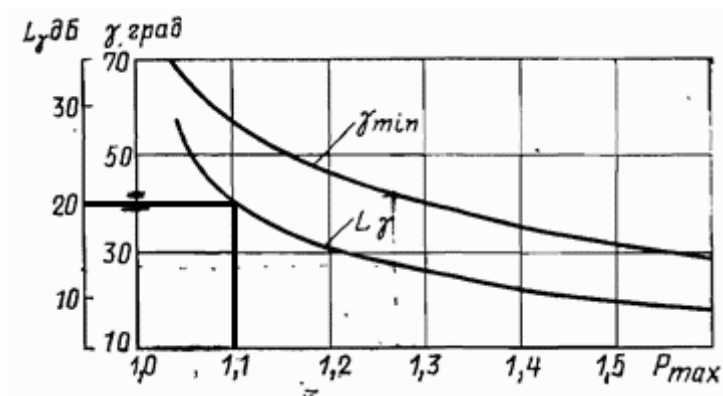


Рисунок 5 – график для определения L_{γ}

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

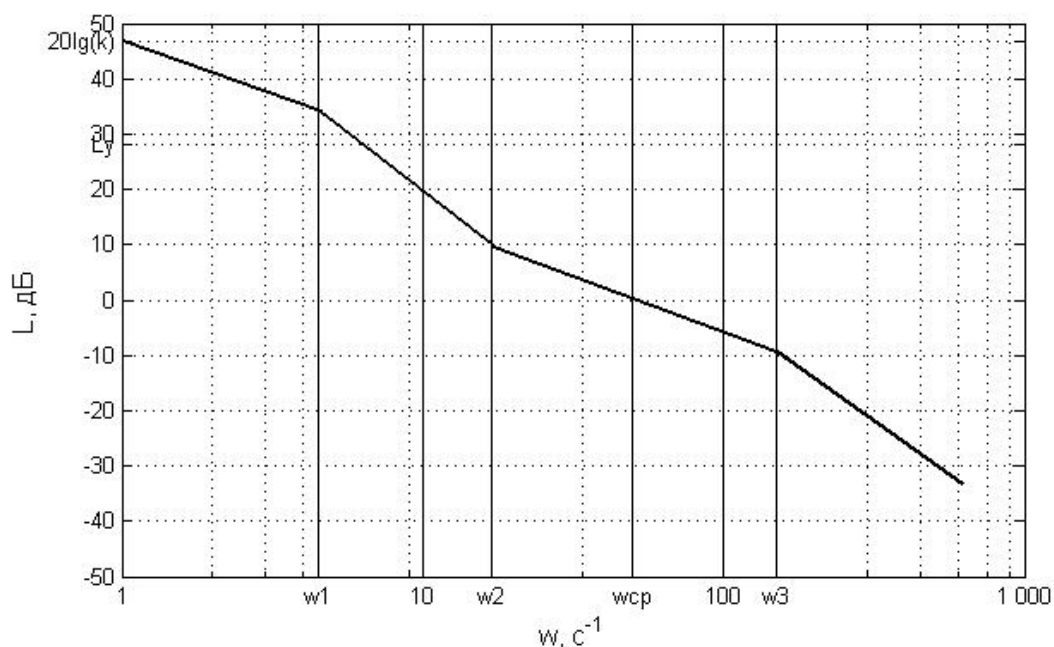


Рисунок 6 – Желаемая ЛАЧХ

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:

$$W_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{ж}}(\frac{1}{\omega_2}s + 1)}{(\frac{1}{\omega_1}s + 1)(\frac{1}{\omega_3}s + 1)s} = \frac{160(\frac{1}{17}s + 1)}{(\frac{1}{4.5}s + 1)(\frac{1}{150}s + 1)s} \quad (2)$$

$$W_{\text{ж}} = \frac{6353s + 108000}{s^3 + 154.5s^2 + 675s} \quad (3)$$

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.

