

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

«УТВЕРЖДАЮ»
Зав. кафедрой ТПС
Бориков В.Н.
_____ 2017 г.

**Исследование типовых звеньев
автоматических приборных устройств**

Т.Г.Нестеренко

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов,
обучающихся по направлению 12.03.01 – «Приборостроение»

Томск 2017

УДК 629.7.064.011.2

Нестеренко Т.Г.

Исследование типовых звеньев автоматических приборных устройств.
Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлению 12.03.01 – «Приборостроение»/ сост. Нестеренко Т.Г.; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 10 с.

УДК 629.7.064.011.2

ББК34.9я 73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
точного приборостроения ИНК

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент

Мартемьянов В.М.

Исследование типовых звеньев автоматических приборных устройств

1. Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студенты будут уметь:

- Создавать выражение передаточной функции типовых звеньев следящей системы в tf формате
- Моделировать динамические характеристики типовых звеньев автоматической системы регулирования следующего вида:
 - реакция системы на единичное ступенчатое воздействие,
 - реакция системы на импульсное воздействие,
 - амплитудная и фазовая частотные характеристики,
 - амплитудная и фазовая логарифмические частотные характеристики.
- Интерпретировать результаты, полученные в программе MATLAB
- Оценивать влияние изменения коэффициентов передаточной функции на ЛАЧХ и ЛФЧХ
- Устанавливать соответствие между ЛАЧХ и передаточной функцией
- Прогнозировать, как влияют коэффициенты передаточной функции на систему

В процессе выполнения лабораторной работы у студентов так же развивается информационно – коммуникационная компетенция

Это надо знать

- Определение передаточной функции.
- Что такое амплитудные и фазовые логарифмически частотные характеристики, реакция системы на единичное ступенчатое воздействие, реакция системы на импульсное воздействие.
- Вид передаточных функций всех типовых элементарных звеньев.
- Принцип построения ЛАЧХ и ЛФЧХ.
- Основы имитационного моделирования в программе MATLAB.

Необходимую информацию по этим вопросам можно найти в курсе лекций по дисциплине «Синтез автоматических приборных устройств» лектор Нестеренко Т.Г., а также в книгах приведенных в списке литературы.

2. Содержание работы

1. Изучение способа построения передаточных функций в пакете MATLAB. Для выполнения этого задания необходимо прочитать раздел 1 «Основы имитационного моделирования в программе MATLAB»

2. Освоение программы путем построение логарифмических характеристик заданного

звена $W(s) = \frac{23 \cdot s^2 + s + 2}{7 \cdot s^4 + 4 \cdot s + 16}$ в программе MATLAB. Для выполнения этого задания

необходимо выполнить последовательность действий указанных в разделе 2 «Работа с программой».

3. Исследование влияние изменения коэффициентов передаточной функции на динамические характеристики в программе MATLAB. Эта часть работы выполняется каждым студентом индивидуально. Информация по выполнению приведена в разделе 3 «Задание»

4. Обработка полученных результатов, составление отчета. Эта часть работы выполняется студентами в рамках самостоятельной работы во внеаудиторные часы. Требования к отчету предъявлены в разделе 4 «Содержание отчета»

2.1 Основы имитационного моделирования в программе MATLAB

В теории проектирования систем автоматического управления важное место уделяется анализу и синтезу линейных систем автоматического проектирования с постоянными параметрами. Программа, позволяющая весьма эффективно решать эти задачи – пакет MATLAB содержащий в своем составе инструмент визуального моделирования Control Sistem Toolbox. Control Sistem Toolbox. - собрание функций для моделирования, анализа, и проекта автоматических систем управления.

При реализации этого пакета использованы принципы объектно-ориентированного программирования.

Модели линейных систем с постоянными параметрами

В Control Sistem Toolbox введён новый класс объектов: линейные системы с постоянными параметрами (lти - объекты). Этот класс включает в себя линейные непрерывные, дискретные, одномерные системы с одним входом и одним выходом (SISO- системы) и многомерные - со многими входами и выходами (MIMO – систем). Каждому объекту присваивается определённый идентификатор.

Lти - система в ППП Control Sistem Toolbox может быть представлена тремя подклассами:

- четвёркой матриц - это подкласс **ss-типа**;
- двумя векторами, составленными из коэффициентов числителя и знаменателя, что соответствует подклассу **tf-типа**;
- двумя векторами, составленными из нулей и полюсов передаточной функции, что соответствует подклассу **zpk-типа**.

В лабораторной работе предлагается использовать tf-форму передаточной (ПФ) системы.

