

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 5 |
| 1 Постановка задачи | 6 |
| 2 Анализ устойчивости неизменяемой части системы | 7 |
| 3 Синтез регулятора | 8 |
| 3.1 Построение желаемой логарифмической амплитудно-частотной ха- рактеристики | 8 |
| 3.2 Составление передаточной функции регулятора | 11 |
| 3.3 Получение передаточной функции регулятора | 12 |
| 4 Моделирование полученной системы | 13 |
| 5 Реализация регулятора | 15 |
| Заключение | 17 |
| Список использованных источников | 18 |

| | | | | | | | | |
|----------|----------------|----------|-------|------|--|----------------------------------|------|--------|
| | | | | | КСУИ.118.Р3340.001 ПЗ | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | |
| Разраб. | Уткин И.И. | | | | Синтез последовательного регулятора для замкнутой следающей системы методом желаемой ЛАЧХ | Лит. | Лист | Листов |
| Пров. | Григорьев В.А. | | | | | | 4 | 18 |
| Н.контр. | Николаев Н.А. | | | | | Университет ИТМО Кафедра СУиИ | | |
| Утв. | Бобцов А.А. | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Введение

Синтез системы автоматического управления (САУ) - это расчет, конечная цель которого - установление оптимальных значений величин параметров ее отдельных звеньев. Для Корректной работы САУ рассчитываются регуляторы, для расширения границ применения системы и качества, с которыми САУ выполняет поставленные задачи.

В данной работе мы синтезируем регулятор методом ЛАЧХ. Выполняется построение желаемой ЛАЧХ разомкнутой системы на основе ЛАЧХ неизменяемой части и заданных данных. 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

1 Постановка задачи

Задан объект управления, описание которого определяется передаточной функцией неизменяемой части W_H . Структурная схема следящей системы представлена на рисунке 1.

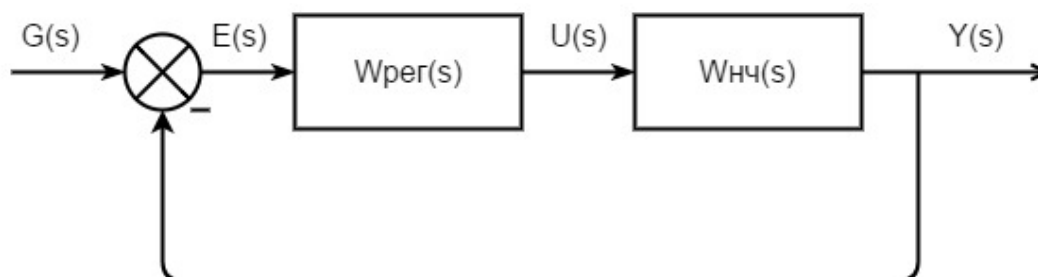


Рисунок 1 – Структурная схема проектируемой следящей системы

Требуется спроектировать регулятор, включённый параллельно с неизменяемой частью системы в контуре ошибки с передаточной функцией $W_p(s)$, который обеспечивает в замкнутой следящей системе с единичной обратной связью набор показателей качества, приведённый в таблице 1 вместе с исходными данными системы.

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования системы

| $W_H(s)$ | K | T_1, c | T_2, c | M | \dot{g}_{max}, c^{-1} | \ddot{g}_{max}, c^{-2} | e_{max} |
|-------------------------------|-----|----------|----------|------|-------------------------|--------------------------|-----------|
| $\frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)s}$ | 195 | 0.018 | 0.18 | 1.55 | 1.1 | 0.25 | 0.029 |

2 Анализ устойчивости неизменяемой части системы

Используя данные из таблицы 1, получим передаточную функцию неизменяемой части системы:

$$W_H(s) = \frac{195}{(0.00324s^3 + 0.198s^2 + s)s}. \quad (1)$$

Схема моделирование представлена на рисунке 2.

