



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ _____ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ _____

КАФЕДРА _____ ИУ1 – СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

«ЧАСТОТНЫЙ СИНТЕЗ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА»

по курсу:

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ»

Студент: ИУ2-61

(Подпись, дата)

Аветисян Н. О.

Преподаватель:

(Подпись, дата)

Лобачев И.В.

Вариант 1

Задание:

1. Выбрать из таблицы вариант задания. Построить переходную характеристику располагаемой системы, оценить устойчивость системы, время переходного процесса и колебательность.
2. Рассчитать параметры для построения ЛАХ, получить ПФ желаемой системы.
3. Получить ПФ корректирующего устройства.
4. С помощью пакета MatLab построить располагаемую ЛАЧХ, ЛФХ, желаемую ЛАХ, ЛФХ и ЛАХ корректирующего устройства.
5. С помощью пакета MatLab построить переходную характеристику скорректированной системы и оценить устойчивость системы, время переходного процесса и колебательность.

Таблица

Варианты заданий для последовательной коррекции

№ п/п	Передаточная функция	$T_{\text{ин}},$ с	M	$\sigma,$ %	$e_{\text{д}},$ град	$\Omega_m,$ рад/с	$\varepsilon_m,$ рад/с ²
1	$W(s) = \frac{200}{s(0,1s+1)(0,02s+1)(0,01s+1)}$	0,8	1,35	30	12	25	2
2	$W(s) = \frac{32}{(0,05s+1)(0,1s+1)(0,2s+1)}$	0,6	1,19	20	0,6	0,2	0,6
3	$W(s) = \frac{100}{s^2(0,04s+1)(0,01s+1)(0,002s+1)}$	0,45	1,4	30	6	2	8
4	$W(s) = \frac{282}{s(0,1s+1)}$	–	1,5	37	0,1	20	5
5	$W(s) = \frac{363}{s(0,1s+1)(0,02s+1)}$	–	1,5	37	1	5	2
6	$W(s) = \frac{900}{s(0,08s+1)(0,02s+1)}$	–	1,5	37	0,5	10	2
7	$W(s) = \frac{1500}{s(0,05s+1)(0,02s+1)}$	–	1,5	37	0,1	150	750
8	$W(s) = \frac{20}{s(0,1s+1)(0,05s+1)}$	–	1,5	37	120	30	30
9	$W(s) = \frac{100}{s(0,5s+1)}$	0,2	1,2	20	5	2	2
10	$W(s) = \frac{40}{s(0,04s^2+1,2s+1)}$	0,1	1,4	30	0,6	0,8	0,8

Для варианта 1:

$$W(s) = \frac{200}{s(0,1s+1)(0,02s+1)(0,01s+1)}$$

Теоретическая часть

Пусть задана исходная (располагаемая) динамическая система, описываемая ПФ $W(s)$ (рис. 1, а). Если эта система является неустойчивой или не удовлетворяет заданным показателям качества, то ее поведение можно улучшить при включении последовательного корректирующего устройства с ПФ $K(s)$ (рис. 1, б)

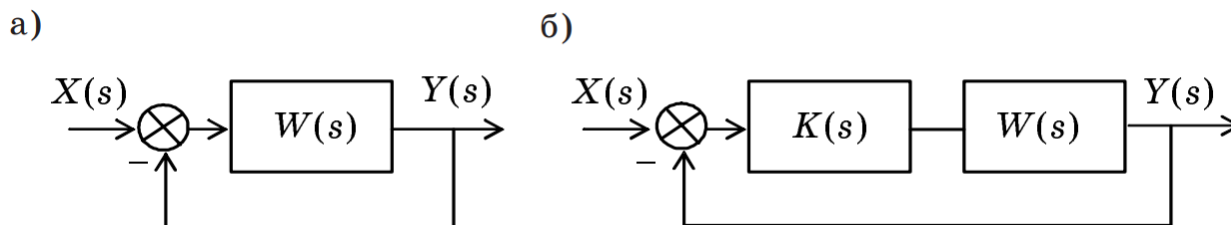


Рис. 1 Исходная и скорректированная система

Частотный метод синтеза основан на построении реальных и желаемых частотных характеристик системы, их сопоставлении и выборе на этой основе структуры и параметров корректирующих устройств.