Математическая модель стационарной непрерывной или дискретной системы в tf-форме задаётся передаточной функцией

$$W(s) = \frac{N_1 \cdot s^m + N_2 \cdot s^{m-1} + \dots + N_m \cdot s + N_{m+1}}{D_1 \cdot s^n + D_2 \cdot s^{n-1} + \dots + D_n \cdot s + D_{n+1}}; \quad m < n$$

При описании дискретных систем комплексная переменная s заменяется на z . Control Sistem Toolbox обеспечивает создание структур данных для модели.

Формирование tf- объекта

$$\text{Передаточная функция } W(s) = \frac{N_1 \cdot s^m + N_2 \cdot s^{m-1} + \dots + N_m \cdot s^1 + N_{m+1} \cdot s^0}{D_1 \cdot s^n + D_2 \cdot s^{n-1} + \dots + D_n \cdot s^1 + D_{n+1} \cdot s^0} = \frac{\text{num}(s)}{\text{den}(s)}$$

задаётся в командном окне MATLAB многочленом числителя num(s) и многочленом знаменателя den(s).

Многочлены представляются как векторы- строки, составленные из коэффициентов многочленов в порядке убывания степеней переменной s . Последнему числу в векторе соответствует s^0 , предпоследнему s^1 и так далее. Поэтому формирование многочлена удобнее производить с его конца.

Например, многочлен $f1(s) = 27s^4 + 30s^3 + 74s^2 + 58s + 2$ соответствует вектору [27 30 74 58 2].

А вектору [4 2 10 4 8 0] соответствует многочлен $f2(s) = 4s^5 + 2s^4 + 10s^3 + 4s^2 + 8s + 0$

Функция деления многочлена числителя num(s) и многочлена знаменателя den(s)

представлена в MATLAB как функция tf

Тогда запись в командном окне для передаточной функции будет следующая:

$W = \text{tf}([\text{num}], [\text{den}])$

Например, нам необходимо представить передаточную функцию $W(s) = \frac{s + 2}{3 \cdot s^4 + 5 \cdot s + 10}$

в операторном виде для записи в командном окне MATLAB. Для этого представляем числитель и знаменатель дроби в виде векторов – строк. Числитель запишется как [1 2], а знаменатель как [3 0 0 5 10]. В командном окне необходимо сделать запись: $W = \text{tf}([1\ 2],[3\ 0\ 0\ 5\ 10])$.

При этом между цифрами ставится пробел, а между квадратными скобками запятая. После нажатия клавиши "Enter" в командном окне появляется выражение передаточной функции, а на рабочем поле – имя системы (W...prcl.)

В программе MATLAB возможно сложение, вычитание, умножение и деление ранее заданных передаточных функций. Для осуществления этих алгебраических операций необходимо в командном окне сделать соответствующую запись.

Например если ранее заданы w_1 , w_2 , w_3 то передаточная функция w может быть задана в командном окне как $w = w_1/(w_2+w_3)$. При этом программа MATLAB сама посчитает многочлен числителя num(s) и многочлен знаменателя den(s).

2.2 Работа с программой

1. Запустить MATLAB Пуск/Все программы/MATLAB. На экране появляется окно приложения, которое может состоять из различных окон, основным является командное окно Command Window. Кроме этого программа позволяет открыть следующие окна (они открываются в разделе меню View prcl):
 - хронология команд Command History,
 - текущий справочник Current Directory,
 - рабочее поле Workspace
 - окно запуска Launch Pad.

