

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.01.2022 10:51:41

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d59e51c11eabb175e945d14246511a56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра теоретической механики и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ

**Первый проректор-
проректор по учебной работе**

_____ **Е.А. Кудряшов**

«_____» _____ 20__г.

Лабораторная работа № 11

СВЯЗЬ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ С ВРЕМЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401.65 Мехатроника; направлений 220200.62 Автоматизация и управление и 221000.62 Мехатроника и робототехника

Курск 2011

УДК 621.(076.1)

Составители: Лушников Б.В., Яцун С.Ф.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Я.Мищенко*

Связь частотных характеристик разомкнутой системы с временными характеристиками замкнутой системы автоматического управления: методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: Б.В. Лушников, С.Ф.Яцун; Курск, 2011. 16 с., ил. 11, табл.1. Библиогр.: с.16.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения из курса теории автоматического управления, необходимые для выполнения лабораторной работы, а также иллюстрированные примеры выполнения, варианты заданий и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначены для студентов направлений 220200.62 Автоматизация и управление, 221000.62 Мехатроника и робототехника и для студентов специальности 220401.65 Мехатроника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16 .Усл.печ.л. .

Уч.-изд.л. .Тираж 20 экз. Заказ .Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Лабораторная работа № 11

СВЯЗЬ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ С ВРЕМЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы:

1. Ознакомление со свойствами частотных характеристик разомкнутых систем автоматического управления с использованием пакета прикладных программ Control System Toolbox;

2. Ознакомление с методиками построения корневых годографов и получение навыков для оценки переходных характеристик замкнутых систем по расположению корней характеристического уравнения;

3. Получение навыков определения качественных показателей временных характеристик замкнутых систем по частотным характеристикам разомкнутой системы.

Объект исследования: линейная система автоматического управления.

Аппаратные средства: виртуальная лаборатория на ЭВМ IBM PC, программный пакет «MATLAB».

Порядок выполнения лабораторной работы

Исходные данные:

передаточная функция вида

$$W(p) = \frac{a_1 \cdot p + a_0}{b_3 \cdot p^3 + b_2 \cdot p^2 + b_1 \cdot p},$$

где

$$a_0 = 1,$$

$$a_1 = 0.02,$$

$$b_1 = 1, \quad \text{- коэффициенты передаточной функции.}$$

$$b_2 = 0.2,$$

$$b_3 = 0.025.$$

1. Построение корневого годографа в среде Control System Toolbox.

По передаточным функциям одноконтурных разомкнутых систем имеется возможность построить корневой годограф и выбрать коэффициент усиления разомкнутой системы, определяющий заданные качества переходного процесса (программа 1).

Все действия в данной работе выполняются посредством ввода команд и операторов в командном окне пакета MATLAB (рис.1). Получение характеристик и их анализ производится в среде Control System Toolbox.

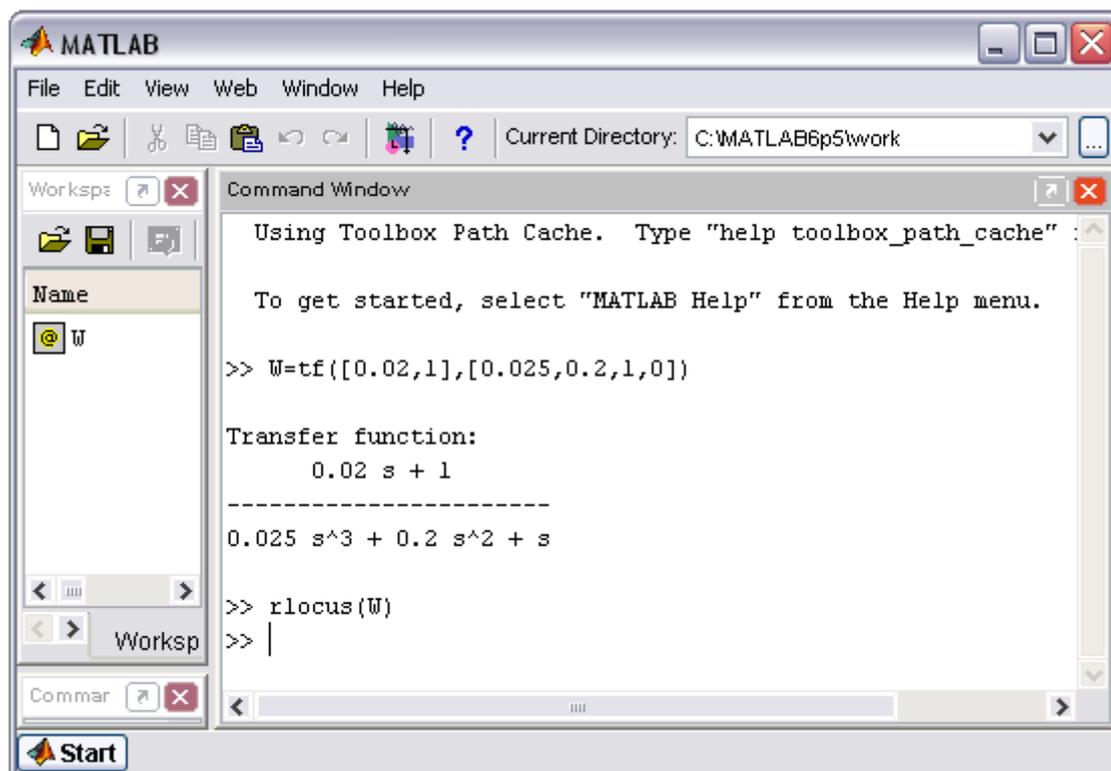


Рис.1 Командное окно пакета MATLAB

Оператор задания передаточной функции:

$$W = tf([a_1, a_0], [b_3, b_2, b_1, b_0])$$

Оператор построения корневого годографа:

$$rlocus(W).$$

Исходная передаточная функция имеет вид:

$$W(s) = \frac{p+1}{0,025p^3 + 0,2p^2 + p}$$

Программа 1:

