

Содержание

Введение	5
1 Постановка задачи	6
2 Определение устойчивости неизменяемой части системы	7
3 Синтез регулятора	9
3.1 Построение желаемой ЛАЧХ	9
3.2 Получение передаточной функции регулятора	12
4 Моделирование полученной системы	13
5 Реализация регулятора	15
Заключение	17
Список использованных источников	18

					КСУИ.171.Р3340.001 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Поляшов М.А.			Синтез последовательного регулятора для замкнутой следающей системы методом желаемых ЛАЧХ	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Григорьев В.В.					4	18
						Университет ИТМО Кафедра СУиИ		
Н.контр.								
Утв.								

Введение

Синтез регулятора является важной частью при создании системы автоматического управления, так как от него зависит, как при эксплуатации будет вести себя объект управления: будет ли он устойчив, какое будет время переходного процесса, перерегулирование и т.д.

В данной работе будет произведен расчет регулятора, в ходе которого будут подобраны оптимальные звенья, входящие в его состав и обеспечивающие заданные параметры качества. Для этого будет использоваться метод желаемых ЛАЧХ с помощью диаграмм Солодовникова.

Желаемая ЛАЧХ - это асимптотическая ЛАЧХ разомкнутой системы, имеющая желаемые свойства. Она состоит из трех частей: низкочастотной, среднечастотной и высокочастотной. Также могут быть сопрягающие асимптоты, соединяющие основные. После построения ЛАЧХ можно определить желаемую передаточную функцию системы и, зная передаточную функцию неизменяемой части, можно найти 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

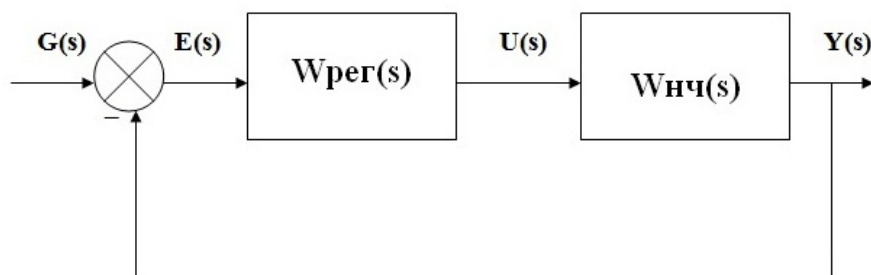


Рисунок 1 – Структурная схема следящей системы

регулятор, включенный последовательно с неизменяемой частью системы в контуре ошибки с передаточной функцией $W_{пер}(s)$, который обеспечивает в замкнутой следящей системе с единичной обратной связью заданный набор показателей качества, который представлен в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные

$W_H(s)$	K	T_1, c	T_2, c	t_n, c	σ	g_{max}	w_0	e_{max}
$\frac{K}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1) \cdot s}$	170	0.035	0.35	0.15	25	6	0.6	0.025

2 Определение устойчивости неизменяемой части системы

Схема моделирования и график переходного процесса представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