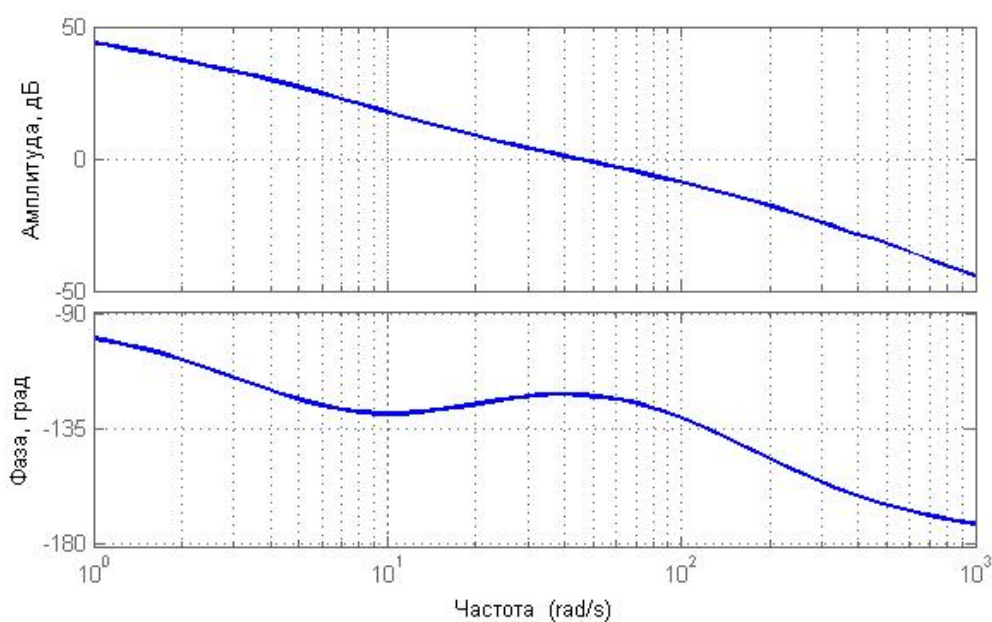


Рисунок 7 – ЛАЧХ и ЛФЧХ желаемой передаточной функции

По графикам видно соответствие желаемым характеристикам.

3.3 Получение передаточной функции регулятора

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

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

$$W_{\text{рег}} = \frac{6353s + 108000}{s^3 + 154.5s^2 + 675s} * \frac{s^2(0.22s + 1)}{215} \quad (5)$$

При приведении к нормальному виду, получаем функцию регулятора:

$$W_{\text{рег}} = \frac{1398s^2 + 30113s + 108000}{215s^2 + 33220s^2 + 145125} \quad (6)$$

4 Моделирование полученной системы

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

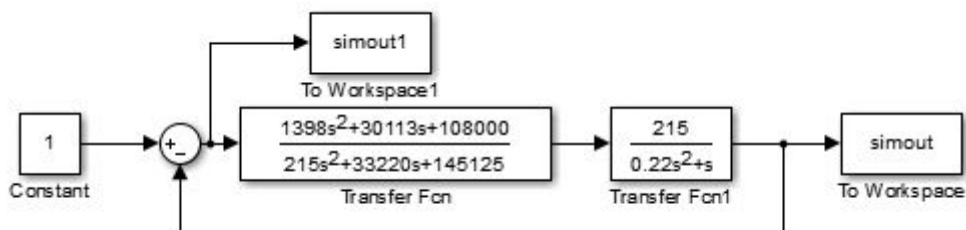


Рисунок 8 – Схема моделирования системы с регулятором

Полученный график переходного процесса выходного сигнала представлен на рисунке 9.

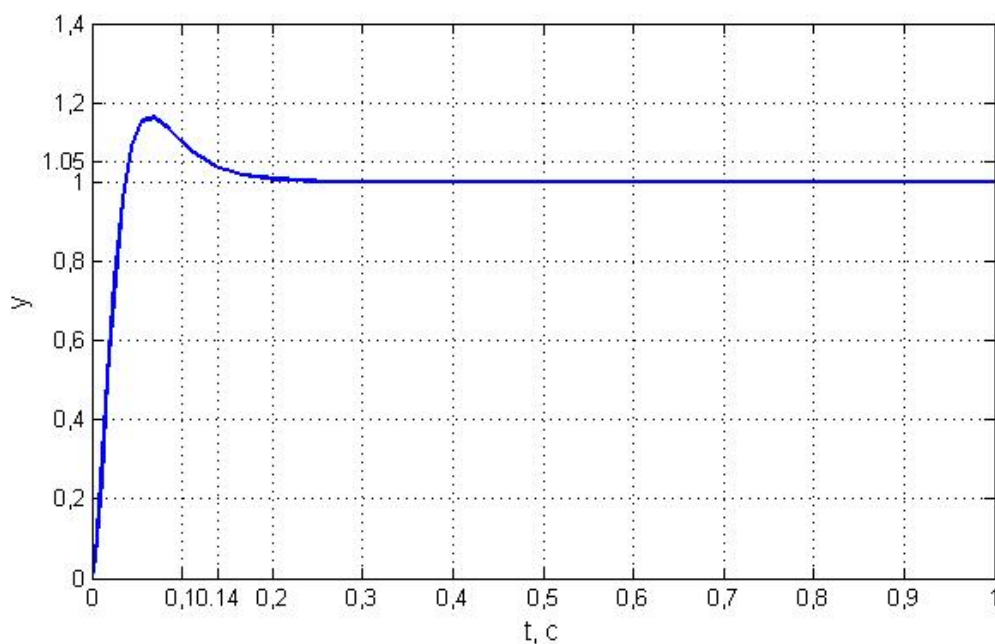


Рисунок 9 – График переходного процесса выходной переменной

По графику определим время переходного процесса и перерегулирование: $t_{\text{пп}} = 0.14\text{с}$, $\sigma = 19\%$. 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.

