

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОЭИ

_____ П.Ф. Баранов
« _ » _____ 2019 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Лабораторная работа №2

Методические указания к выполнению
лабораторной работы по курсу «Управление в
биотехнических системах» для студентов 4 курса,
обучающихся по образовательной программе
12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии»

УДК 000000

ББК 00000

А00

Нестеренко Т.Г., Коледа А.Н.

Определение показателей качества системы автоматического управления с использованием персонального компьютера: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Управление в БТС» для студентов 4 курса, обучающихся по образовательной программе 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии» / Нестеренко Т.Г., Коледа А.Н.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – с.

УДК 000000

ББК 00000

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром Отделения электронной
инженерии ИШНКБ
«__»_____ 2019 г.

Руководитель ОЭИ

Кандидат технических наук _____ П.Ф. Баранов

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2018

© Нестеренко Т.Г. Коледа А.Н., 2018

Цель работы: Определение показателей качества системы автоматического управления с использованием персонального компьютера.

Показатели качества замкнутой системы автоматического управления, такие как устойчивость и время переходного процесса определяют для того, чтобы корректно осуществлять синтез системы.

В результате выполнения лабораторной работы студенты будут уметь:

- Создавать графики в программе MATLAB, характеризующие качество системы;
- Определять все показатели качества системы, характеризующие качество системы;
- Оценивать показатели качества системы, характеризующие качество системы;
- Интерпретировать результаты, полученные в программе MATLAB;
- Оценивать влияние изменения коэффициента усиления передаточной функции на качество системы;
- Устанавливать связи между показателями, характеризующими качество системы.

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

Для успешного выполнения лабораторной работы студент должен знать следующие определения и понятия:

- Запас устойчивости по амплитуде;
- Запас устойчивости по фазе;
- Частота среза;
- перерегулирование;
- Время переходного процесса;
- Показатель колебательности системы;
- Степень устойчивости (быстродействия) системы;
- Колебательность системы.

Так же для успешного выполнения лабораторной работы необходимо чтобы студент имел чёткое представление о:

- Видах показателей качества системы;
- Принципах построения графиков, по которым можно определить качества системы;

- Основах имитационного моделирования в программе MATLAB.

Для успешного выполнения лабораторной работы студент так же должен уметь:

- Создавать выражения передаточных функций типовых элементарных звеньев системы в tf формате;
- Моделировать динамические характеристики типовых звеньев автоматической системы регулирования.

Выполнение лабораторной работы предусматривает выполнение следующих шагов:

Аудиторная работа (6 часов)

Шаг 1 Изучить показатели качества систем автоматического управления. (Раздел 1 Показатели качества систем автоматического управления).

Шаг 2 Освоить порядок исследования показателей качества в программе MATLAB. (Раздел 2 Работа с программой).

Шаг 3 Исследовать показатели качества системы автоматического управления (САУ) по заданной передаточной функции в программе MATLAB.

Внеаудиторная работа (1 час).

Шаг 4 Обработать полученные результаты:

- Обозначить величины на полученных графиках в соответствии с СТО ТПУ 2.5.01-2006.
- Обозначить каждую кривую, если на одном графике расположено несколько зависимостей.
- Проанализировать полученные графики и сделать выводы о характере зависимости между измеряемыми параметрами и динамическими характеристиками системы.

Шаг 5 Составить отчёт. (требования к отчёту представлены в разделе 4 Содержание отчёта).

1 Показатели качества систем автоматического управления

Прямые показатели качества – время переходного процесса (время регулирования) t_m и перерегулирование σ определяется по реакции замкнутой системы на единичное ступенчатое воздействие, вид которого показан на рис 1.

Время регулирования t_{rn} определяется по моменту вхождения кривой в пятипроцентную зону от установившегося значения.

Перерегулирование находится из выражения:

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_{уст}}{y_{уст}} \cdot 100\%.$$

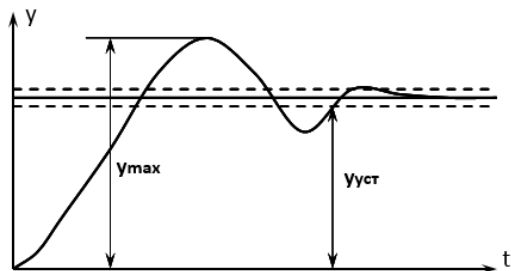


Рис. 1 Реакция системы на единичное ступенчатое воздействие

Косвенные показатели качества, определяются по расположению корней характеристического уравнения замкнутой системы на комплексной плоскости.

В число основных оценок входит степень устойчивости (быстродействия) η и колебательность μ (рис 2).

$$\mu = \max \left| \frac{\text{Im}(s_i)}{\text{Re}(s_i)} \right|;$$

$$\eta = \min |\text{Re}(s_i)|.$$

Система устойчива, когда все корни находятся в левой полуплоскости.