Важнейшим этапом частотного синтеза является формирование желаемой АЧХ системы. ПФ скорректированной (желаемой) системы можно представить в виде произведения

$$G(s) = W(s)K(s)$$

Откуда следует

$$K(s) = \frac{G(s)}{W(s)}$$

При использовании ЛАЧХ имеем

$$L_K = 20 \lg|K(j\omega)|, L_G = 20 \lg|G(j\omega)|, L_W = 20 \lg|W(j\omega)|,$$

откуда следует

$$L_K = L_G - L_W.$$

Для нахождения частоты и амплитуды эквивалентного гармонического воздействия можно воспользоваться требуемыми значениями максимальной скорости и ускорения системы

$$\omega_k = \frac{\varepsilon_{\max}}{\Omega_{\max}}, g_{\max} = \frac{\Omega_{\max}^2}{\varepsilon_{\max}}$$

где Ω_{\max} — максимальная скорость, ε_{\max} — максимальное ускорение

Для определения границ среднечастотного участка вводится понятие базовой частоты

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\max}}{x_{\max}}}$$

По базовой частоте вычисляется частота среза

$$\omega_- = \sqrt{\frac{M}{M-1}} \cdot \omega_0$$

По частоте среза определяются частоты ω_2, ω_3 , соответствующие началу и концу среднечастотного участка:

$$\omega_2 \leq \frac{M-1}{M} \omega_c; \quad \omega_3 \geq \frac{M+1}{M} \omega_c$$

Типовая структура желаемой ЛАЧХ изображена на рис. 2. Высокочастотная часть ЛАЧХ (справа от ω_3) не оказывает влияния на точность системы и ее динамические характеристики. Обычно наклоны высокочастотной и низкочастотной частей желаемой ЛАЧХ стремятся сделать такими же, как у исходной динамической системы.

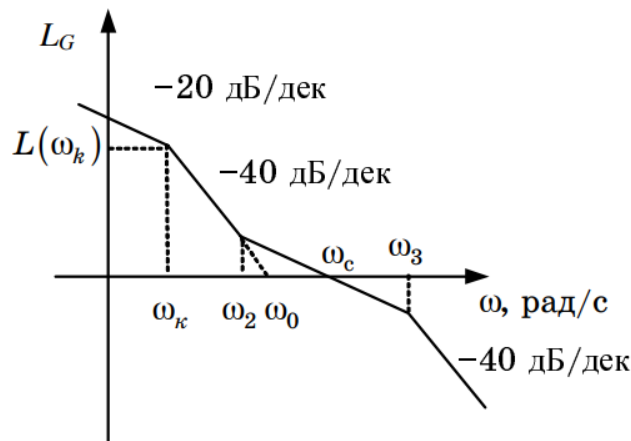


Рис. 2 Построение желаемой ЛАЧХ

Желаемой ПФ на рис. 2 соответствует структура

$$G(s) = \frac{k(\tau_2 s + 1)}{s(T_k s + 1)(T_3 s + 1)}, \quad (*)$$

где k – коэффициент усиления; T и τ – постоянные времени, соответствующие сопрягающим частотам:

$$\tau_2 = \frac{1}{\omega_2}, \quad T_k = \frac{1}{\omega_k}, \quad T_3 = \frac{1}{\omega_3}.$$

В общем случае структура ПФ, соответствующей желаемой ЛАХ, будет иметь вид

$$G(s) = \frac{k \left(\frac{1}{\omega_2} s + 1 \right)}{s \left(\frac{1}{\omega_k} s + 1 \right) \left(\frac{1}{\omega_3} s + 1 \right) \left(\frac{1}{\omega_4} s + 1 \right) \left(\frac{1}{\omega_5} s + 1 \right) \dots},$$

где k – коэффициент передачи желаемой системы

$$k = 10^{\frac{L_G(\omega=1)}{20}}.$$

В случае когда величина $\omega_k < 1 \text{ с}^{-1}$, величина коэффициента передачи должна быть больше, чем получается по выражению (*). При построении желаемой ПФ следует помнить, что изменение коэффициента усиления k поднимает или опускает всю ЛАЧХ, полиномы числителя изменяют наклоны асимптот ЛАЧХ на $+20 \text{ дБ/дек}$, а каждый полином знаменателя изменяет наклоны на -20 дБ/дек . ПФ нескорректированной системы, в общем случае, будет иметь следующий вид:

$$W(s) = \frac{(\tau_1 s + 1)}{s^r (T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(T_3 s + 1) \dots},$$