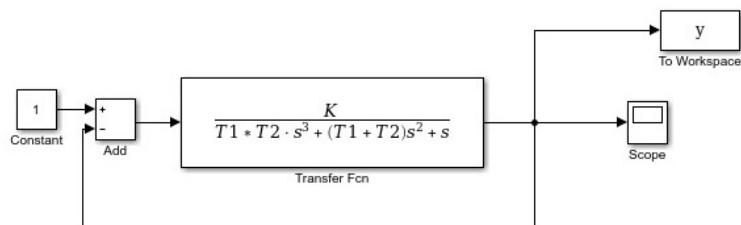


Рисунок 2 – Схема моделирования неизменяемой части

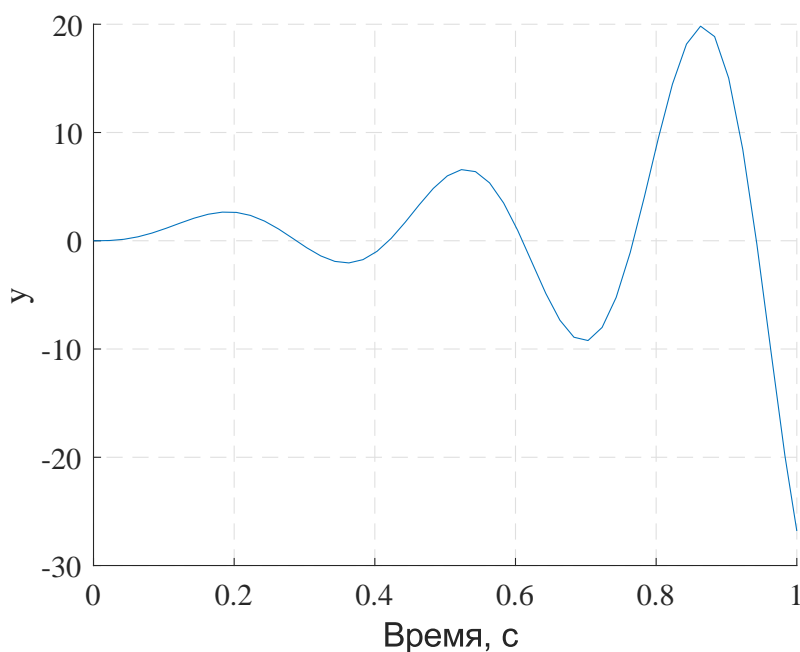


Рисунок 3 – График переходного процесса

Также оценим устойчивость аналитически. Характеристический многочлен системы имеет вид:

$$T_1 T_2 s^3 + (T_1 + T_2) s^2 + s + K \quad (1)$$

Для этой системы матрица Гурвица будет иметь следующий вид:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0.385 & 170 & 0 \\ 0.01225 & 1 & 0 \\ 0 & 0.385 & 170 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Так как второй определитель $\Delta_2 = (0.385 \cdot 1) - (0.01225 \cdot 170) < 0$, то система является неустойчивой.

3 Синтез регулятора

3.1 Построение желаемой ЛАЧХ

Низкочастотная асимптота ЛАЧХ разомкнутой системы определяет статические свойства, так как требуемый коэффициент усиления рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ж}} = \frac{\dot{g}_{\text{max}}}{e_{\text{max}}} = \frac{g_{\text{max}} \cdot w_0}{e_{\text{max}}} = 144 \quad (3)$$

Низкочастотная асимптота имеет в точке $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ ординату $L = 20 \lg(K_{\text{ж}}) = 43.2$ и наклон -20 дБ/дек .

Для построения среднечастотной асимптоты сначала найдем частоту среза $\omega_{\text{ср}}$ по диаграмме, представленной на рисунке 4