`W=tf([0.02,1],[0.025,0.2,1,0])`

- передаточная функция
разомкнутой САУ;

`rlocus(W)`

- построение корневого годографа.

Команда `rlocus(W)` строит корневой годограф замкнутой системы по *Iti*-модели разомкнутой системы.

Если передаточная функция разомкнутой САУ известна:

$$W(p) = K \frac{n(p)}{d(p)},$$

то полюсами замкнутого контура являются корни уравнения

$$d(p) + Kn(p) = 0.$$

Щёлкнем на кривой годографа левой кнопкой мыши и выберем несколько точек (рис.2).

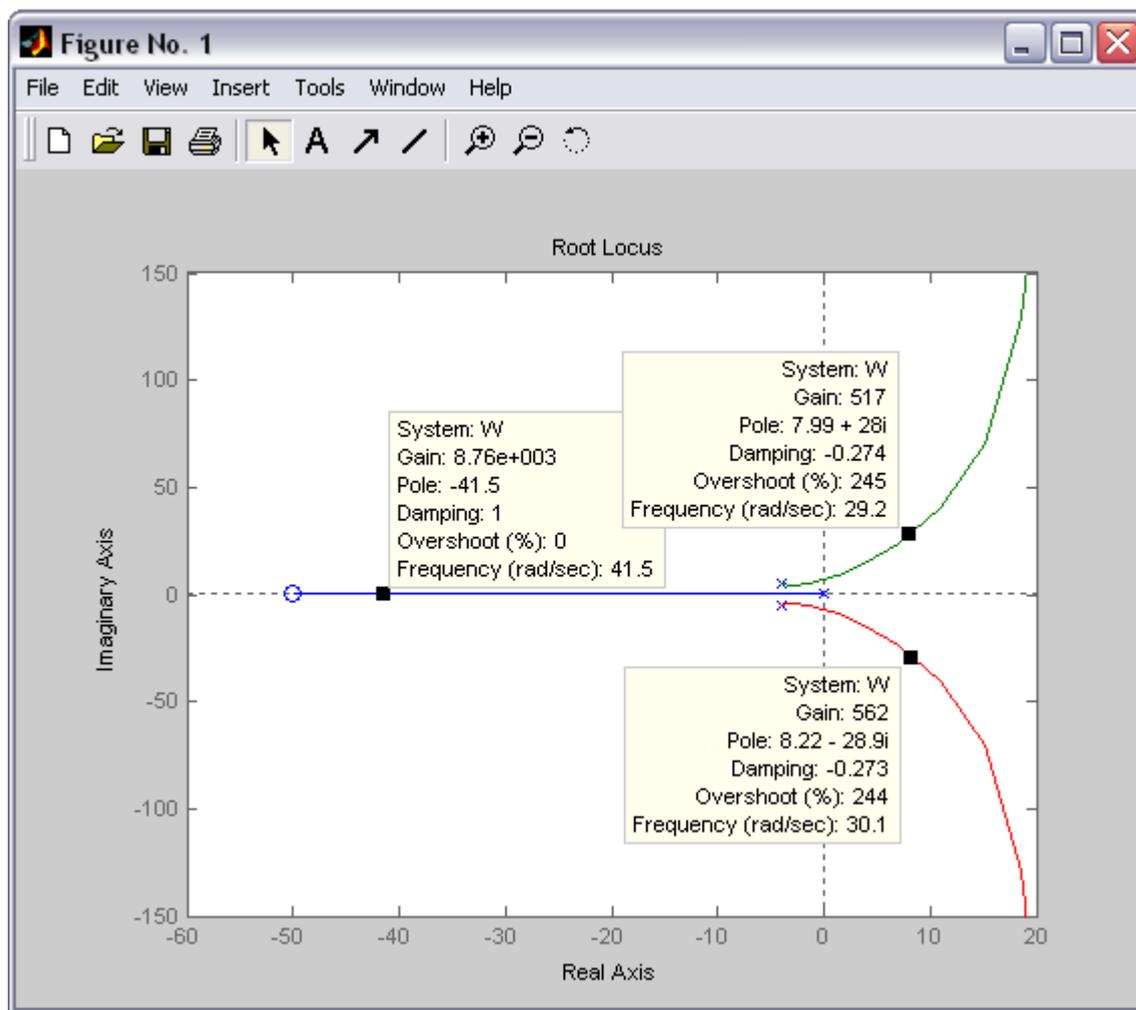


Рис.2 Корневой годограф системы

Каждая точка характеризуется коэффициентом усиления разомкнутой системы (*Gain*), значением полюсов замкнутой системы (*Pole*), коэффициентом демпфирования замкнутой кривой системы (*Damping*), величиной перерегулирования в % (*overshoot*), частотой среза системы (*Frequency*).

