

**Интеллектуальные системы автоматического управления**

Лабораторная работа №2

(4 часа)

**Определение показателей качества системы**

**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, характеризующие качество системы, в программе MATLAB;
- 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 (быстродействие) системы;
- Колебательность системы.

Для успешного выполнения лабораторной работы студент 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 (4 часа)

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:

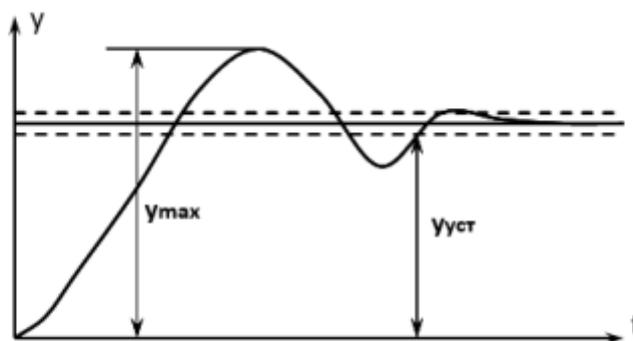
Обозначить величины на полученных графиках в соответствии с СТО ТПУ 2.5.01-2006.

- 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 по ЛР (требования к отчёту представлены в разделе 4 Содержание отчёта).

## 1 Показатели качества систем автоматического управления

**Прямые показатели качества** – время переходного процесса (время регулирования)  $t_{nn}$  и перерегулирование  $\sigma$  определяется по реакции замкнутой системы на единичное ступенчатое воздействие, вид которого показан на рис 1.



*Рис. 1 Реакция системы на единичное ступенчатое воздействие*

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

Перерегулирование (желательные значения 25-40%) находится из выражения:

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

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

В число основных оценок входит степень устойчивости (быстродействие)  $\eta$  и колебательность  $\mu$  (рис 2).

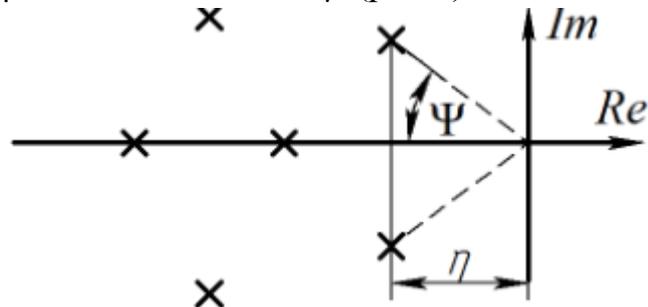


Рис.2 – Расположение корней характеристического уравнения на комплексной плоскости

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

$$\eta = \min |Re(s_i)|$$

Система устойчива, когда все корни находятся в левой полуплоскости (рис.3).

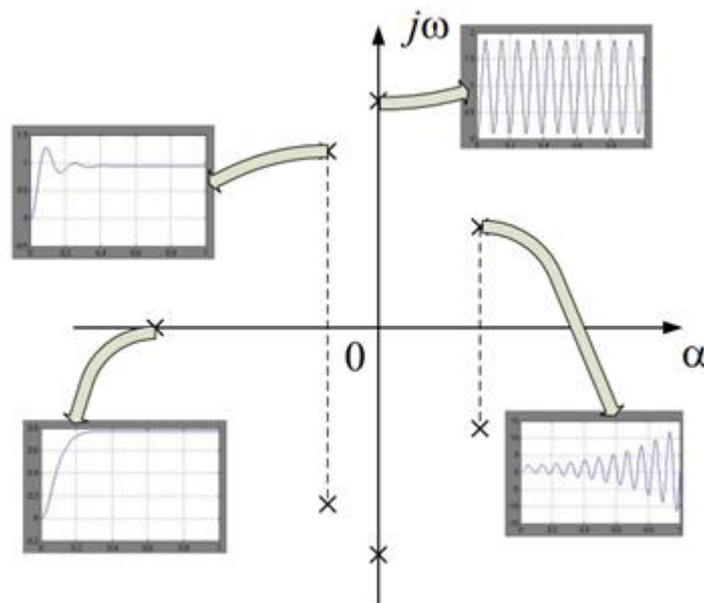


Рис.3 –Условие устойчивости САУ

**Косвенные показатели качества устойчивости** замкнутой системы, определяются по её ЛЧХ в разомкнутом состоянии: запас устойчивости  $\Delta L$  по амплитуде, запас устойчивости по фазе  $\Delta\phi$  (желательно не менее  $20^\circ$ ) и частота среза  $\omega_{ср}$  (рис. 4).