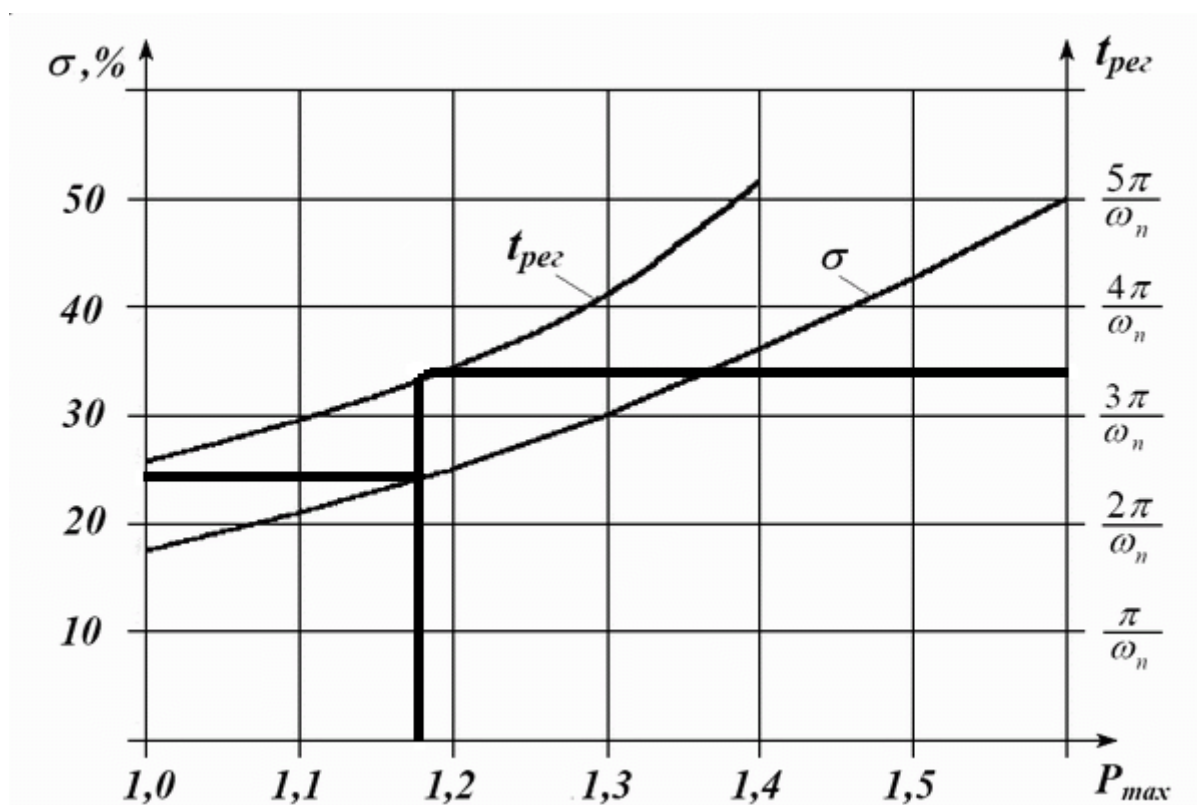


Рисунок 4 – Диаграмма Солодовникова для σ и $t_{\text{рег}}$

По заданному значению перерегулирования σ находим P_{max} и соответствующее выражение для t_{per}

$$t_{per} = \frac{3.4\pi}{\omega_n} \quad (4)$$

Так как $t_{per} = 0.15$, то $\omega_n = 71$ Исходя из соотношения $\omega_{cp} = (0.6...0.9)\omega_n$, найдем частоту среза. $\omega_{cp} = 53c^{-1}$. По найденному значению P_{max} определим по диаграмме, представленной на рисунке 5, избыток фазы γ и предельные значения логарифмических амплитуд $L\gamma$

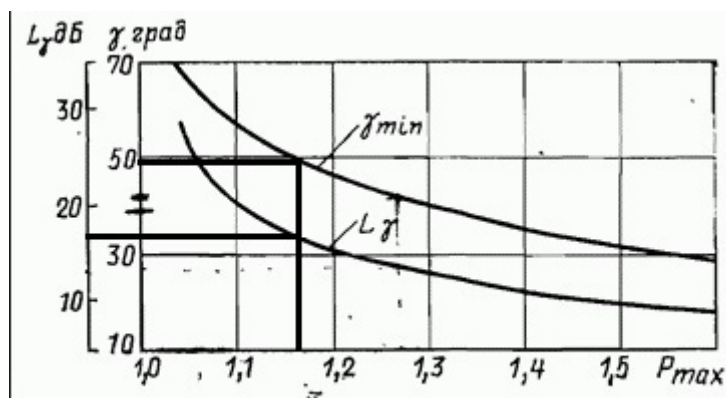


Рисунок 5 – Диаграмма Солодовникова для γ и $L\gamma$

$L\gamma=16\text{дБ}$ $\gamma=50$ град.