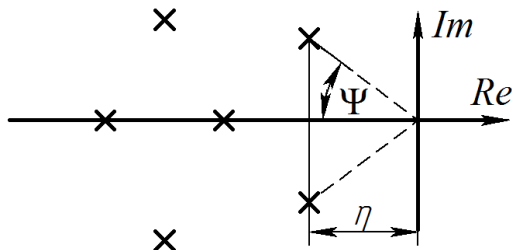


Рис. 2 Комплексная плоскость

Косвенные показатели качества устойчивости замкнутой системы, определяемые по её ЛЧХ в разомкнутом состоянии: запас устойчивости ΔL по амплитуде, запас устойчивости $\Delta \varphi$ по фазе и частота среза ω_{cp} (рис. 3). $\Delta L \omega \Delta \varphi$

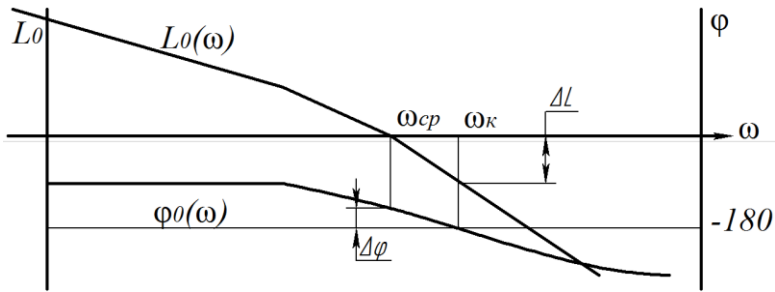


Рис. 3 ЛЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы

Косвенные показатели качества, определяемые по АЧХ замкнутой системы. Оценками качества являются показатель колебательности M (рис. 4).

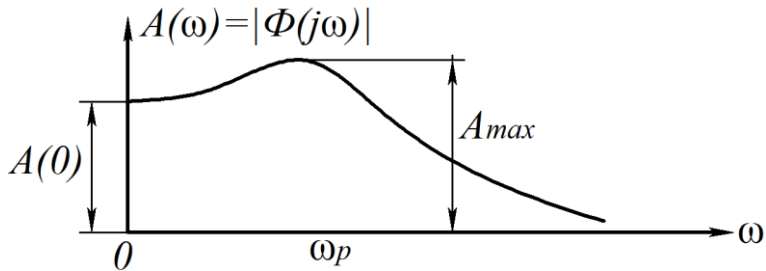


Рис. 4 АЧХ замкнутой системы

Показатель колебательности находят по АЧХ замкнутой системы по формуле:

$$M = \frac{|A_{\max}(j\omega)|}{A(0)}.$$

Или по ЛАЧХ замкнутой системы (рис. 5) по формуле:

$$L_{\max}(\omega) = 20LgM.$$

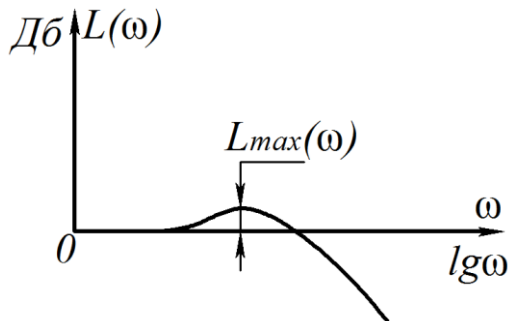


Рис. 5 ЛАЧХ замкнутой системы

2 Работа с программой

Для того, чтобы освоить основы исследования показателей качества САУ, в программе MATLAB необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1 Запустить программу MATLAB.
- 2 Записать передаточную функцию в tf формате.
- 3 Открыть окно для просмотра графиков, характеризующих показатели качества системы. Для его вызова необходимо выбрать вкладку APPS (рис. 6).

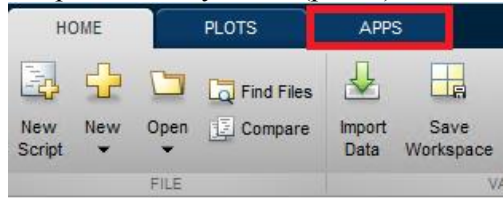


Рис. 6 Выбор вкладки APPS

Нажать на кнопку выпадающего меню и выбрать пиктограмму Linear System Analysis (рис. 7).

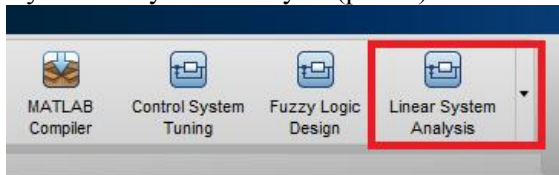


Рис. 7 Запуск Linear System Analysis

4 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.8) выбирается количество и виды графиков.