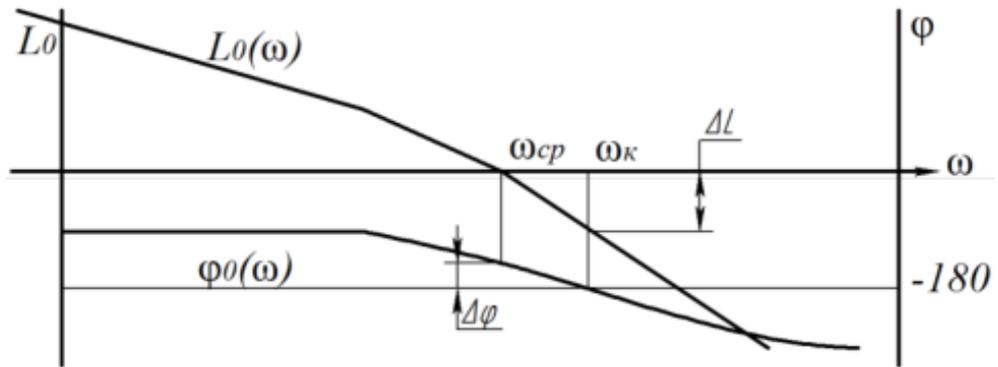


Рис.4 – ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы

**Косвенные показатели качества**, определяемые по АЧХ замкнутой системы. Оценками качества являются показатель колебательности  $M$  (рис.5).

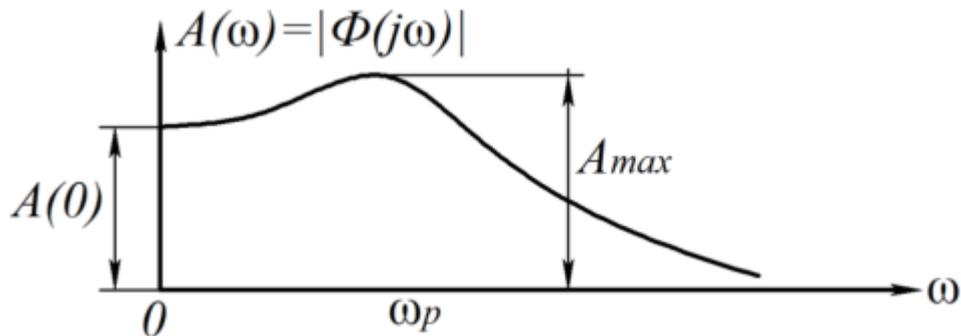


Рис.5 – АЧХ замкнутой системы

Показатель колебательности находят по АЧХ замкнутой системы по формуле:

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

Или по ЛАЧХ замкнутой системы (рис. 6) по формуле:

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

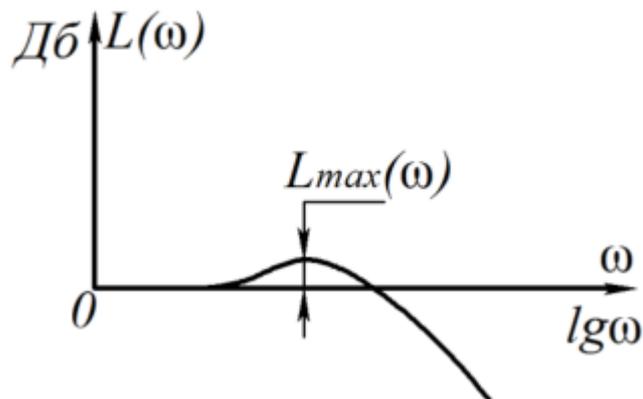


Рис.6 – ЛАЧХ замкнутой системы

При этом для того чтобы система была устойчива необходимо чтобы  $M=(1,3 \div 1,7)$ .