Проведем через точку ω_{cp} асимптоту с наклоном -20дБ/дек . Так как асимптотическая ЛАЧХ после первой сопрягающей частоты $w_1 = \frac{1}{T_2} = 2.857$ имеет наклон -40дБ/дек , найдем точку пересечения ее с проведенной асимптотой из точки $\omega_{cp} = 53$, это будет вторая сопрягающая w_2 :

$$L(w_2) = L(2.857) - 40\lg\left(\frac{w_2}{2.857}\right) = 20\lg\frac{42}{w_2} \quad (5)$$

Аналогичным образом, зная $L(1)$ найдем $L(2.857) = 34.1$, так как на этом участке асимптота имеет наклон -20дБ/дек , то подставив $L(2.857)$ в (5) найдем $w_2 = 7$

Третья сопрягающая частота - абсцисса асимптоты при $L = -16\text{дБ}$ - это $w_3 = \omega_{cp} \cdot 10^{\frac{16}{20}} = 336$

Высокочастотная асимптота желаемой ЛАЧХ мало влияет на свойства системы, поэтому выберем ее такой, чтобы она имела такой же наклон, как и высокочастотная асимптота ЛАЧХ неизменяемой части.

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

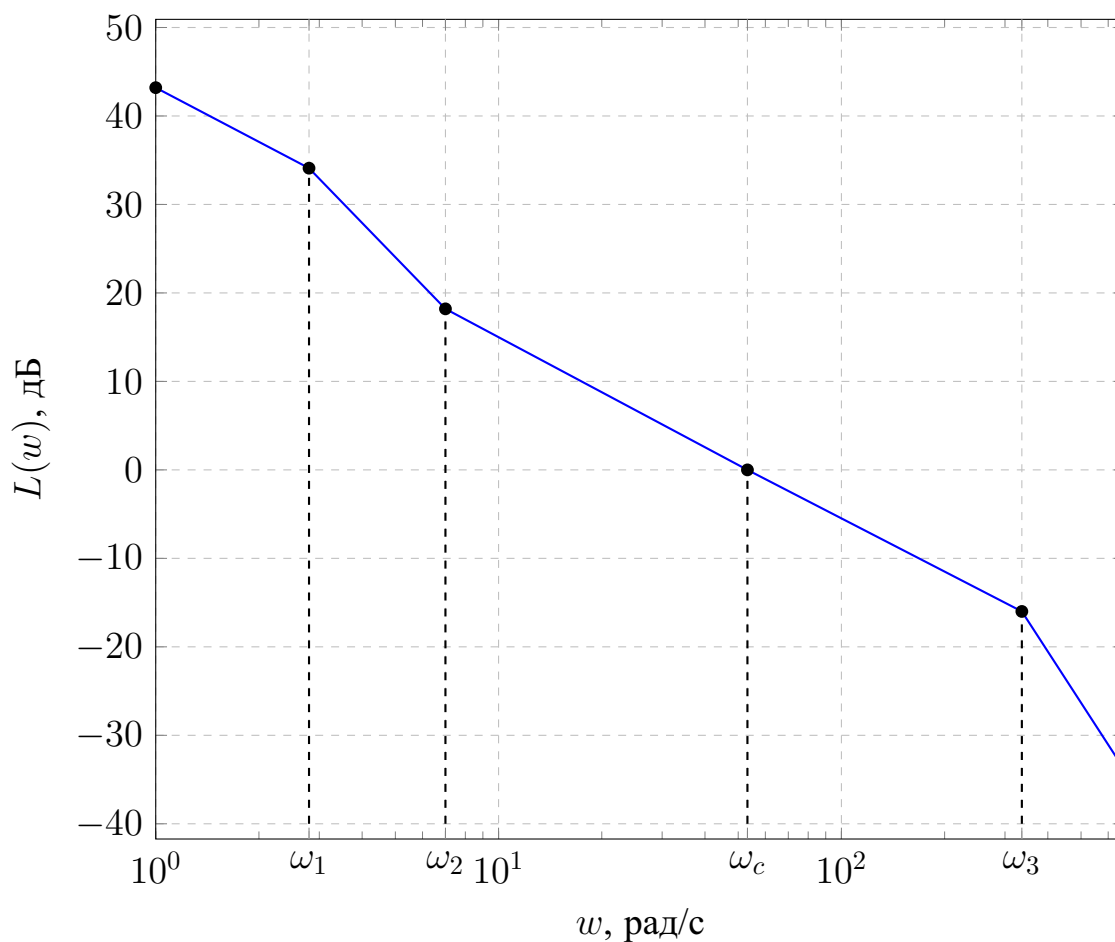


Рисунок 6 – Желаемая ЛАЧХ

В итоге имеем. $\omega_1 = 2.857c^{-1}$, $\omega_2 = 7c^{-1}$, $\omega_3 = 336c^{-1}$.