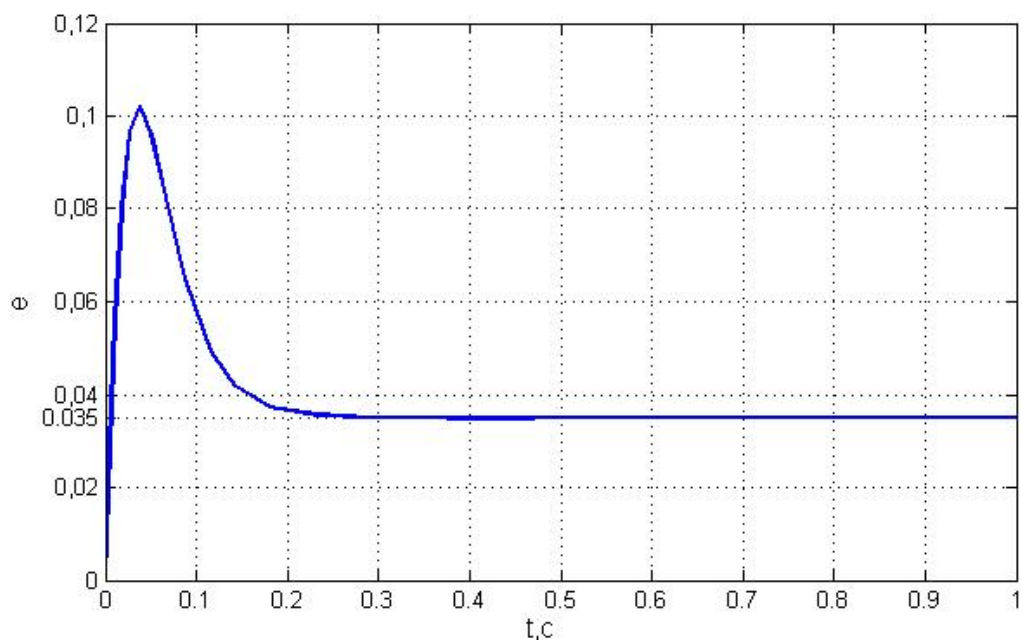


Рисунок 10 – График переходного процесса ошибки

Как видно по графику, что при воздействии с максимальной скоростью $\dot{g}_{max} = 5,6 \text{ с}^{-1}$ ошибка не превышает максимально значения $e=0,0035$.

5 Реализация регулятора

Для реализации регулятора, необходимо представить передаточную функцию в виде произведения типовых динамических звеньев.

$$W_p(s) = \sqrt{K_p} \frac{T_1 s + 1}{T_2 s + 1} \cdot \sqrt{K_p} \frac{T_3 s + 1}{T_4 s + 1}. \quad (7)$$

$$W_p(s) = \sqrt{0.87} \frac{0.22s + 1}{0.23s + 1} \cdot \sqrt{0.87} \frac{0.059s + 1}{0.0067s + 1}. \quad (8)$$

Данные типовые звенья реализуются с помощью последовательного соединения четырехполюсников. Электрическая схема регулятора представлена на рисунке 11.

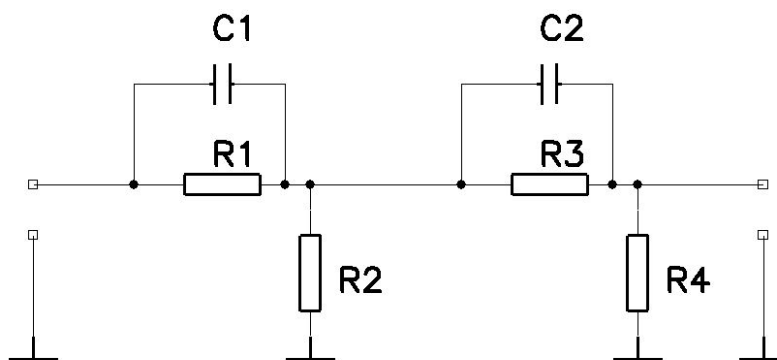


Рисунок 11 – Электрическая схема регулятора

Найдем параметры элементов схемы. Для этого требуется решить систему уравнений следующего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = R_1 C_1 = 0.22 \\ T_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C_1 = 0.23 \\ \sqrt{K_p} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.87 \\ T_3 = R_3 C_2 = 0.059 \\ T_4 = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} C_2 = 0.0067 \\ \sqrt{K_p} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 0.87 \end{array} \right. \quad (9)$$

При решении системы получаем следующие параметры:

$$\left\{ \begin{array}{l} R1 = 0.5 \text{ Ом} \\ R2 = 0.01 \text{ Ом} \\ C1 = 0.44 \text{ Ф} \\ R3 = 1 \text{ Ом} \\ R4 = 1.254 \text{ Ом} \\ C2 = 0.059 \text{ Ф} \end{array} \right. \quad (10)$$

Схема была составлена в среде разработки P-CAD 2006.

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:

- $t_p = 0.14c$, при единичном входном воздействии;
- $\sigma = 19\%$, при единичном входном воздействии;
- $e = 0.035$, 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

Разработка физической реализации регулятора легко осуществляется путем разбиения передаточной функции на элементарные звенья. Затем каждому звену соответствует четырехполюсник.

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.