## 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 системы в tf формате.
3. Открыть окно для просмотра графиков, характеризующих показатели качества системы. Для его вызова необходимо выбрать вкладку APPS (рис. 7).

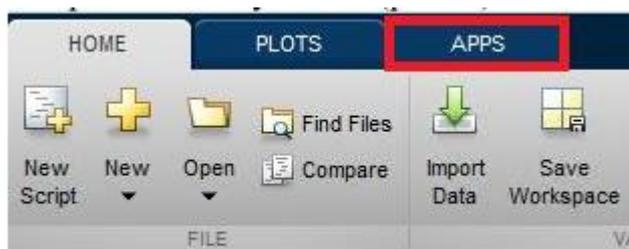


Рис.7 – Выбор вкладки APPS

Нажать на кнопку выпадающего меню и выбрать пиктограмму Linear System Analysis (рис. 8).

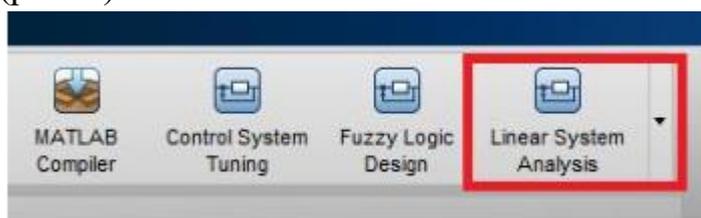


Рис.8 – Запуск Linear System Analysis

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.9) выбирается количество и виды графиков.

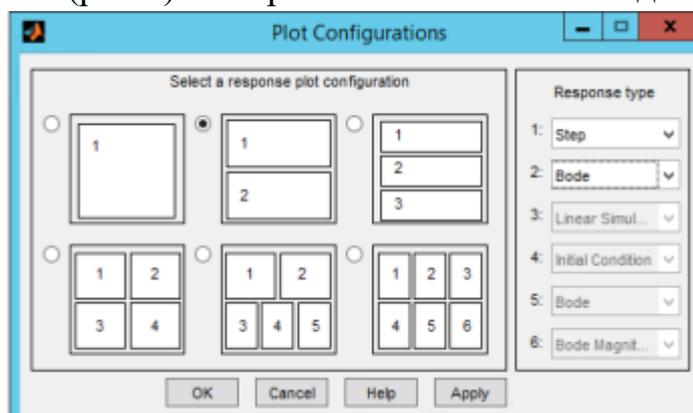


Рис.9 – Выбор конфигурации графиков

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 (полюсы изображаются маркером «x», нули – «o»).

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

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, ПФ которой имеют вид:

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

3.2 Определить показатели качества статической системы, ПФ которой имеют вид:

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

3.3 Определить показатели качества астатической системы 2-го порядка, ПФ которой имеют вид:

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

Определить следующие показатели качества системы:

- $\Delta L$  – запас устойчивости по амплитуде;
- $\Delta \varphi$  – запас устойчивости по фазе;
- $\omega_{ср}$  – частота среза;
- $\sigma$  – перерегулирование;
- $t_{ин}$  – время переходного процесса;
- $M$  – показатель колебательности;
- $\eta$  – степень устойчивости (быстродействия);

- $\mu$  – колебательность.

Все полученные графики сохранить. Результаты проделанной работы занести в таблицу.

К	Показатель качества системы								
	$\Delta L$ , Дб	$\Delta\varphi$ , град	$\omega_{cp}$ , с <sup>-1</sup>	$\sigma$ , %	$t_{nn}$ , с	$M$	$\eta$	$\mu$	Хар-ка системы
0,1									
10									
100									

#### 4 Требования к отчёту

1. Цель работы
2. Графики, 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.

#### 5 Контрольные вопросы

1. Как, зная передаточную функцию системы, определить устойчивость системы?
2. Зачем оценивать показатели качества системы?
3. Зависит ли устойчивость системы от её коэффициента передачи?