Зная эти значения, можно построить желаемую передаточную функцию:

$$W_{\text{ж}} = \frac{K_{\text{ж}}(\frac{1}{\omega_2}s + 1)}{(\frac{1}{\omega_1}s + 1)(\frac{1}{\omega_3}s + 1)^2s} = \frac{144(0.14s + 1)}{(0.35s + 1)(0.003s + 1)^2s} \quad (6)$$

3.2 Получение передаточной функции регулятора

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

$$W_{\text{рег}} = \frac{W_{\text{ж}}}{W_{\text{нч}}} \quad (7)$$

$$W_{\text{рег}} = \frac{144(0.14s + 1)s(0.035s + 1)(0.35s + 1)}{(0.35s + 1)(0.003s + 1)^2 \cdot 170} \quad (8)$$

$$W_{\text{рег}} = \frac{144(0.14s + 1)(0.035s + 1)}{(0.003s + 1)^2 \cdot 170} \quad (9)$$

4 Моделирование полученной системы

Схема моделирования представлена на рисунке 7.

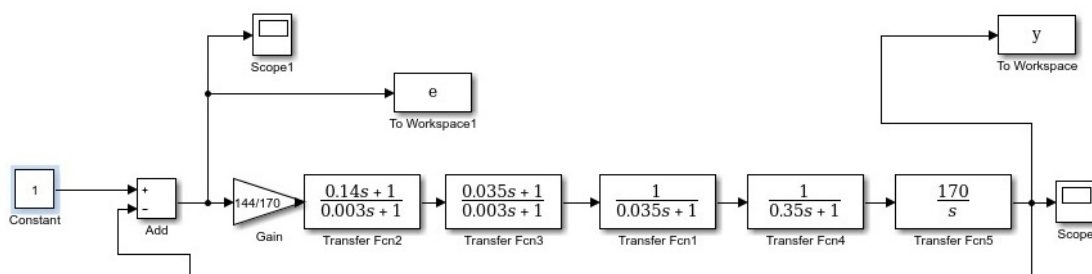


Рисунок 7 – Схема моделирования системы

Полученный график переходного процесса выходного сигнала представлен на рисунке 8.

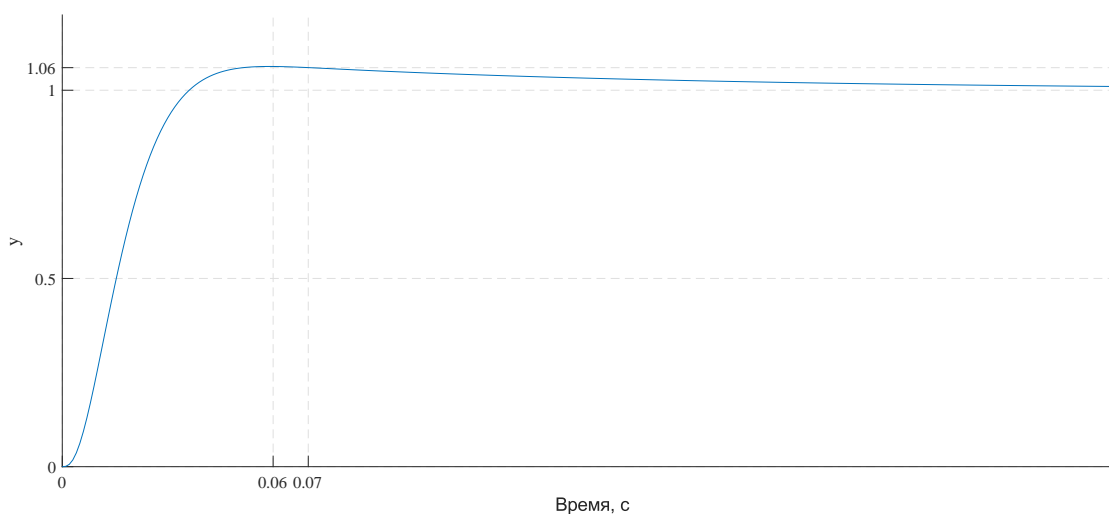


Рисунок 8 – График переходного процесса

По графику определим время переходного процесса и перерегулирование: $t_n = 0.07\text{с}$, $\sigma = 6\%$. Данные показатели соответствуют требуемым.

