

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

### АНАЛИЗ ЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНОГО ПАКЕТА MATLAB CONTROL SYSTEM TOOLBOX

**Цель работы.** Исследование динамических и частотных характеристик, анализ структурных свойств и устойчивости линейных непрерывных систем с помощью прикладного пакета Matlab Control System Toolbox.

**Методические рекомендации.** До начала работы студенты должны ознакомиться с описанием пакета прикладных программ Control System Toolbox [1] – [3]. Лабораторная работа рассчитана на 2 часа.

**Теоретические сведения.** В качестве объекта исследования выбраны линейные непрерывные динамические стационарные системы.

Исходная модель разомкнутой системы представляется в форме вход-выход и описывается передаточной функцией вида:

$$W(s) = \frac{b_1s + b_0}{s \cdot (a_2s^2 + a_1s + a_0)}$$

Значения коэффициентов  $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1$  в числителе и знаменателе передаточной функции для выполнения лабораторной работы выбираются самостоятельно произвольно из условия  $a_2 \neq 0, b_1 \neq 0$  и индивидуально для каждой студенческой бригады.

Далее необходимо перейти от исходной разомкнутой системы к замкнутой системе с жесткой отрицательной обратной связью и провести ее анализ в соответствии с порядком выполнения работы.

Теоретическую информацию по анализу структурных свойств систем можно найти в методических указаниях к выполнению лабораторной работы №2 по курсу теории автоматического управления, по анализу динамических характеристик - лабораторной работы №4, влияния нулей и полюсов передаточной функции на свойства системы – лабораторной работы №6, частотных характеристик - лабораторной работы №9.

Более подробную информацию по этим вопросам, а также дополнительные сведения по оценке устойчивости систем управления можно получить из учебников [4] – [6].

В рамках работы предполагается выполнение анализа системы средствами пакета прикладных программ Control System Toolbox для Matlab.

В таблице 12.1 приводится список основных команд для работы с пакетом Control System Toolbox из командной строки. Сведения по синтаксису использования приведенных команд можно получить из встроенной справочной системы Matlab.

#### **Порядок выполнения работы.**

##### **1. Анализ исходной разомкнутой системы**

1.1 Получить представление исходной разомкнутой системы в виде передаточной функции.

1.2 Найти нули и полюса передаточной функции разомкнутой системы. Получить схему расположения нулей и полюсов на комплексной плоскости (пример оформления на рис. 12.1). Определить тип устойчивости системы.

1.3 Получить графики логарифмических амплитудночастотной и фазочастотной характеристик (пример оформления на рис. 12.2). Определить частоту среза, запас устойчивости системы по амплитуде и по фазе.

1.4 Построить амплитудно-фазочастотную характеристику исходной системы (пример оформления на рис. 12.3). Оценить устойчивость системы по критерию Найквиста.

## 2. Анализ замкнутой системы

2.1 По передаточной функции исходной разомкнутой системы провести предварительный анализ влияния коэффициентов отрицательной обратной связи на расположение полюсов замкнутой системы.

2.2 Получить передаточную функцию замкнутой системы с произвольным коэффициентом в обратной связи, обеспечивающим устойчивость системы.

2.3 Повторить п.1.2 для полученной замкнутой системы. Определить степень устойчивости рассматриваемой системы.

2.4 Получить графики переходной и весовой функций замкнутой системы (пример оформления на рис. 12.4). Определить время переходного процесса, перерегулирование и затухание (только для колебательных процессов).

2.5 Перейти к представлению замкнутой системы в форме ВСВ. Оценить управляемость и наблюдаемость анализируемой системы.