Как известно, качество переходных процессов зависит от расположения полюсов (корней) характеристического уравнения замкнутой системы: чем дальше корень расположен от мнимой оси, тем меньше время переходного процесса. Колебательная составляющая определяется отношением мнимой части корня к его действительной части, и чем больше это отношение, тем

больше колебательная составляющая. Рассчитаем её значение для нашего случая:

$$K_1 = \frac{28}{7,99} = 3,50$$

$$K_2 = \frac{-28,9}{8,22} = 3,52$$

Передвигаясь по этой кривой, можно определить значение полюсов (корней), коэффициента демпфирования и величину перерегулирования замкнутой системы в функции коэффициента усиления.

Следующая цель – связать запас по фазе и амплитуде с качественными показателями переходных процессов. Как показывают кривые корневого годографа, при больших значениях K система устойчива. Затем, по мере уменьшения коэффициента усиления разомкнутой системы корни характеристического уравнения замкнутой системы приближаются к мнимой оси, и запас устойчивости уменьшается. При дальнейшем уменьшении коэффициента усиления система становится неустойчивой. Дальнейшее уменьшение K снова возвращает корни в левую полуплоскость, и замкнутая система вновь становится устойчивой.

2. Построение диаграмм Боде (ЛАЧХ и ЛФЧХ системы).

Выберем несколько значений коэффициента усиления и построим логарифмические частотные характеристики САУ.

$K = 100, 50, 10, 2.$

Оператор построения диаграмм Боде:

`bode(W1,W2,W3,W4),grid on`

Программа 2:

`K1=100`

`W1=K1*tf([0.02,1],[0.025,0.2,1,0])`

`K2=50`

`W2=K2*tf([0.02,1],[0.025,0.2,1,0])`

`K3=10`

`W3=K3*tf([0.02,1],[0.025,0.2,1,0])`

`K4=2`

`W4=K4*tf([0.02,1],[0.025,0.2,1,0])`

`figure(2)`

`bode(W1,W2,W3,W4),grid on`

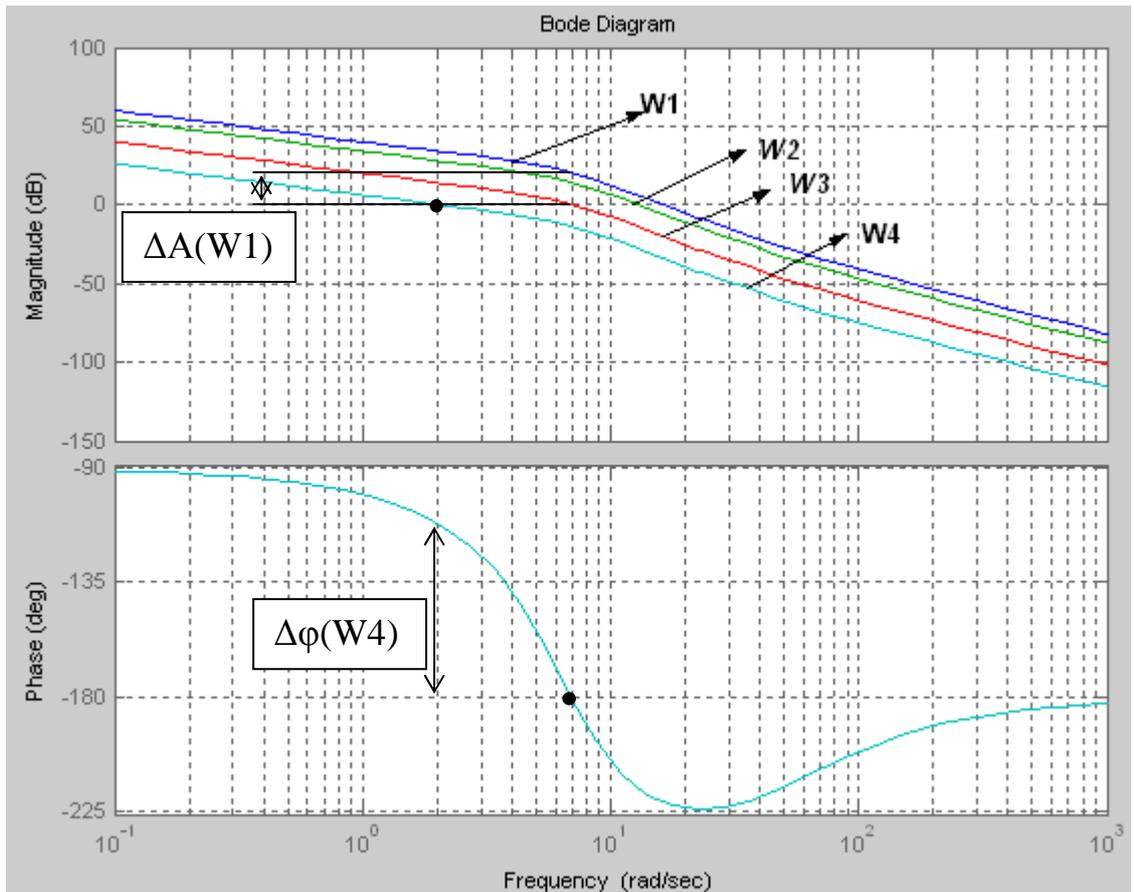


Рис.3 ЛЧХ системы: $\Delta\varphi(W4)$ – запас устойчивости по фазе для W4; $\Delta A(W1)$ – запас устойчивости по амплитуде для W1

Так как передаточные функции W1, W2, W3, W4 отличаются только коэффициентом усиления, то логарифмическая фазовая характеристика у них будет общая.