Также произведем моделирование системы при подаче гармонического сигнала $g = g_{max} \sin(\omega_0 t)$. График переходного процесса представлен на рисунке 9

График ошибки представлен на рисунке 10

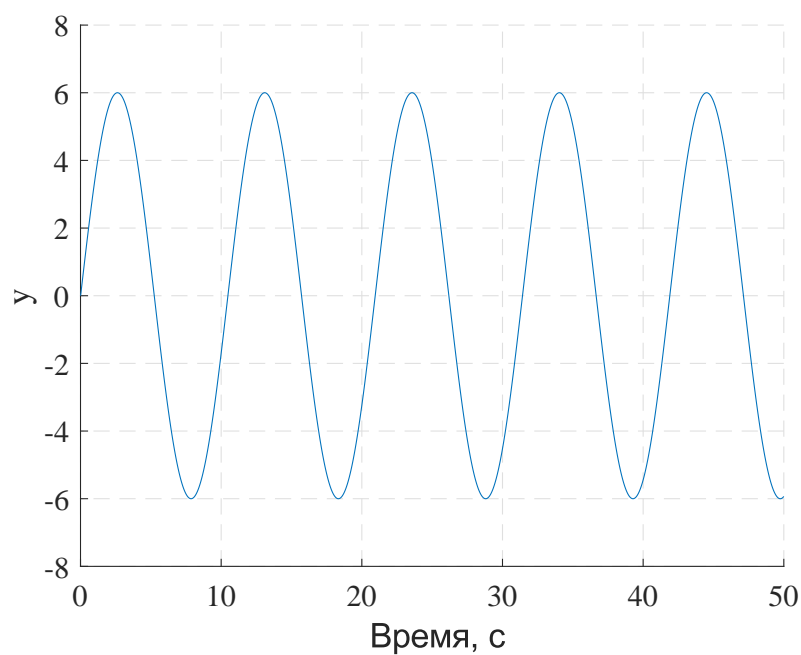


Рисунок 9 – График переходного процесса

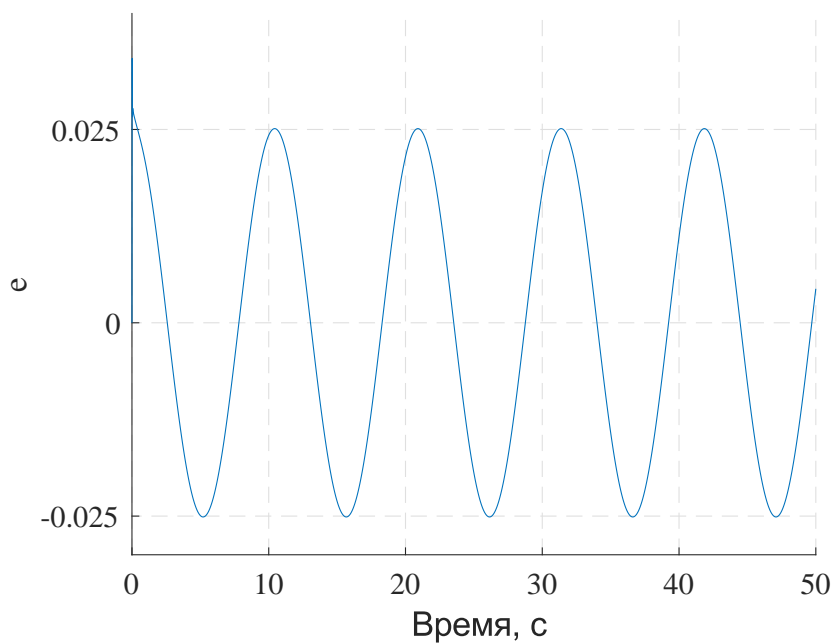


Рисунок 10 – График переходного процесса ошибки

Как видно по графику ошибка не превышает максимального значения $e_{max} = 0.025$.

5 Реализация регулятора

Представим передаточную функцию регулятора (9) в виде последовательного соединения двух одинаковых функций вида $k \cdot \frac{T_s+1}{kTs+1}$ и одного усилителя:

$$k_1 \cdot \frac{T_{11}s + 1}{k_1 T_{11}s + 1} \cdot k_2 \cdot \frac{T_{22}s + 1}{k_2 T_{22}s + 1} \cdot k_3 \quad (10)$$

Электрическая схема, собранная в P-CAD 2006, представлена на рисунке 11

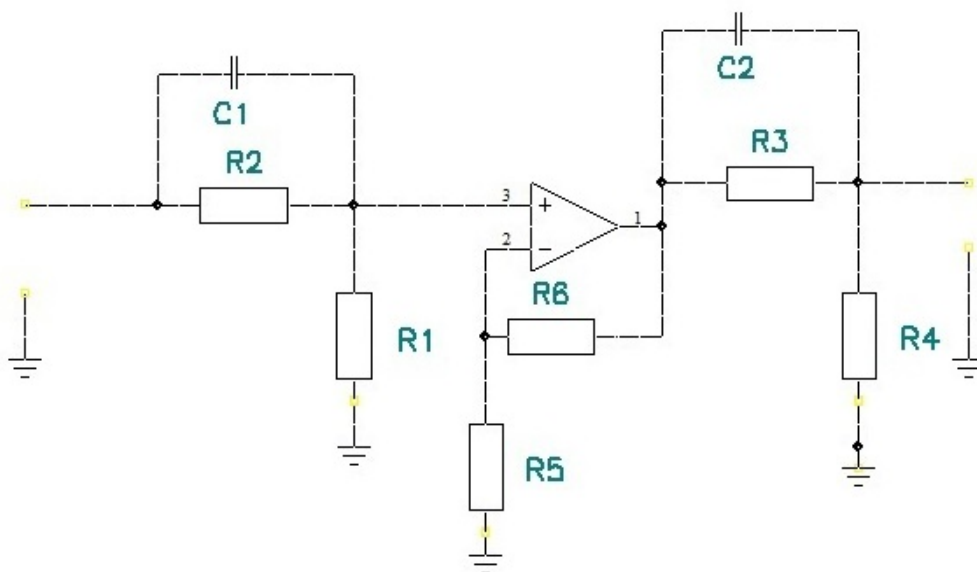


Рисунок 11 – Электрическая схема регулятора

Рассчитаем значения элементов схемы.

$$\begin{cases} T_{11} = R_1 C_1 = 0.14 \\ k_1 = \frac{0.003}{T_{11}} = 0.02 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ T_{22} = R_3 C_2 = 0.035 \\ k_2 = \frac{0.003}{T_{22}} = 0.086 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \end{cases} \quad (11)$$

Приняв C_1 и C_2 по 1 мкФ получим следующие значения:

$$\begin{cases} C_1 = C_2 = 1 \text{ мкФ} \\ R_1 = 140 \text{ кОм} \\ R_2 = 2.857 \text{ кОм} \\ R_3 = 35 \text{ кОм} \\ R_4 = 3.293 \text{ кОм} \end{cases} \quad (12)$$

Коэффициент усилителя примем равным $k_3 = \frac{\frac{144}{170}}{k_1 \cdot k_2} = 492 = 1 + \frac{R_6}{R_5}$
 $\Rightarrow R_6 = 4.91 \text{ МОм}, R_5 = 10 \text{ кОм}$

Заключение

В результате работы методом желаемой ЛАЧХ был создан последовательный регулятор для системы управления, который обеспечивает нужные параметры качества: при единичном входном воздействии $t_n = 0.07\text{с}$ и перерегулирование $\sigma = 6\%$. А при гармоническом сигнале ошибка не превышает допустимую $e_{max} = 0.025$.

Также была составлена электрическая схема регулятора и рассчитаны его параметры.

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.