где r – порядок астатизма нескорректированной системы, $\tau_1, T_1, T_2, T_3 \dots$ – постоянные времени числителя и знаменателя, соответствен) но. Тогда ПФ корректирующего устройства будет определяться выражением:

$$W_k(s) = \frac{k \left(\frac{1}{\omega_2} s + 1 \right)}{s \left(\frac{1}{\omega_k} s + 1 \right) \left(\frac{1}{\omega_3} s + 1 \right) \left(\frac{1}{\omega_4} s + 1 \right) \dots} \times \frac{s^r (T_1 s + 1)(T_2 s + 1)(T_3 s + 1) \dots}{(\tau_1 s + 1)}.$$

Использование MatLab

$$W(s) = \frac{200}{s(0.1s + 1)(0.02s + 1)(0.01s + 1)}$$

Поведение исходной системы

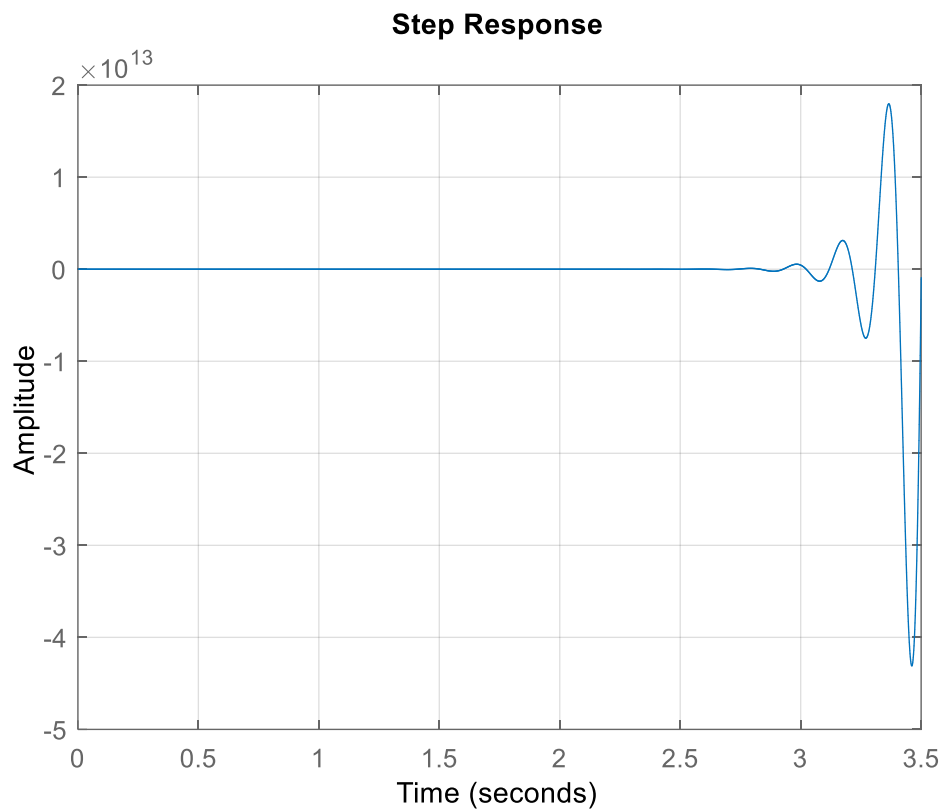


Рис. 1 Переходная характеристика исходной системы

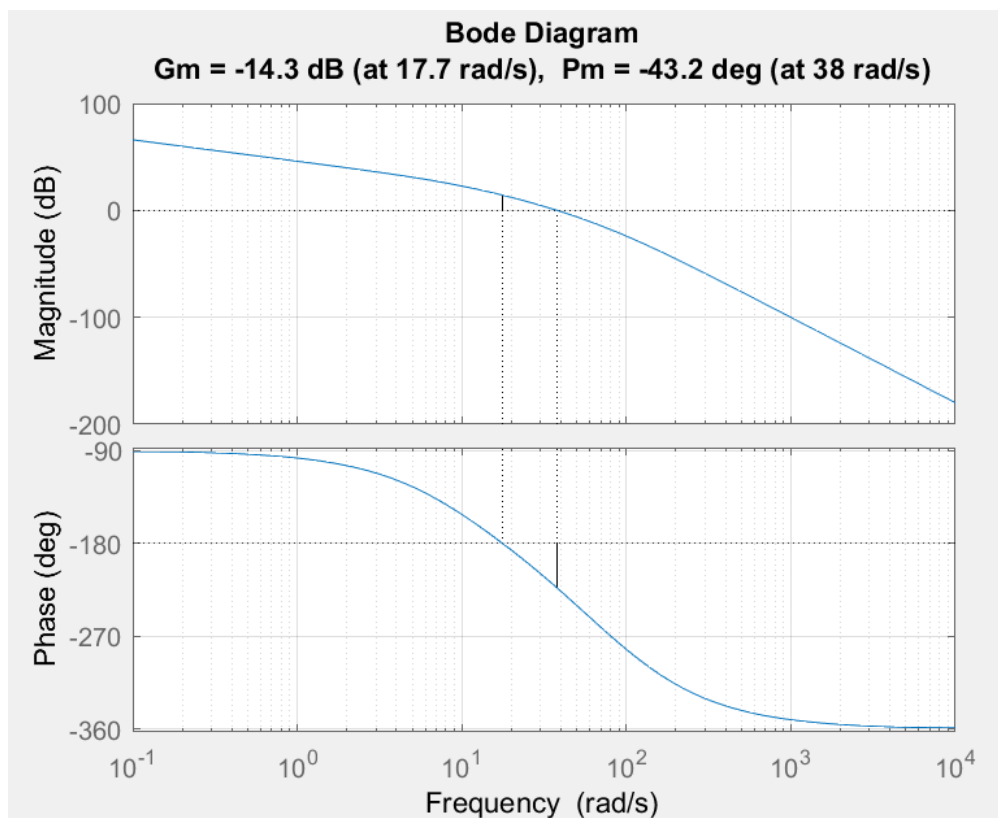


Рис. 2 ЛАФЧХ исходной системы

Как видно из графиков переходной характеристики (амплитуда расходится) и ЛАФЧХ (отрицательный запас по фазе), система является неустойчивой.

Растёт параметров желаемой ЛЧХ и получение ПФ желаемой системы

Частота и амплитуда эквивалентного гармонического воздействия

$$w_k = \frac{\varepsilon_{max}}{\Omega_{max}} = 0.08 \text{ рад/с}$$
$$g_{max} = \frac{\Omega_{max}^2}{\varepsilon_{max}} = 312.5 \text{ рад}$$

Базовая частота

$$w_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_{max}}{x_{max}}} = 3.0902 \text{ рад/с}$$

Частота среза

$$w_- = \sqrt{\frac{M}{M-1}} \cdot w_0 = 6.0690 \text{ рад/с}$$

Частоты среднечастотного участка

$$w_2 \leq \frac{M-1}{M} w_c = 1.5734 \text{ рад/с}; w_3 \geq \frac{M+1}{M} w_c = 10.5646 \text{ рад/с}$$

Пусть

$$w_2 = 1.5 \text{ рад/с}$$

$$w_3 = 11 \text{ рад/с}$$

Амплитуда ЛАЧХ

$$L = 20 \lg \left| \frac{g_{max}}{x_{max}} \right| = 63.4758$$

Коэффициент усиления регулятора

$$K = 10^{\frac{L}{20}} = 1492.1$$

Периоды

$$t_2 = \frac{1}{w_2} = 0.6667 \text{ c}$$

$$t_3 = \frac{1}{w_3} = 0.0943 \text{ c}$$

$$t_k = \frac{1}{w_k} = 12.5 \text{ c}$$

Составляем желаемую ПФ системы

$$G = \frac{K (t_2 s + 1)}{s (t_k s + 1)(t_3 s + 1)} = \frac{1492.1 \cdot (0.6667s + 1)}{s (0.6667s + 1)(0.0943s + 1)}$$

Наклон данной ПФ 1 порядок s в числителе, 3 порядка s в знаменателе, итоговый наклон -40 дБ/дек, что не совпадает с исходным.