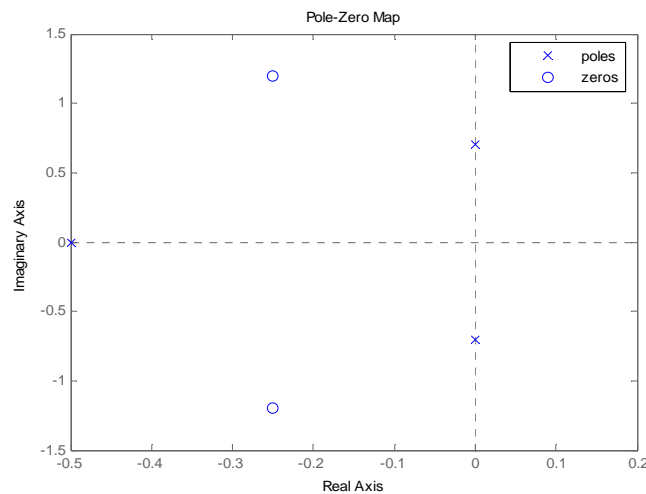


Рис. 12.1 Пример оформления схемы расположения на комплексной плоскости нулей и полюсов исследуемой системы

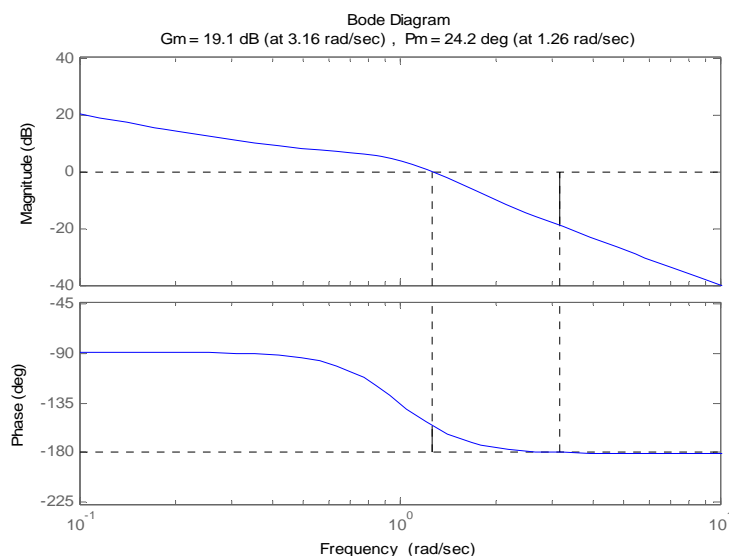


Рис. 12.2 Пример оформления графиков логарифмических частотных характеристик исследуемой системы