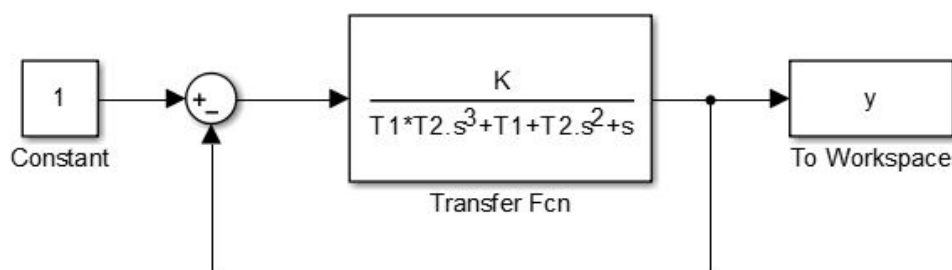


Рисунок 2 – Схема моделирования замкнутой системы

При симуляции был получен график, приведённый на рисунке 3. По графику переходного процесса видно, что система неустойчива. Также это можно определить по корням функции.

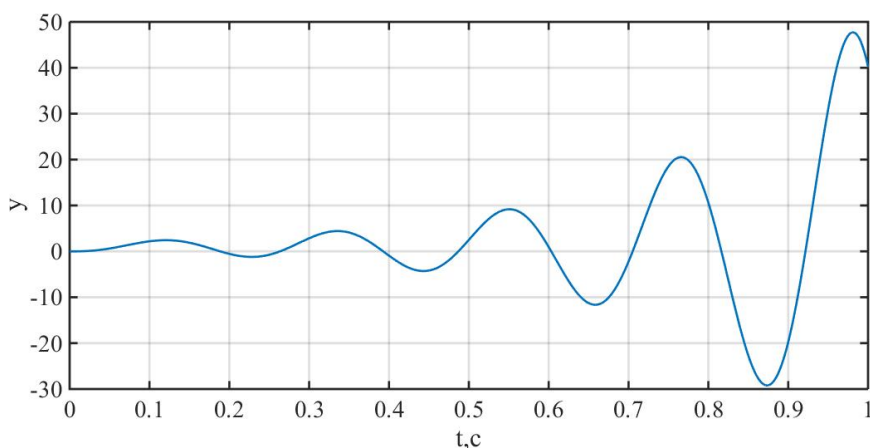


Рисунок 3 – Реакция замкнутой системы на единичное входное воздействие

Так как система неустойчива то требуется синтез регулятора.

3 Синтез регулятора

Для заданной системы, обладающей астатизмом первого порядка, произведём синтез регулятора по заданному значению максимальной ошибки при фиксированных максимальных значениях ускорения и скорости. Для построения желаемой ЛАЧХ будем использовать метод запретной зоны

3.1 Построение желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики

3.1.1 Построение низкочастотной асимптоты

На основании требования по точности формируется низкочастотная часть желаемой ЛАЧХ следящей системы. Построим систему с астатизмом второго порядка.

Найдем контрольную точку:

$$\omega_k = \frac{\ddot{g}_{max}}{\dot{g}_{max}} = 0.227 \text{ c}^{-1} \quad (2)$$

$$L_k = 20 \lg \frac{\dot{g}_{max}^2}{\ddot{g}_{max} e_{max}} = 44.44 \text{ dB} \quad (3)$$

Так как наша система обладает астатизмом второго порядка, то график ЛАЧХ будет проходить через контрольную точку с наклоном в -40 дБ/дек и его продолжение пересечёт ось абсцисс при частоте $\omega_0 = \sqrt{K_\varepsilon}$, где $K_\varepsilon = \frac{\ddot{g}_{max}}{e_{max}} = 8.62$ — добротность по ускорению. Подставив полученное значение, получим

$$\omega_0 = \sqrt{8.62} = 2.9361 \text{ c}^{-1}. \quad (4)$$

3.1.2 Построение средне-частотной части ЛАЧХ

Построим средне-частотную часть ЛАЧХ исходя из условия необходимого запаса устойчивости системы. Для оценки запаса устойчивости воспользуемся показателем колебательности M , который характеризует склонность системы к колебаниям.

| | | | | |
|----|------|----------|-------|-----|
| | | | | |
| Ли | Изм. | № докум. | Подп. | Дат |

Для обеспечения достаточного запаса устойчивости построим две прямые, параллельные оси абсцисс и соответствующие значениям

$$L_1 = 20 \lg \frac{M}{M-1} = 20 \lg \frac{1,55}{0,55} = 8,99 \text{ дБ}, \quad (5)$$

$$L_2 = 20 \lg \frac{M}{M+1} = 20 \lg \frac{1,55}{2,55} = -4,32 \text{ дБ}. \quad (6)$$

Между построенными прямыми угол наклона ЛАЧХ должен составлять -20 дБ/дек. Для обеспечения этого условия найдём частоту ω_3 , при которой низкочастотная асимптота пересекается с прямой L_1 :

$$\omega_3 = \omega_0 \sqrt{\frac{M-1}{M}} = 1.74 \text{ с}^{-1}. \quad (7)$$

3.1.3 Построение высокочастотной части ЛАЧХ

Для построения высокочастотной части ЛАЧХ найдём частоту ω_4 пересечения средне-частотной части ЛАЧХ с прямой L_2 .

$$\omega_4 = \omega_0 \frac{M+1}{\sqrt{M(M-1)}} = 8.1 \text{ с}^{-1}. \quad (8)$$

После частоты ω_4 система будет иметь наклон -60 дБ/дек для соблюдения условия запаса устойчивости.

Полученная в итоге логарифмическая амплитудно-частотная характеристика представлена на рисунке 4.

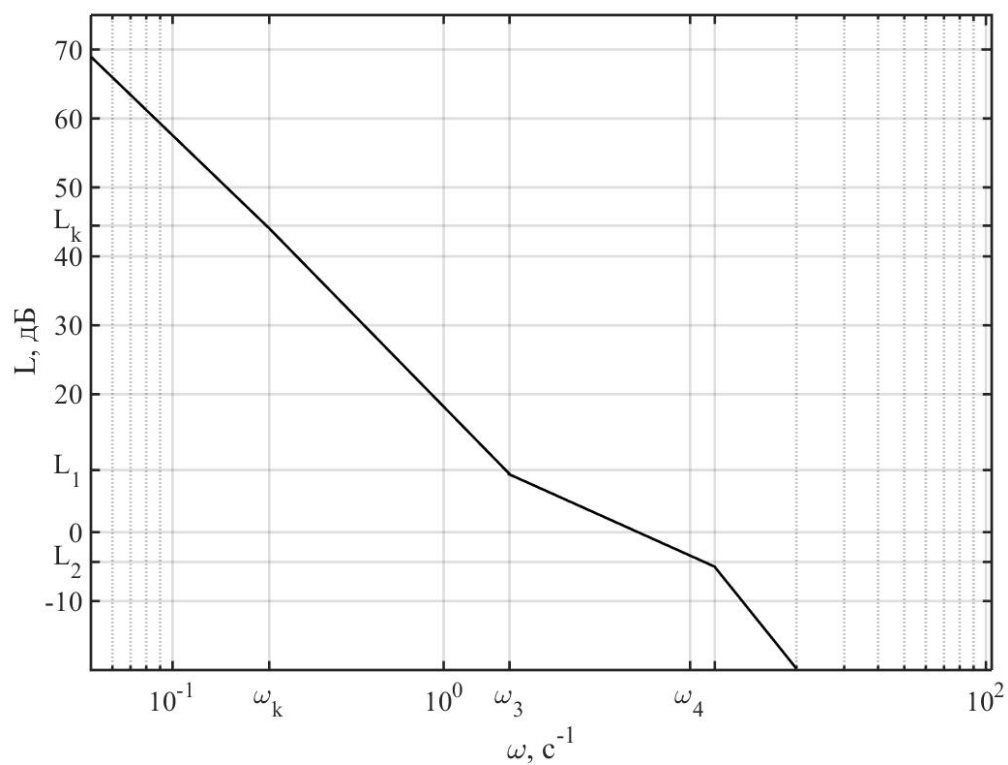


Рисунок 4 – Желаемая логарифмическая амплитудно-частотная характеристика разомкнутой системы

3.2 Составление передаточной функции регулятора

По выбранной ЛАЧХ составим желаемую передаточную функцию разомкнутого контура, которая в общем виде будет иметь вид

$$W_{\text{ж}}(s) = \frac{(K_v + \sqrt{2})(T_3 s + 1)}{s(T_k s + 1)(T_4 s + 1)^2}, \quad (9)$$

где $T_3 = \frac{1}{\omega_3}$, $T_4 = \frac{1}{\omega_4}$ и $T_k = \frac{1}{\omega_k}$.

Для проверки правильности составленной желаемой передаточной функции составим ее ЛАЧХ и ЛФЧХ. Полученные данные представлены на рисунке 5

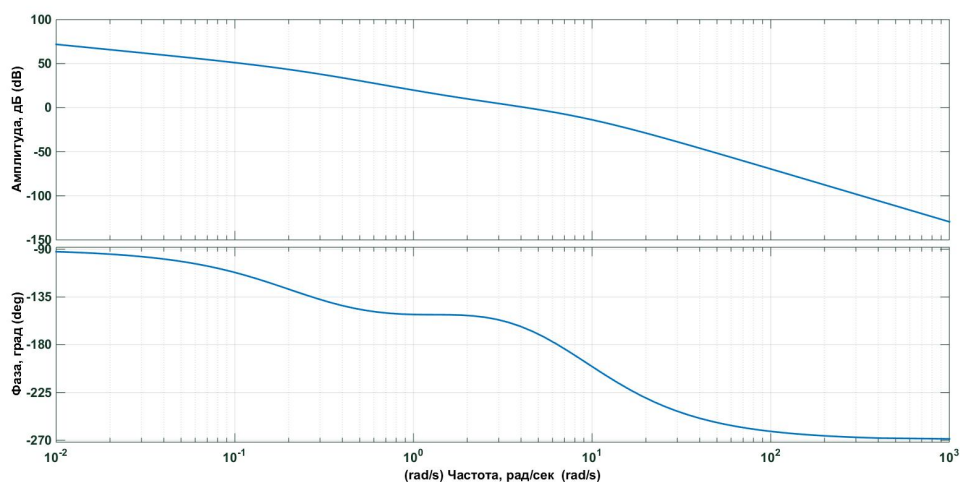


Рисунок 5 – ЛАЧХ и ЛФЧХ желаемой передаточной функции

3.3 Получение передаточной функции регулятора

Так как регулятор и неизменяемая часть системы соединены последовательно можно найти передаточную функцию регулятора.

$$W_{\text{ж}}(s) = W_p(s) \cdot W_H(s), \quad (10)$$

$$W_p(s) = \frac{W_{\text{ж}}(s)}{W_H(s)}. \quad (11)$$

Подставив значения передаточных функций разомкнутого контура и неизменяемой части и приведение их к нормальному виду получим передаточную функцию регулятора:

$$W_p(s) = \frac{0.07289s^4 + 4.582s^3 + 30.29s^2 + 39.35s}{13.05s^4 + 214.6s^3 + 906.1s^2 + 195s} \quad (12)$$

4 Моделирование полученной системы

Произведем моделирование системы с соединенными последовательно неизменяемой частью и регулятором, охваченных отрицательной обратной связью. Схема моделирования представлена на рисунке 6.

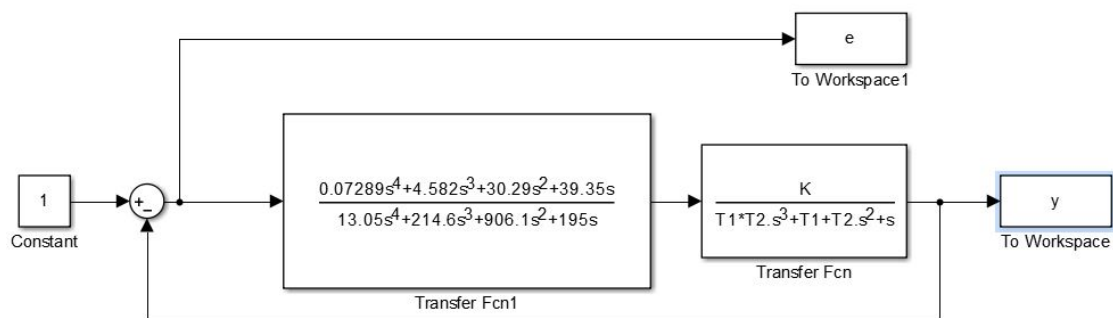


Рисунок 6 – Схема моделирования системы с регулятором

Полученный график переходного процесса выходного сигнала представлен на рисунке 7

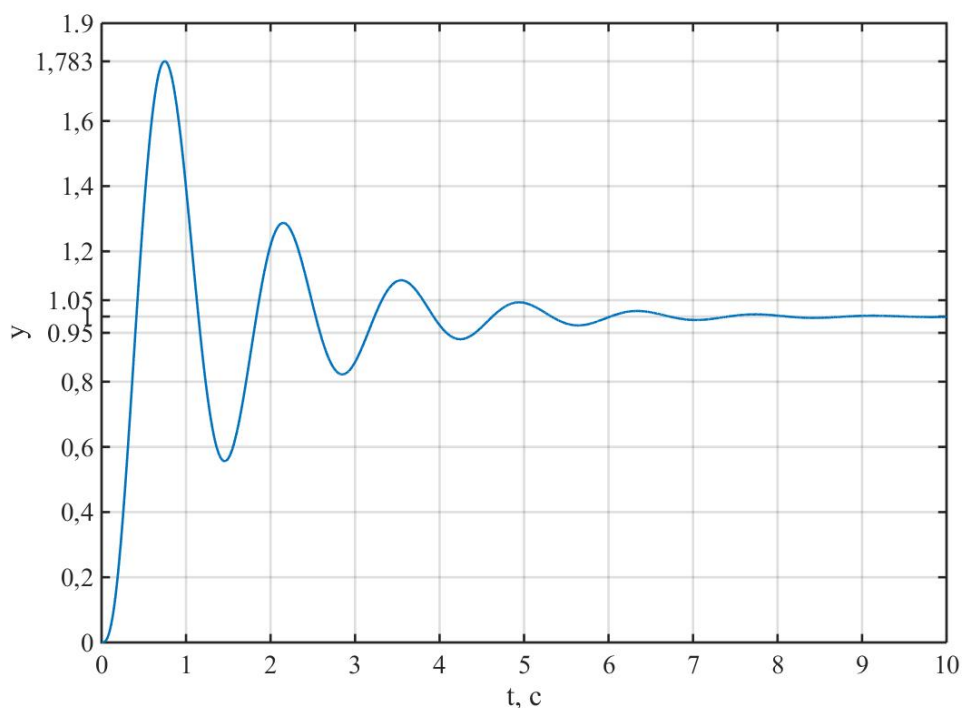


Рисунок 7 – График переходного процесса выходной переменной

По графику определим время переходного процесса и перерегулирование: $t_n = 5$, $\sigma = 78\%$.

Также произведем моделирование системы с линейно возрастающим воздействием, тем самым определим ошибку системы с максимальной постоянной скоростью. График ошибки представлен на рисунке 8