Определим запас устойчивости. Запас устойчивости по амплитуде – это величина модуля ЛАЧХ разомкнутой системы на частоте, при которой ЛФЧХ имеет значение -180 град.

Запас устойчивости по фазе – это разность между значением фазовой частотной характеристики и значением 180 град по частоте среза.

Частота среза – это частота, при которой значение ЛАЧХ равно 1,0 или 0 дБ.

Команда *margin* определяет запасы устойчивости по фазе и амплитуде.

Программа 3:

```
figure(3)
margin(W1), grid on
```

```
figure(4)
margin(W2), grid on
```

```
figure(5)
margin(W3), grid on
```

figure(6)
margin(W4), grid on

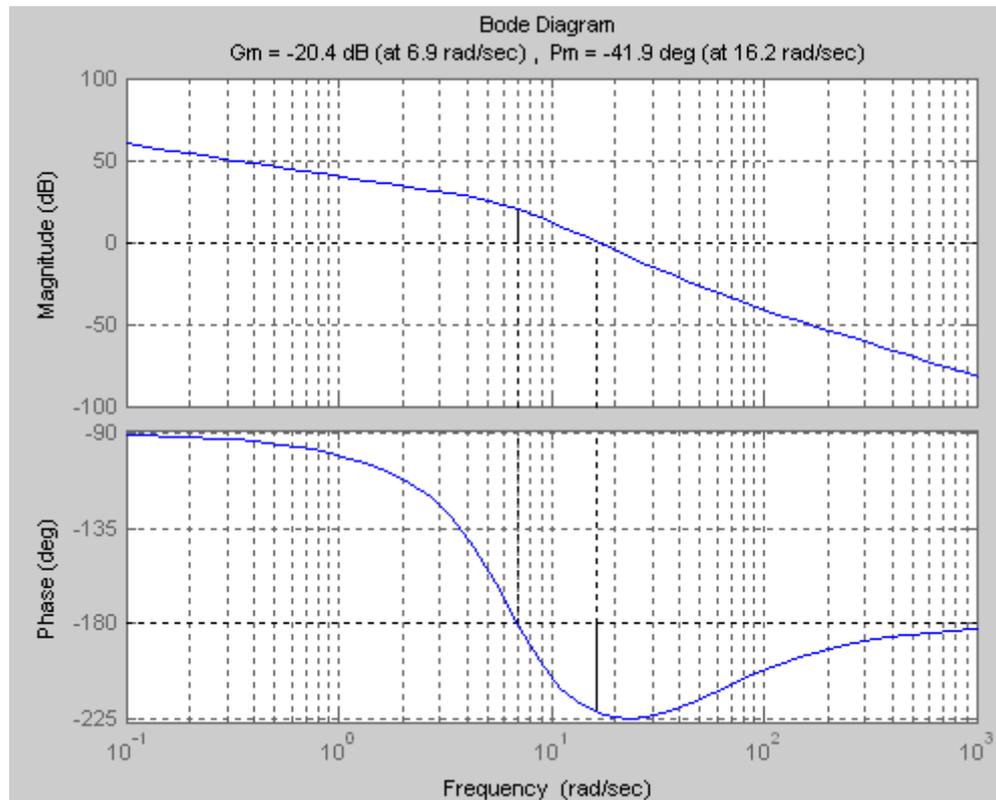


Рис.4 Запас устойчивости по фазе и амплитуде для W1

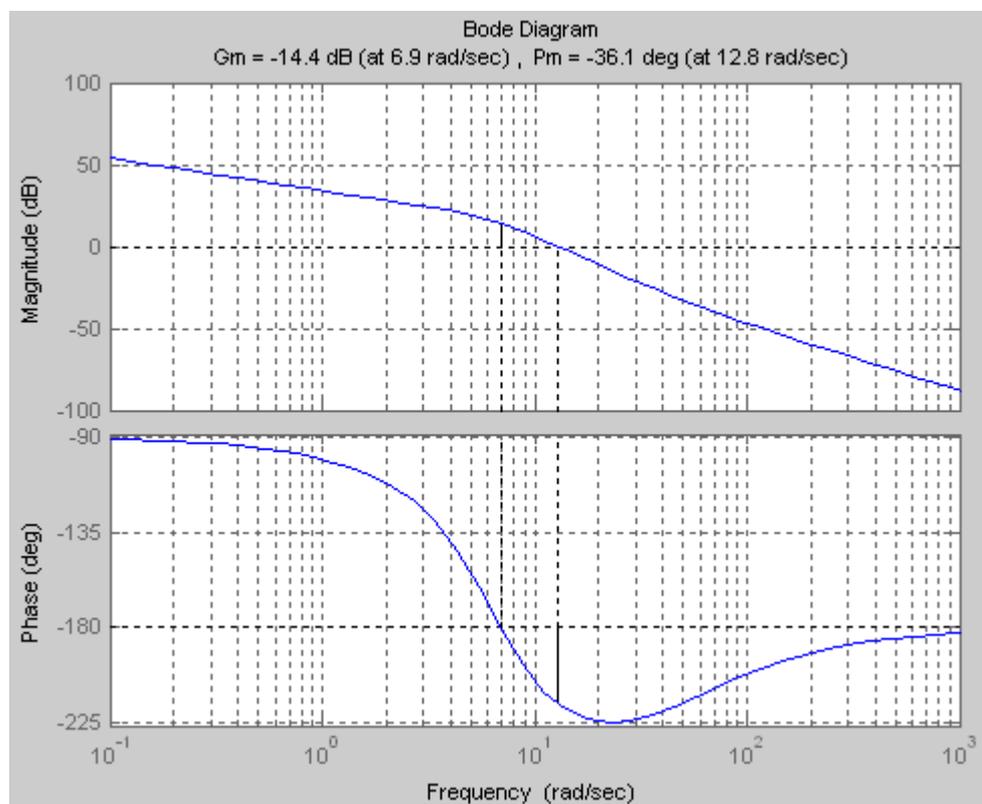


Рис.5 Запас устойчивости по фазе и амплитуде для W2

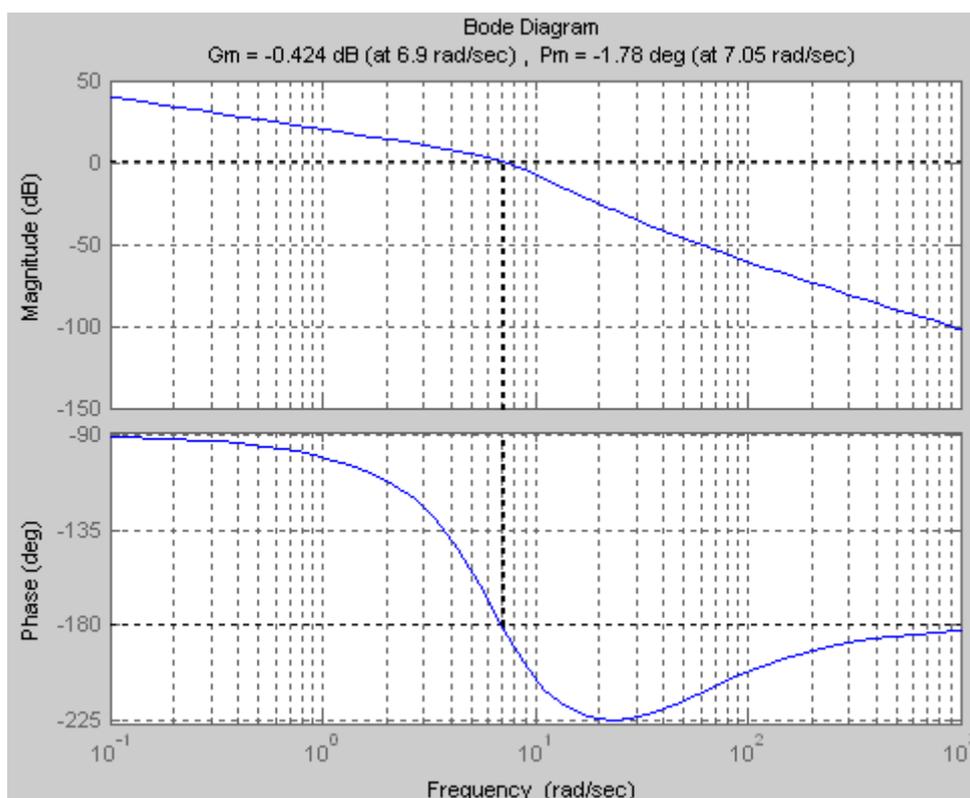


Рис.6 Запас устойчивости по фазе и амплитуде для W3

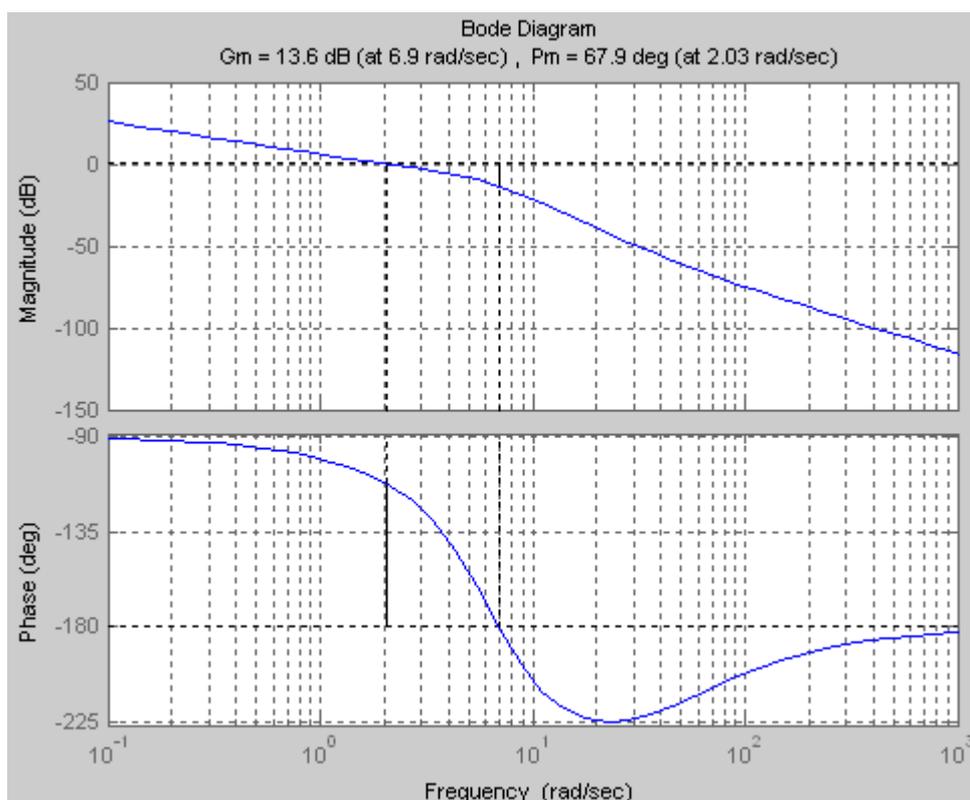


Рис.7 Запас устойчивости по фазе и амплитуде для W4

Сверху над характеристиками указываются значения запасов устойчивости: G_m (dB) – по амплитуде, P_m (deg) – по фазе. Если запас устойчивости равен ∞ , это значит, что система устойчива при любых значениях коэффициента усиления.

Можно предположить, что система будет устойчива, если запас по амплитуде положителен. Отрицательное значение данного параметра говорит о недорегулировании системы и, как следствие, её неустойчивости.

3. Построение переходных характеристик замкнутых систем.

Оператор нахождения передаточной характеристики замкнутой системы по передаточной характеристике разомкнутой системы:

$$W_{\text{раз}} = \text{feedback}(W1,1),$$

где 1 – единичная обратная связь.

Оператор построения временных характеристик:

$$\text{step}(W_{\text{раз}},10),$$

где 10 – время переходного процесса.

Программа 4:

```

W11=feedback(W1,1)
W22=feedback(W2,1)
W33=feedback(W3,1)
W44=feedback(W4,1)

figure(7)
step(W11,10), grid on

figure(8)
step(W22,10), grid on

figure(9)
step(W33,10), grid on

figure(10)
step(W44,10), grid on