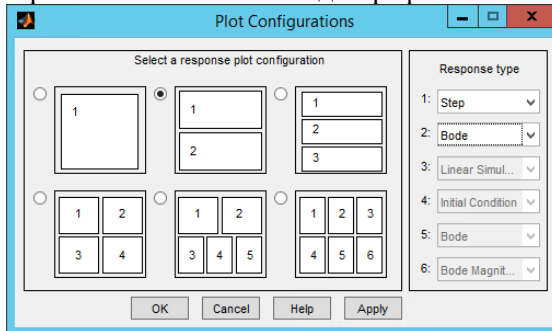


Рис. 8 Выбор конфигурации графиков

В программе MATLAB возможно исследовать автоматические системы управления по функциям следующего вида:

Step – реакция системы на единичное ступенчатое воздействие;

Bode – амплитудная и фазовая логарифмические частотные характеристики;

Pzmap – полюсы и нули на комплексной плоскости.

Также в программу MATLAB включены специальные функции для анализа динамических характеристик lti-моделей.

Функции для вычисления нулей и полюсов

Pole,eig(sys)	Вычислить полюсы lti-модели
Tzero(sys)	Вычислить нули lti-модели
Damp(sys)	Вычислить собственную частоту и коэффициенты демпфирования
Dcgain(sys)	Вычислить коэффициент передачи lti-модели
Esort(sys)	Отсортировать полюсы и нули lti-модели в порядке убывания их действительных частей
Pzmap(sys)	Отобразить полюсы и нули lti-модели на комплексной плоскости

Полюсы изображаются маркером x, нули – o.

Функции для вычисления и построения частотных характеристик

Bode(sys)	Вычислить логарифмические частотные характеристики lti-модели
Evalfr(sys)	Вычислить частотные характеристики lti-модели на заданной частоте
Margin(sys)	Вычисление запасов устойчивости по фазе и амплитуде
Norm(sys)	Вычисление максимального значения модуля частотной характеристики и соответствующей ему частоты

Функции для построения переходных процессов

Step(sys)	Переходная функция
Impuls(sys)	Импульсная переходная функция
Gensig(sys)	Генератор входного сигнала

Для построения нескольких графиков на одном экране применяется функция subplot(n,m,j), где n-количество строк, m-количество столбцов, j-номер ячейки (окна).

Пример

subplot(3,1,1), step(W)
subplot(3,1,2), impulse(W)
subplot(3,1,3), bode(W)

На экране в этом случае отобразятся три графика.

3 Задание

3.1 Определить показатели качества астатической системы 1-го порядка – 2 часа.

$$a) W_1(s) = \frac{K}{s \cdot (0,1 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)} \quad б) W_2(s) = \frac{K \cdot (s + 1)}{s \cdot (0,1 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)}$$

3.2 Определить показатели качества статической системы – 2 часа.

$$a) W_1(s) = \frac{K}{(0,1 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)} \quad б) W_2(s) = \frac{K \cdot (s + 1)}{(0,1 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)}$$

3.3 Определить показатели качества астатической системы 2-го порядка – 2 часа.

$$a) W_1(s) = \frac{K}{s^2 \cdot (0,1 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)} \quad б) W_2(s) = \frac{K \cdot (s + 1) \cdot (0,05 \cdot s + 1)}{s^2 \cdot (0,1 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)}$$

Определить следующие показатели качества системы:

ΔL – запас устойчивости по амплитуде;

$\Delta \varphi$ – запас устойчивости по фазе;

ω_{cp} – частота среза;

σ – перерегулирование;

t_{nn} – время переходного процесса;

M – показатель колебательности;
 η – степень устойчивости (быстродействия);
 μ – колебательность.

Все полученные графики сохранить.

Результаты проделанной работы занести в таблицу.

К	Показатель качества системы								Хар-ка системы
	ΔL , Дб	$\Delta\varphi$, град	ω_{cp} , с ⁻¹	σ , %	t_{nn} , с	M	η	μ	
0,1									
10									
100									

4 Требования к отчёту

1. Цель работы
2. График, характеризующие показатели качества САУ, определяемые в работе.
3. Заполненная таблица с показателями качества САУ для разных коэффициентов передачи системы.
4. Выводы о взаимосвязи между показателями качества заданной системы и коэффициентом передачи системы.
5. Ответы на контрольные вопросы.

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

5 Контрольные вопросы

1. Как, зная передаточную функцию системы определить устойчивость системы?
2. Зачем оценивать показатели качества системы, характеризующие качество системы?
3. Какие показатели, характеризующие качество системы вы знаете?