Необходимо ввести ещё 2 полюса в знаменатель - ОЧЕНЬ высокочастотные полюса

Готовая желаемая ПФ

$$G = \frac{G}{(\frac{1}{1e7}s + 1)(\frac{1}{1e8}s + 1)}$$

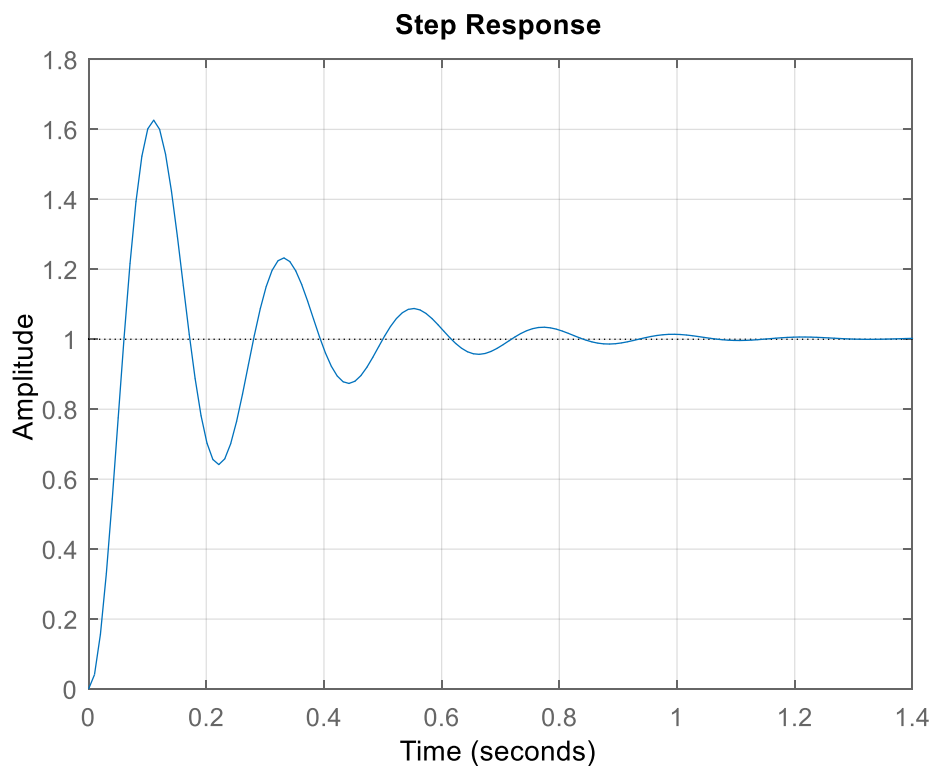


Рис. 3 Переходная характеристика желаемой системы

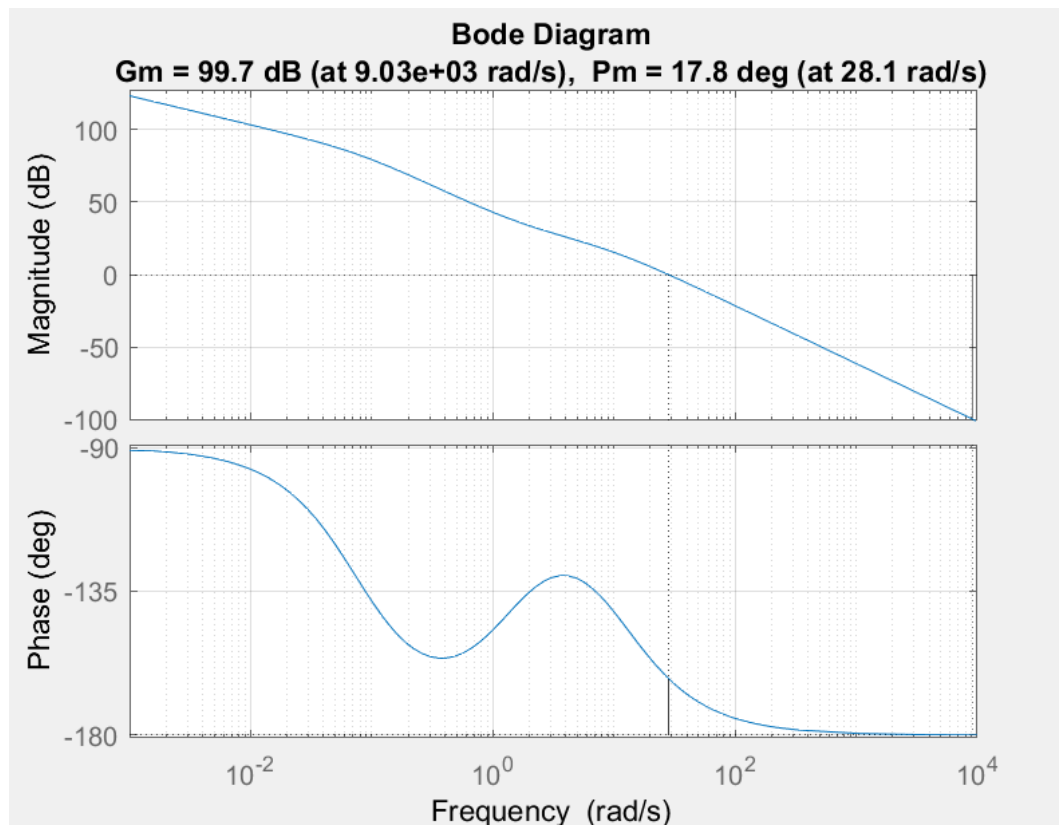


Рис. 4 ЛАФЧХ желаемой системы

Результат stepinfo для желаемой системы:

RiseTime: 0.0406

TransientTime: 0.8105

SettlingTime: 0.8105

SettlingMin: 0.6418

SettlingMax: 1.6263

Overshoot: 62.6348

Undershoot: 0

Peak: 1.6263

PeakTime: 0.1106

Как видно из графиков переходной характеристики и ЛАФЧХ, система является устойчивой.

ПФ корректирующего устройства

ПФ компенсатора

Степень s равна степени астатизма

$$K(s) = \frac{G}{W} s = \frac{0.01989s^6 + 3.213s^5 + 134.1s^4 + 1189s^3 + 1492s^2}{(2.948e - 13)s^5 + (2.653e - 05)s^4 + 235.8s^3 + 2519s^2 + 200s}$$

ПФ компенсированной системы

$$W_{\text{кор}}(s) = K(s)W(s) =$$
$$= \frac{3.979s^6 + 642.6s^5 + (2.682e04)s^4 + (2.377e05)s^3 + 2.984e05s^2}{(5.896e - 18)s^9 + (5.307e - 10)s^8 + 0.004717s^7 + 0.8051s^6 + 38.72s^5 + 563.9s^4 + 2545s^3 + 200s^2}$$