```

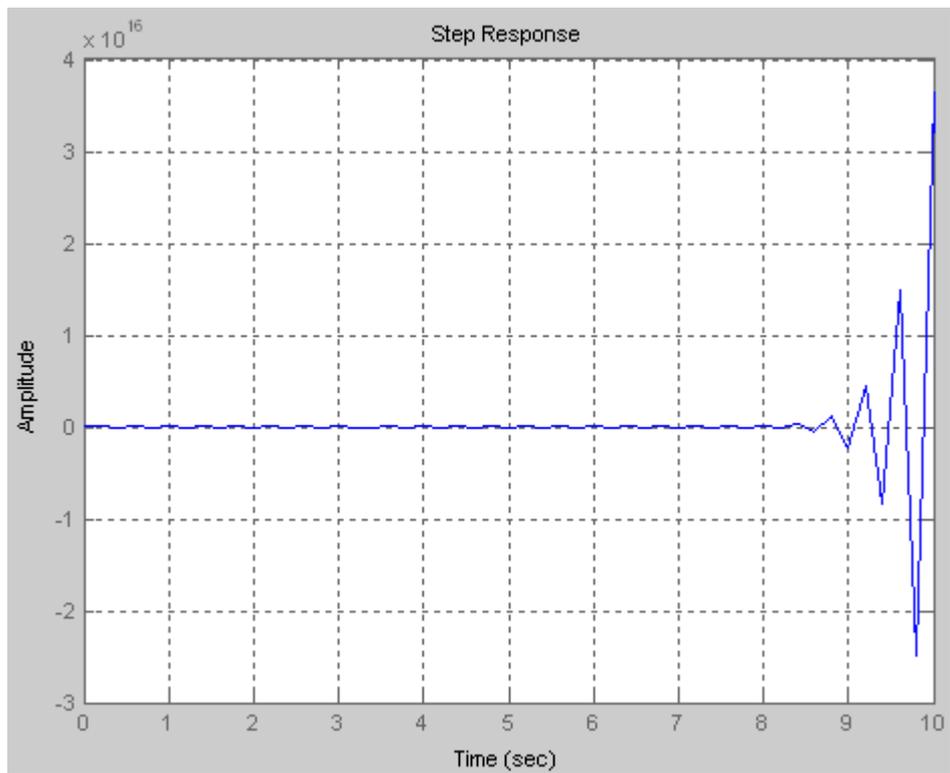


Рис.8 Переходная характеристика для W1

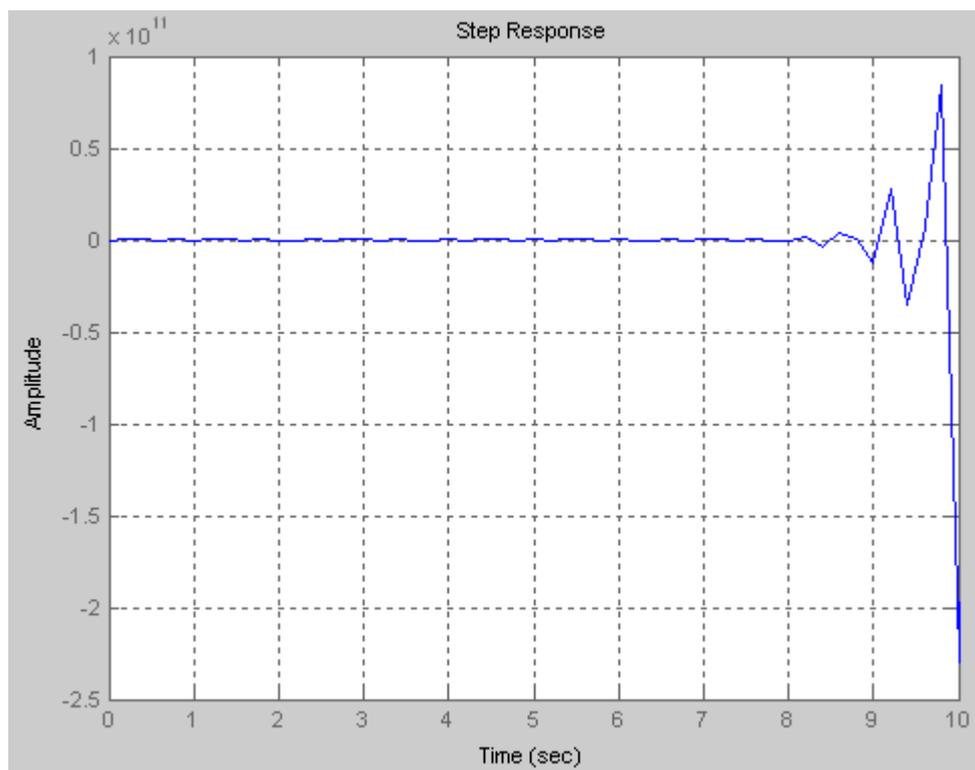


Рис.9 Переходная характеристика для W2

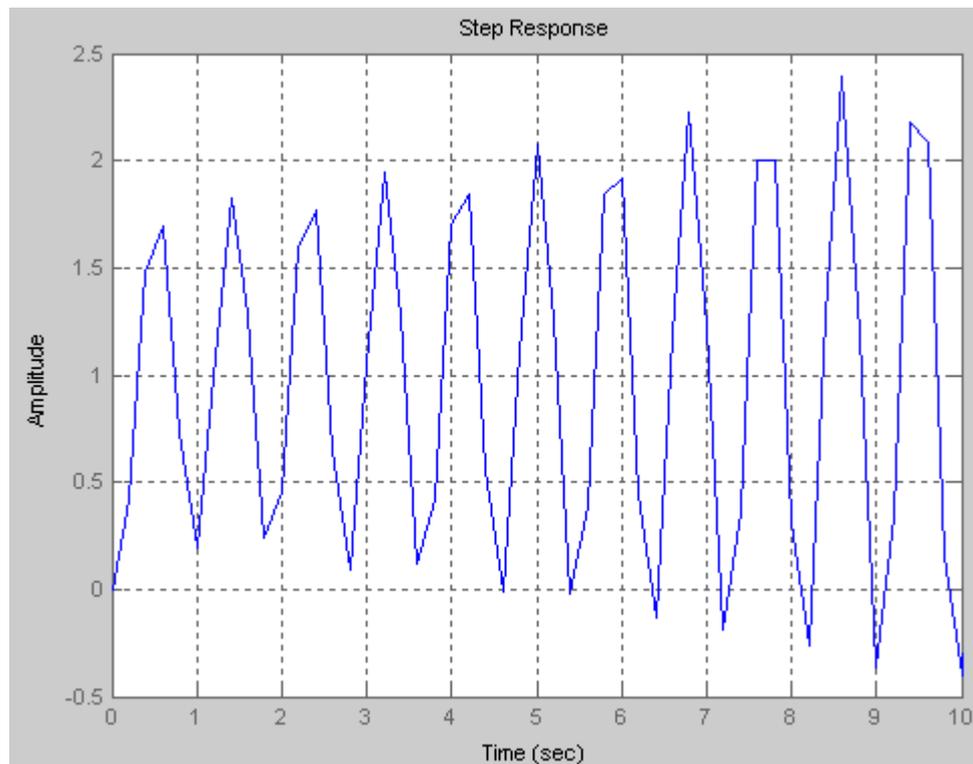


Рис.10 Переходная характеристика для W3

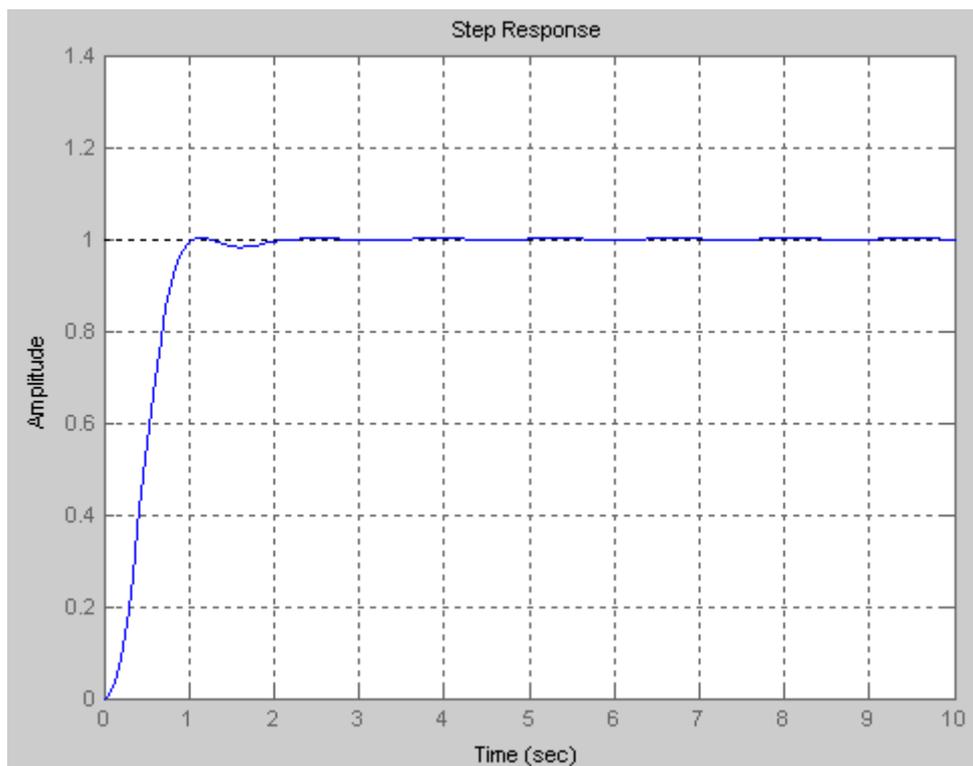


Рис.11 Переходная характеристика для W4

Приведенные характеристики позволяют установить связь между ЛАЧХ и качеством переходного процесса: при значительном запасе по фазе и значительной частоте среза системы переходный процесс характеризуется большим быстродействием и малым перерегулированием. При уменьшении запаса по фазе и частоты среза системы перерегулирование возрастает, а

быстродействие падает. Анализируя ЛАЧХ разомкнутой системы, можно оценить качество переходных процессов замкнутых систем.

ПОРЯДОК И МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выполнения лабораторной работы используется пакет прикладных программ Control System Toolbox приложения MATLAB. Используемые команды описаны выше.

2. В процессе выполнения данной части работы студенты должны:

- 1) создать tf-объект в соответствии с заданием;
- 2) построить корневой годограф;
- 3) связать качественные показатели переходного процесса с расположением корней на комплексной плоскости;
- 4) для различных коэффициентов усиления построить ЛЧХ и определить запас по фазе и амплитуде;
- 5) построить переходную функцию замкнутой системы для различных коэффициентов усиления.

3. Сделать вывод о проделанной работе и её результатах.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Структурные схемы исследуемых систем.
3. Полученные графики и характеристики.
4. Расчётная часть.
5. Основные выводы.

Таблица 1

№	Вид передаточной функции	Коэффициенты полиномов								
		№	a ₂	a ₁	a ₀	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀
1	$W(s) = \frac{a_1 p + a_0}{b_3 p^3 + b_2 p^2}$	1	0	0,1	1		0,02	1	0	0
		2	0	0,4	1		0,1	1	0	0
		3	0	0,8	1		0,2	1	0	0
		4	0	0,04	1		0,01	1	0	0
		5	0	0,2	1		0,05	1	0	0
2	$W(s) = \frac{a_1 p + a_0}{b_3 p^3 + b_2 p^2 + b_1 p}$	1	0	0,1	1		0,02 5	1,02 5	1	0
		2	0	0,4	1		0,25	2,0	1	0
		3	0	0,8	1		0,8	4,2	1	0
		4	0	0,04	1		0,02 5	0,2	1	0
		5	0	0,2	1		0,5	1,05	1	0
3	$W(s) = \frac{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{b_4 p^4 + b_3 p^3 + b_2 p}$	1	0,32	1,2	1	0,1	1,1	1	0	0
		2	0,2	0,8	1	0,1	1,2	1	0	0
		3	0,2	0,8	1	0,1	1,2	0,5	0	0
		4	0,08	0,6	1	0,1	2,05	1	0	0
		5	0,08	0,6	1	0,05	1,05	1	0	0
4	$W(s) = \frac{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{b_3 p^3 + b_2 p^2 + b_1}$	1	0,2	0,3	1	0	1	0,2	1	0
		2	0,25	0,4	1	0	1	0,25	1	0
		3	0,3	0,5	1	0	0,8	0,3	1	0
		4	0,2	0,25	1	0	0,9	0,4	1	0
		5	0,15	0,2	1	0	1,2	0,2	1	0

Примечание: вариант, выдаваемый студентам, состоит из двух цифр: первая – номер передаточной функции, вторая – номер набора значений коэффициентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения / Дьяконов В. П. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 768 с. – (Серия «Полное руководство пользователя»).
2. SIMULINK: среда создания инженерных приложений / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потёмкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003.-496 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования - М.: Наука, 2008.