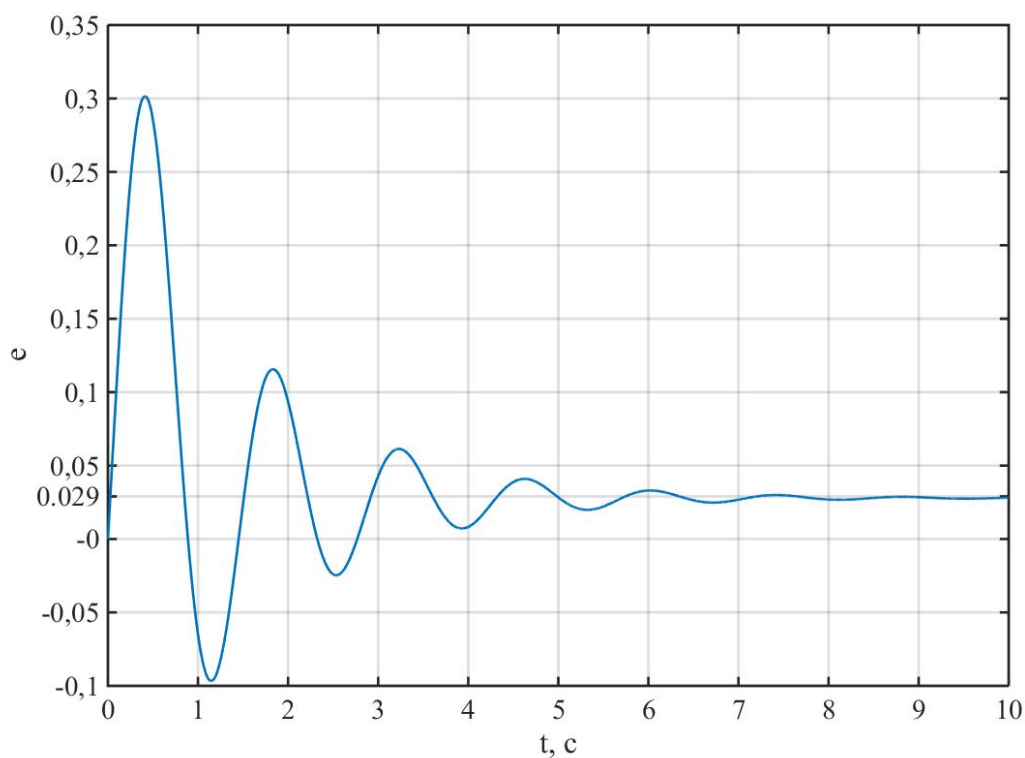


Рисунок 8 – График переходного процесса ошибки

Из графика видно, что, при воздействии с максимальной скоростью $\dot{g}_{max} = 1.1с^{-1}$, ошибка не превышает максимального значения $e = 0.029$.

5 Реализация регулятора

Для реализации регулятора, необходимо представить передаточную функцию:

$$W_p(s) = \frac{(K_v + \sqrt{2})(T_3s + 1)}{s(T_4s + 1)^2(T_k s + 1)}. \quad (13)$$

В виде произведения типовых динамических звеньев:

$$W_p(s) = \frac{T_3s + 1}{T_0s} \cdot \frac{K_v + \sqrt{2}}{T_k s + 1} \cdot \frac{1}{T_4s + 1} \cdot \frac{1}{T_4s + 1}. \quad (14)$$

Тогда электрическая схема регулятора примет вид, представленный на рисунке 9.

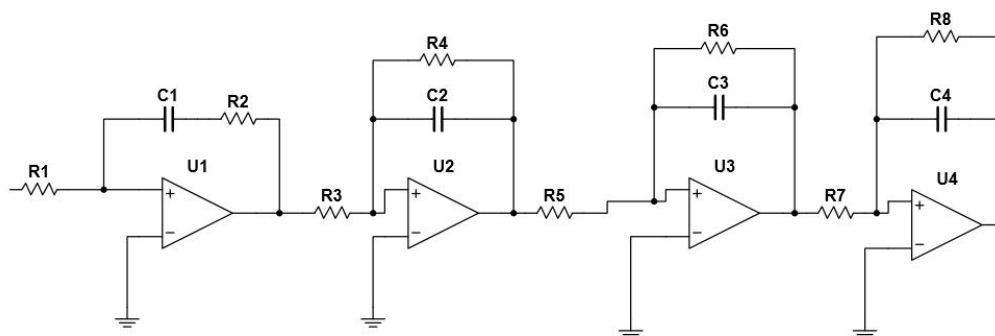


Рисунок 9 – Электрическая схема реализации регулятора

На представленной схеме выполняются равенства

$$\begin{cases} R_5 = R_7 \\ R_6 = R_8 \\ C_3 = C_4 \end{cases} \quad (15)$$

Рассчитаем значения элементов схемы.

$$\begin{cases} \begin{cases} T_0 = R_1 C_1 = 1 \\ T_2 = R_2 C_1 = 0.5717 \\ T_k = \frac{R_4}{C_2} = 4.4 \\ K_v + \sqrt{2} = \frac{R_4}{R_3} = 39.3452 \\ \frac{R_6}{R_5} = 1 \\ T_4 = \frac{R_6}{C_3} = 0.1233 \end{cases} \end{cases} \quad (16)$$

При решении системы получаем следующие параметры:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_2 = 1 \text{ Ом} \\ C_1 = 0.5717 \text{ Ф} \\ R_1 = 1.7491 \text{ Ом} \\ R_3 = 0.5 \text{ Ом} \\ R_4 = 19.6726 \text{ Ом} \\ C_2 = 4.4710 \text{ Ф} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 1.254 \text{ Ом} \\ C_3 = C_4 = 10.1703 \text{ Ф} \end{array} \right. \quad (17)$$

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.

Метод желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики удобно применять для синтеза последовательно включённого регулятора. Также, в силу лёгкости составления ЛАЧХ звена, данный метод можно использовать для оценивания порядка полиномов в числителе и знаменателе регулятора, а вместе с тем и сложность его реализации.

При разбиении передаточной функции регулятора на элементарные звенья, можно составить рассчитать электрическую схему реализации регулятора.

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.