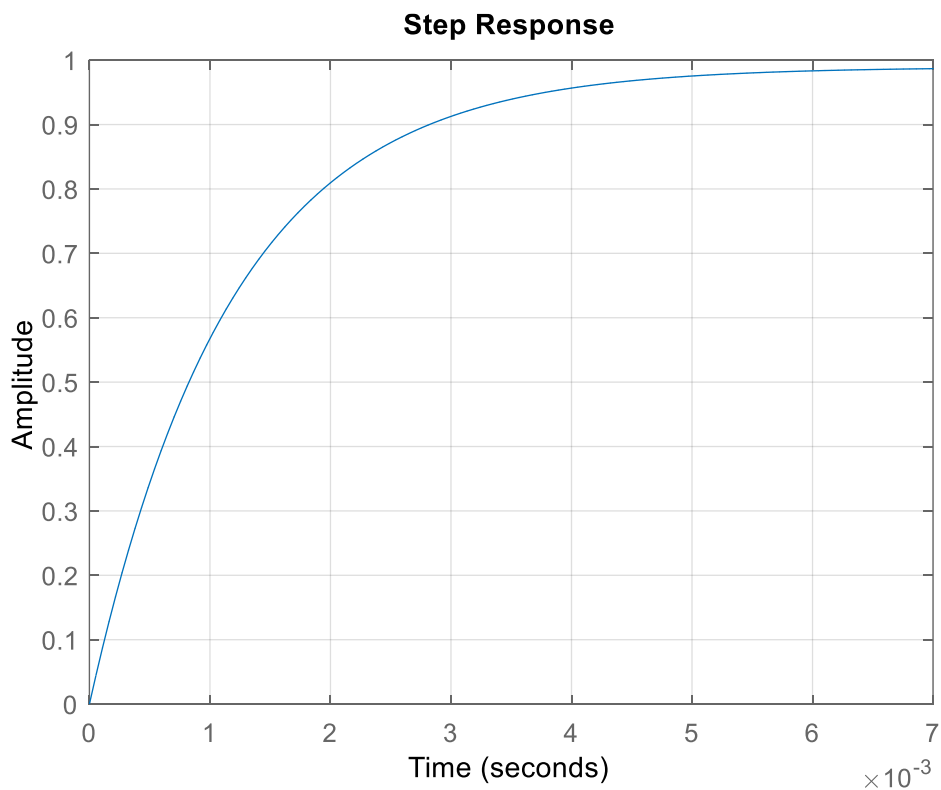


Рис. 5 Переходная характеристика компенсированной системы

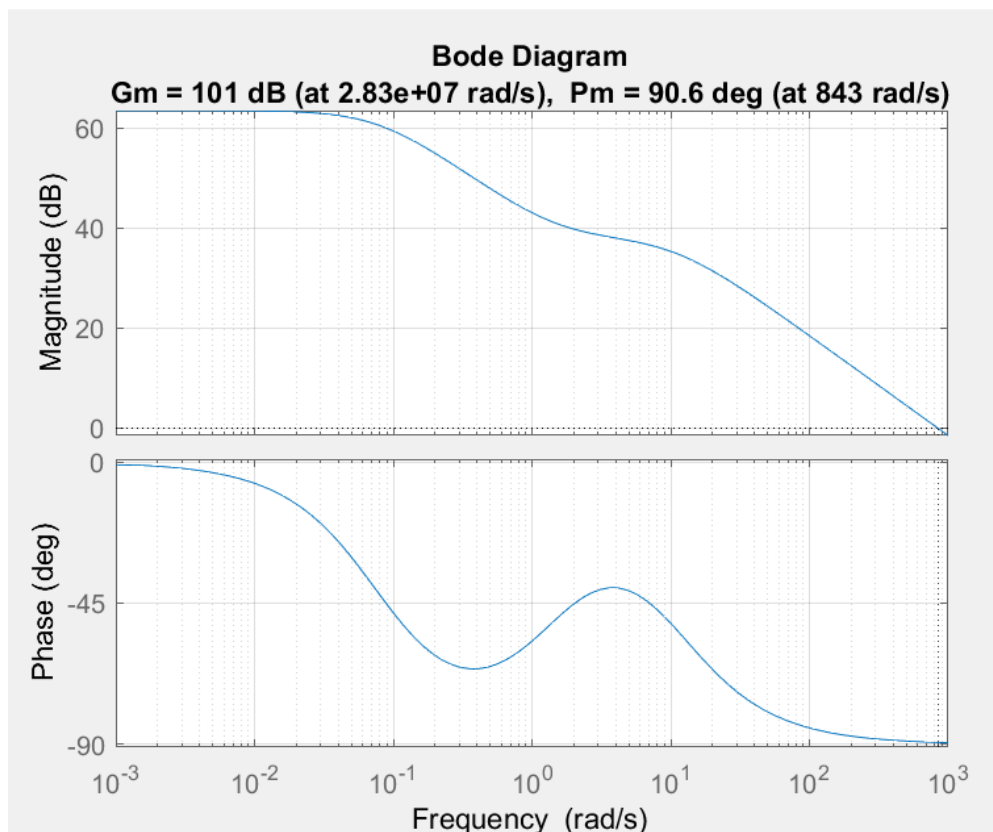


Рис. 6 ЛАФЧХ компенсированной системы

Результат stepinfo для компенсированной системы:

RiseTime: 0.0027

TransientTime: 0.0054

SettlingTime: 0.0054

SettlingMin: 0.9031

SettlingMax: 0.9897

Overshoot: 0

Undershoot: 0

Peak: 0.9897

PeakTime: 0.0329

Как видно из графиков переходной характеристики и ЛАФЧХ, система является устойчивой.