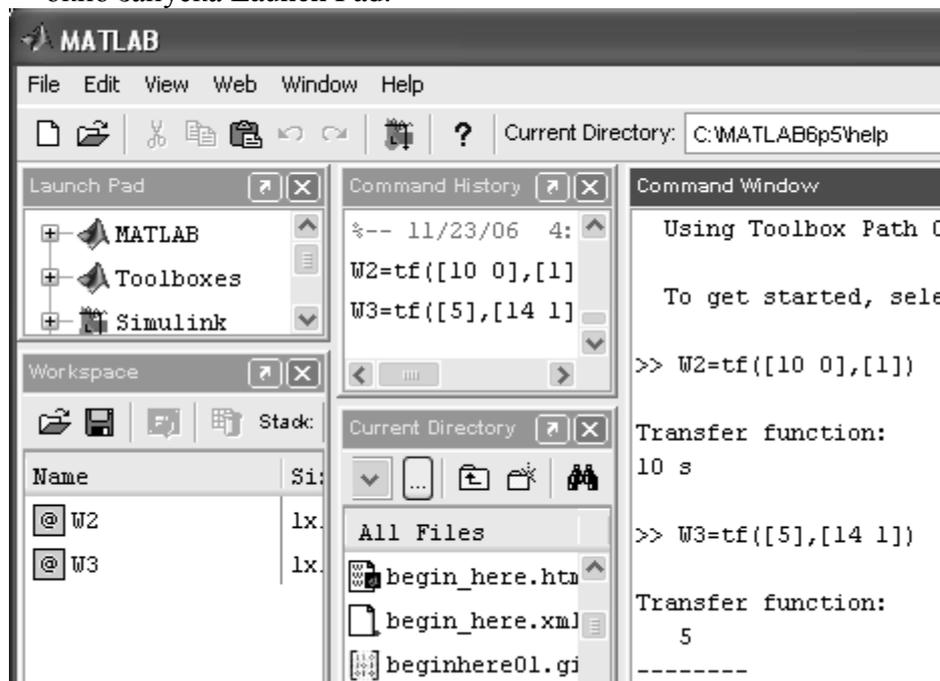


Рис.1

2. Открыть только два окна: командное окно Command Window и окно запуска Launch Pad
3. Представить передаточную функцию $W(s) = \frac{23 \cdot s^2 + s + 2}{7 \cdot s^4 + 4 \cdot s + 16}$ звена в виде числителя num(s) и знаменателя den(s)
4. Сформировать выражение передаточной функции $W(s)$ в tf-формате. Для этого в командном окне Command Window записать эту функцию и нажать Enter
5. Убедиться в правильности введения функции (после слов должна высветиться

заданная передаточная функция $W(s) = \frac{23 \cdot s^2 + s + 2}{7 \cdot s^4 + 4 \cdot s + 16}$

6. Открыть окно для просмотра результатов анализа, расчета или проектирования. Для его вызова делается два щелчка по строке LTI-Viewer (рис.2).

Launch Pad/ Toolboxes/Control System/ LTI-Viewer

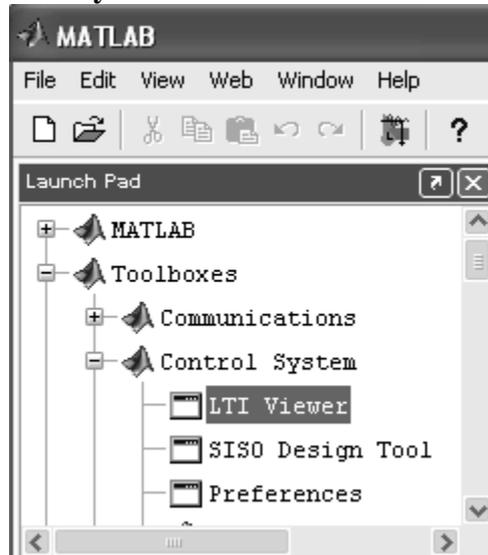


Рис.2

7. Переместить требуемые объекты (например W1) в рабочую среду средства **LTI-Viewer**. Для отображения рассчитанной характеристики объекта необходимо использовать команду **File/Import** и выбрать заданная передаточная функция характеристики которой необходимо смоделировать. Теперь эта функция отобразится в окне просмотра.

На одном поле, возможно, разместить несколько графиков, для этого необходимо выполнить команду **File/Import** еще раз.

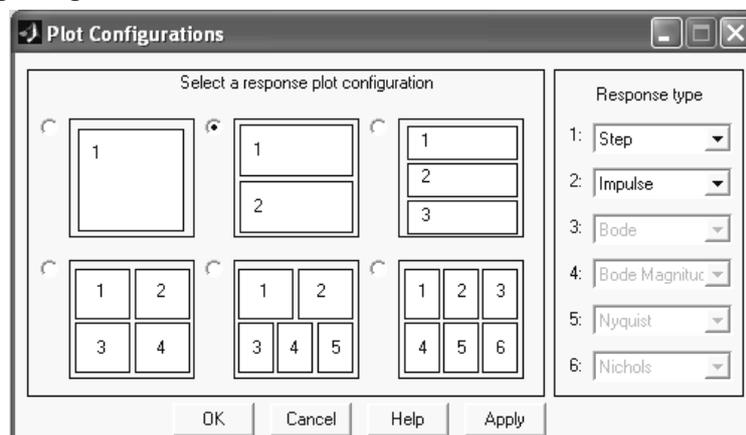
Для того чтобы удалить не нужные графики вызывается команда **Edit/Delete Systems** и в появившемся окне выбираются графики подлежащие удалению из рабочей среды средства **LTI-Viewer**.

8. Выбрать конфигурацию разделения рабочего поля на требуемое количество отображаемых графиков. Для этого активизируется строка **Edit/Plot Configuration** (конфигурация графика) в окне **LTI-Viewer**, после чего в открывшемся окне (рис.5) выбирается количество и виды Edit графиков.

Функция **Step** вычисляет реакцию системы на единичное ступенчатое воздействие.

Функция **Impulse** определяет реакцию системы на импульсное воздействие.