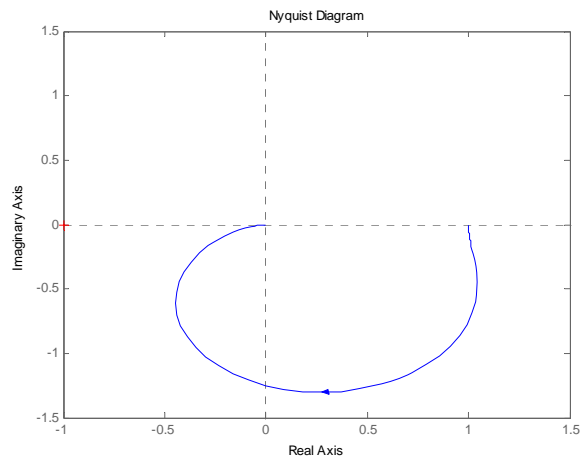


Рис. 12.3 Пример оформления АФЧХ исследуемой системы

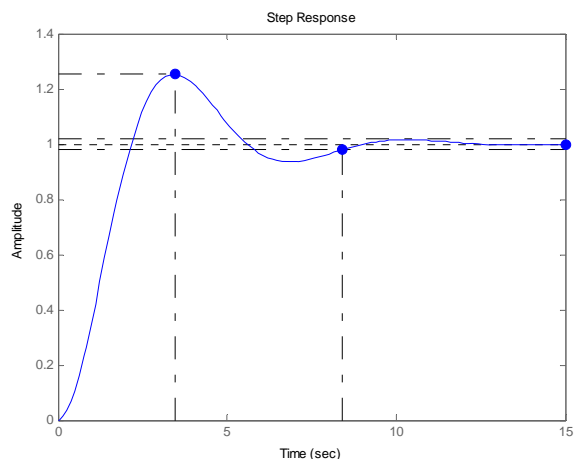


Рис. 12.4 Пример оформления графика переходной функции исследуемой системы

### Содержание отчета.

1. Модели разомкнутой и замкнутой систем, записанные с помощью передаточной функции, а также модель замкнутой системы в нормальной форме Коши.
2. Схемы расположения нулей и полюсов разомкнутой и замкнутой систем на комплексной плоскости.
3. Графики логарифмических частотных и амплитудно-фазочастотной характеристики разомкнутой системы и численные значения требуемых параметров.
4. Графики переходной и весовой функций замкнутой системы и численные значения полученных динамических характеристик.
5. Модель анализируемой системы.
6. Анализ структурных свойств замкнутой системы.
7. Выводы по работе.

### **Вопросы к защите лабораторной работы.**

1. Представьте анализируемую систему в виде последовательного соединения типовых звеньев.
2. Представьте исходную систему в пространстве состояний.
3. Найдите передаточную функцию замкнутой системы.
4. Оцените управляемость и наблюдаемость системы.
5. Дайте определение и поясните физический смысл переходной функции.
6. Постройте асимптотические логарифмические частотные характеристики для системы.
7. Оцените устойчивость системы одним из известных методов (корневые критерии, критерий Гурвица, критерий Найквиста).
8. С помощью каких команд можно получить те или иные характеристики анализируемой системы.

### **Литература.**

1. Using the Control System Toolbox with Matlab 6: Computation. Visualization. Programming - The MathWorks, Inc., 2000
2. Перельмутер В.М. Пакеты расширения MATLAB Control System ToolBox и Robust Control Toolbox. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008.
3. Половко А.М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 320с.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического управления./ Изд. 4-е, перераб. и доп. - СПб.: Изд-во «Профессия», 2003.-752с.
5. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. - СПб.: Питер, 2005.-337с.
6. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами в системе MatLab. – СПб.: Наука, 1999.

Некоторые команды пакета Control System Toolbox для анализа линейных непрерывных систем рекомендованные к изучению

Команда	Описание
feedback	Получение передаточной функции замкнутой системы по передаточной функции разомкнутого контура
connect	Получение модели сложной системы в форме ВСВ на основе представлений в произвольной форме отдельных ее звеньев
tf2ss	Переход от представления системы с помощью передаточной функции к эквивалентному представлению в форме ВСВ
obsv	Вычисление матрицы наблюдаемости системы, представленной в форме ВСВ
ctrb	Вычисление матрицы управляемости системы, представленной в форме ВСВ
pole	Вычисление полюсов передаточной функции
zero	Вычисление нулей передаточной функции
pzmap	Получение схемы расположения нулей и полюсов системы на комплексной плоскости
rlocus	По передаточной функции разомкнутой системы строит диаграмму расположения на комплексной плоскости нулей и полюсов замкнутой системы при изменении коэффициента отрицательно обратной связи от 0 до $\infty$
step	Построение графика переходной функции
impulse	Построение графика импульсной функции
bode	Построение логарифмических частотных характеристик (диаграммы Боде)
margin	Определение запаса устойчивости системы по амплитуде и фазе и соответствующих характерных частот
sigma	Определение сингулярных чисел амплитудночастотной характеристики
nyquist	Построение частотного годографа Найквиста
acker	Расчет коэффициентов пропорционального регулятора, обеспечивающих в замкнутой системе желаемые значения собственных чисел матрицы состояния (для систем в форме ВСВ)
place	Функция аналогична acker, но может использовать для многоканальных систем
estim	Построение линейного наблюдателя с заданными значениями коэффициентов усиления (для систем в форме ВСВ)
reg	Построение многоканального пропорционального регулятора для объекта с неполной информацией (для систем в форме ВСВ)
ltiview	Открывает графический интерфейс для комплексного исследования временных и частотных характеристик системы