Функция **Bode** предназначена для расчета амплитудных и фазовых логарифмических частотных характеристик.



9. Считывать информацию непосредственно с графиков. Для этого используют принцип «указать – нажать».

Если при нажатой левой кнопке мыши удерживать курсор в определенной точке графика, то будет видна информация о подсистеме и координатах выбранной точки. Нажатием правой клавиши эта информация фиксируется на графике.

Если при нажатой правой кнопке мыши удерживать курсор вблизи, какого либо графика, то появится информация с указанием пары вход – выход и названия **Iti-модели**.

10. Изменить масштаб графика. Эта операция выполняется кнопкой масштабирования, которая позволяет изменить масштаб по одной оси или по обеим осям графика одновременно (рис.6).



Рис. 6

Для реализации масштабирования необходимо: выбрать кнопку масштабирования, выделить курсором ту область графика, где требуется выполнить масштабирование.

11. Сохранить график. Сохранение графиков возможно только как рисунок. То есть после сохранения его нельзя будет редактировать. Сохранение происходит в два этапа. На первом этапе **LTI-Viewer/File/Print to Figure** создаем рисунок в среде MATLAB. На втором этапе этот рисунок возможно сохранить в Word, или непосредственно в MATLAB.

Для того чтобы сохранить графики в MATLAB необходимо выполнить следующие последовательность команд: **Viewer/File/Save As...**

При этом сохранении в названии файла обязательно использовать буквы **только латинского алфавита**.

Для сохранения рисунка в Word необходимо выполнить команду **Viewer/Edit/Copy Figure** (при этом рисунок сохраняется в буфер обмена), а затем вставить его в файл Word.

3 Задание

В работе исследуются следующие типовые звенья:

- идеально усилительное звено
- интегрирующего звена;
- Идеального дифференцирующего звена;
- Аперiodического звена 1-ого порядка;
- Колебательного;
- Аперiodического 2-ого порядка;
- Реального дифференцирующего 1-ого порядка;
- Реального дифференцирующего 2-ого порядка;

Все коэффициенты этих звеньев выбираются из таблицы 1 согласно варианту (номер компьютера)

Таблица 1 Параметры типовых звеньев

Параметры звеньев	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K	10	0.03	50	705	0.75	4	30	0.05	80
T	0.0005	0.75	0.09	0.05	0.62	0.56	0.82	0.006	0.06
ξ	0.006	0.06	0.1	0.09	0.007	0.5	0.06	0.005	0.001

Для каждого звена необходимо построить логарифмические и переходные характеристики с коэффициентом передачи K, 10K, K/10 (параметры звена указаны в таблице 1).

Определить, как меняется ЛАЧХ и ЛФЧХ при изменении коэффициента К, объяснить почему.

Если в звене есть постоянная времени и постоянная пере регулирования, то изменить их (увеличить и уменьшить в 10 раз). Проанализировать, как это влияет на ЛАЧХ и ЛФЧХ, и объяснить почему.

4. Требования к отчету

Отчет является документом, свидетельствующим о выполнении студентом лабораторной работы, и должен включать:

1. Цель работы
2. Передаточная функция каждого типового звена
3. Логарифмические и переходные характеристики каждого типового звена с измененными параметрами
4. Выводы по каждому звену и по всей работе в целом
5. Ответы на контрольные вопросы

Оформление текста отчета по лабораторной работе выполняется в соответствии с общими требованиями СТО ТПУ 2.5.01-2006

5. Контрольные вопросы

1. Как возможно записать передаточную функцию $W(s) = \frac{s^5 + 9}{s \cdot (7 \cdot s + 9) \cdot (9 \cdot s^6 + 6 \cdot s + 85)}$

в MATLAB?

2. Какие динамические характеристики звеньев вы знаете, и как они обозначаются в MATLAB?

3. Какое влияние на ЛАЧХ оказывает изменение коэффициента передачи системы, и почему?

4. Существуют ли зависимости между ЛАЧХ и ЛФЧХ?

5. Изменение каких коэффициентов приводит к изменению ЛФЧХ?

Литература

1 Бесекерский В.А. Динамический синтез систем автоматического регулирования. -М.: Наука, 1970,378с.

2 Гультяев А.А. MATLAB Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 1999. – 228 с.

Учебное издание

Исследование типовых звеньев автоматических приборных устройств.

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлению 12.03.01 – «Приборостроение», сост. Нестеренко Т.Г.; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – – 8 с.

Составитель

НЕСТЕРЕНКО ТАМАРА ГЕОРГИЕВНА

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 05.11.2008. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л Уч.-изд.л..

Заказ . Тираж 20 экз.



Национальный исследовательский Томский
политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по
стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО 

ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru