

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической эксплуатации авиационных
электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

А.Г. Демченко

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

*для студентов II–III курсов
направления 25.03.02 и специальности 25.05.05
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2025

УДК 519.876.2:351.814.33
ББК 518
Д31

Рецензент:

Габеев В.Н. – канд. техн. наук, доцент

Демченко А.Г.

Д31

Моделирование систем и процессов [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / А.Г. Демченко. – М.: ИД Академии Жуковского, 2025. – 16 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Моделирование систем и процессов» по учебному плану для студентов II–III курсов направления 25.03.02 и специальности 25.05.05 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 25.09.2025 г. и методического совета 30.09.2025 г.

УДК 519.876.2:351.814.33
ББК 518

В авторской редакции

Подписано в печать 10.11.2025 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 1 Усл. печ. л. 0,93
Заказ № 2024/0929-УМП07 Тираж 25 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (499) 755-55-43
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2025

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗВЕНЬЕВ АВТОМАТИКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является изучение и исследование элементарных звеньев автоматики (типовых динамических звеньев) систем автоматического управления (САУ), получение экспериментальным путём их частотных и временных характеристик.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Любая САУ может быть представлена в виде совокупности отдельных звеньев, определенным образом связанных между собой.

На рис. 1 представлена структурная модель линейной САУ.

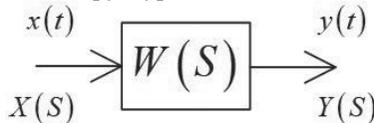


Рис. 1. Структурная модель линейной САУ

На рис. 1 обозначено: $x(t)$, $y(t)$ – соответственно значения входного и выходного сигналов во временной области, $X(s)$, $Y(s)$ – соответственно значения входного и выходного сигналов в частотной области.

$$\text{Где } X(s) = L\{x(t)\} = \int_0^{\infty} x(t)e^{-st} dt, \quad Y(s) = L\{y(t)\} = \int_0^{\infty} y(t)e^{-st} dt.$$

Передаточная функция САУ (элемента САУ) может быть представлена в виде:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0s^m + b_1s^{m-1} + b_2s^{m-2} + \dots + b_{m-1}s + b_m}{a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + \dots + a_{n-1}s + a_n} = \frac{B(s)}{A(s)},$$

где $A(s)$ и $B(s)$ – соответственно полиномы числителя и знаменателя передаточной функции САУ $W(s)$: $A(s) = a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + \dots + a_{n-1}s + a_n$, $B(s) = b_0s^m + b_1s^{m-1} + b_2s^{m-2} + \dots + b_{m-1}s + b_m$; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n, b_0, b_1, b_2, \dots, b_{m-1}, b_m, n, m - const$.

Как известно, по теореме Безу любой полином может быть разложен на множители, то есть может быть представлен в виде произведения слагаемых:

$$A(s) = \prod_{j=1}^{n_1} (c_{0j}s) \cdot \prod_{j=1}^{n_2} (c_{1j}s + c_{2j}) \cdot \prod_{j=1}^{n_3} (c_{3j}s^2 + c_{4j}s + c_{5j}),$$

где $c_{0j}, c_{1j}, c_{2j}, c_{3j}, c_{4j}, c_{5j}, n_1, n_2, n_3 - const$,

$$B(s) = \prod_{i=1}^{m_1} (d_{0i}s) \cdot \prod_{i=1}^{m_2} (d_{1i}s + d_{2i}) \cdot \prod_{i=1}^{m_3} (d_{3i}s^2 + d_{4i}s + d_{5i}),$$

где $d_{0i}, d_{1i}, d_{2i}, d_{3i}, d_{4i}, d_{5i}, m_1, m_2, m_3 - const$.

Тогда общее выражение для передаточной функции САУ (элемента САУ) может быть записано в виде:

$$W(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (d_{0i}s) \cdot \prod_{i=1}^{m_2} (d_{1i}s + d_{2i}) \cdot \prod_{i=1}^{m_3} (d_{3i}s^2 + d_{4i}s + d_{5i})}{\prod_{j=1}^{n_1} (c_{0j}s) \cdot \prod_{j=1}^{n_2} (c_{1j}s + c_{2j}) \cdot \prod_{j=1}^{n_3} (c_{3j}s^2 + c_{4j}s + c_{5j})}, \quad (1)$$

Элементарными звеньями САУ (типовыми динамическими звеньями автоматики) называются звенья, передаточные функции которых можно получить при разложении полиномов числителя и знаменателя передаточной функции на множители.

Существуют 7 элементарных звеньев автоматики. Рассмотрим далее данные звенья, а также получим их частотные и временные характеристики.

2.1. Усилительное (пропорциональное) звено

Дифференциальное уравнение усилительного звена имеет вид:

$$y(t) = k \cdot x(t), \quad (2)$$

где $k = const$ ($k > 0$) – коэффициент усиления.

Передаточная функция усилительного звена:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = k, \quad (3)$$

Определяем частотные характеристики (ЧХ): $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = k$ – амплитудно-фазовая ЧХ (АФЧХ), частотная передаточная функция.

Частотную передаточную функцию можно представить в виде:

$$W(j\omega) = U(\omega) + j \cdot V(\omega) = k,$$

где $U(\omega) = k$ – вещественная ЧХ, $V(\omega) = 0$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), фазочастотную характеристику (ФЧХ) и логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ):

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = k - \text{АЧХ}, \quad \varphi(\omega) = \arctg \left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)} \right) = 0 - \text{ФЧХ},$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - \text{ЛАЧХ.}$$

Определяем далее временные характеристики:

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = h(t) = k \cdot x(t) = k \cdot 1(t),$$

– импульсная переходная характеристика (функция): если $x(t) = \delta(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = \omega(t) = k \cdot x(t) = k \cdot \delta(t).$$

2.2. Дифференцирующее звено

Дифференциальное уравнение дифференцирующего звена имеет вид:

$$y(t) = k \cdot \frac{dx(t)}{dt}, \quad (4)$$

где $k = \text{const}$ ($k > 0$) – коэффициент усиления.

Передаточная функция дифференцирующего звена:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = ks, \quad (5)$$

Определяем ЧХ: $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = k \cdot j\omega$ – АФЧХ, частотная передаточная функция.

Частотную передаточную функцию можно представить в виде:

$$W(j\omega) = U(\omega) + j \cdot V(\omega) = k \cdot j\omega,$$

где $U(\omega) = 0$ – вещественная ЧХ, $V(\omega) = k\omega$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = k\omega - \text{АЧХ}, \quad \varphi(\omega) = \text{arctg} \left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)} \right) = \frac{\pi}{2} \text{ рад} - \text{ФЧХ},$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg(\omega) - \text{ЛАЧХ.}$$

Определяем далее временные характеристики:

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = h(t) = k \frac{dx(t)}{dt} = k \frac{d(1(t))}{dt} = k\delta(t),$$

– импульсная переходная характеристика (функция): если $x(t) = \delta(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = \omega(t) = k \frac{dx(t)}{dt} = k \frac{d(\delta(t))}{dt}.$$

2.3. Интегрирующее звено

Дифференциальное уравнение интегрирующего звена имеет вид:

$$\frac{dy(t)}{dt} = k \cdot x(t), \quad (6)$$

где $k = const$ ($k > 0$) – коэффициент усиления.

Передаточная функция интегрирующего звена:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{k}{s}, \quad (7)$$

Определяем ЧХ: $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = \frac{k}{j\omega}$ – АФЧХ, частотная передаточная

функция.

Частотную передаточную функцию можно предстать в виде:

$$W(j\omega) = U(\omega) + j \cdot V(\omega) = \frac{k}{j\omega} = -j \frac{k}{\omega},$$

где $U(\omega) = 0$ – вещественная ЧХ, $V(\omega) = -\frac{k}{\omega}$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{k}{\omega} \text{ – АЧХ, } \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)}\right) = -\frac{\pi}{2} \text{ рад – ФЧХ,}$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg(\omega) \text{ – ЛАЧХ.}$$

Определяем далее временные характеристики:

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{dy(t)}{dt} = \frac{dh(t)}{dt} = kx(t) = k \cdot 1(t) \Rightarrow h(t) = \int_0^t k \cdot 1(t) dt = kt,$$

– импульсная переходная характеристика (функция):

$$\omega(t) = \frac{dh(t)}{dt} = \frac{d(kt)}{dt} = k.$$

2.4. Аперриодическое звено 1-ого порядка (инерционное звено)

Дифференциальное уравнение аперриодического звена 1-го порядка имеет вид:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \cdot x(t), \quad (8)$$

где $k = const$ ($k > 0$) – коэффициент усиления, $T = const$ – постоянная времени ($T > 0$).

Передаточная функция аперриодического звена 1-го порядка:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{k}{T \cdot s + 1}, \quad (9)$$

Определяем ЧХ: $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = \frac{k}{T \cdot j\omega + 1}$ – АФЧХ, частотная передаточная функция.

Частотную передаточную функцию можно представить в виде:

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1} = \frac{k}{1 + \omega^2 T^2} + j \frac{(-k\omega T)}{1 + \omega^2 T^2},$$

где $U(\omega) = \frac{k}{1 + \omega^2 T^2}$ – вещественная ЧХ, $V(\omega) = -\frac{k\omega T}{1 + \omega^2 T^2}$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \text{ – АЧХ; } \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)}\right) = -\arctg(\omega T) \text{ –}$$

ФЧХ; $L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$ – ЛАЧХ.

Полученное выражение для $L(\omega)$ является нелинейным и для решения инженерных задач его, как правило, не используют. При решении задач в области теории автоматического управления используют приближённое выражение для ЛАЧХ – выражение асимптотической ЛАЧХ:

$$L(\omega) = \begin{cases} 20 \lg(k), & \text{при } \omega < \omega_c = \frac{1}{T} \\ 20 \lg(k) - 20 \lg(\omega T), & \text{при } \omega \geq \omega_c = \frac{1}{T} \end{cases}, \text{ где } \omega_c = \frac{1}{T} \text{ – частота среза.}$$

Определяем далее временные характеристики:

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = h(t) \Rightarrow T \frac{dh(t)}{dt} + h(t) = k \cdot 1(t) \Rightarrow h(t) = k \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right),$$

– импульсная переходная характеристика (функция):

$$\omega(t) = \frac{dh(t)}{dt} = \frac{k}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}}.$$

2.5. Форсирующее звено 1-го порядка

Дифференциальное уравнение форсирующего звена 1-го порядка имеет

вид:

$$y(t) = k \cdot \left(T \frac{dx(t)}{dt} + x(t) \right), \quad (10)$$

где $k = const$ ($k > 0$) – коэффициент усиления, $T = const$ – постоянная времени ($T > 0$).

Передаточная функция форсирующего звена 1-го порядка:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = k \cdot (T \cdot s + 1), \quad (11)$$

Определяем ЧХ: $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = k \cdot (T \cdot j\omega + 1)$ – АФЧХ, частотная передаточная функция.

Частотную передаточную функцию можно предстать в виде:

$$W(j\omega) = U(\omega) + j \cdot V(\omega) = k + jk\omega T,$$

где $U(\omega) = k$ – вещественная ЧХ, $V(\omega) = k\omega T$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = k\sqrt{1 + \omega^2 T^2} \quad \text{– АЧХ,} \quad \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)}\right) = \arctg(\omega T) \quad \text{–}$$

ФЧХ, $L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}$ – ЛАЧХ.

Полученное выражение для $L(\omega)$ является нелинейным и для решения инженерных задач его, как правило, не используют. При решении задач в области теории автоматического управления используют приближённое выражение для ЛАЧХ – выражение асимптотической ЛАЧХ:

$$L(\omega) = \begin{cases} 20 \lg k, & \text{при } \omega < \omega_c = \frac{1}{T} \\ 20 \lg k + 20 \lg(\omega T), & \text{при } \omega \geq \omega_c = \frac{1}{T} \end{cases}, \quad \text{где } \omega_c = \frac{1}{T} \text{ – частота среза.}$$

Определяем далее временные характеристики.

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = h(t) = k \cdot \left(T \frac{d(1(t))}{dt} + 1(t) \right) = kT \cdot \delta(t) + k \cdot 1(t),$$

– импульсная переходная характеристика (функция):

$$\omega(t) = \frac{dh(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(kT \cdot \delta(t) + k \cdot 1(t)) = kT \cdot \frac{d(\delta(t))}{dt} + k \cdot \delta(t).$$

2.6. Колебательное звено

Дифференциальное уравнение колебательного звена имеет вид:

$$T^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\xi T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \cdot x(t), \quad (12)$$

где $k = const$ – коэффициент усиления ($k > 0$), $T = const$ – постоянная времени ($T > 0$), $\xi = const$ – коэффициент затухания ($0 < \xi < 1$).

Передаточная функция колебательного звена:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{k}{T^2 \cdot s^2 + 2\xi T \cdot s + 1}, \quad (13)$$

Определяем ЧХ: $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = \frac{k}{T^2 \cdot (j\omega)^2 + 2\xi T \cdot j\omega + 1}$ – АФЧХ, час-

тотная передаточная функция.

Частотную передаточную функцию можно представить в виде:

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= U(\omega) + j \cdot V(\omega) = \frac{k}{T^2 \cdot (j\omega)^2 + 2\xi T \cdot j\omega + 1} = \\ &= \frac{k \cdot (1 - \omega^2 T^2)}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2} + j \cdot \frac{(-2k\xi\omega T)}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}, \end{aligned}$$

где $U(\omega) = \frac{k \cdot (1 - \omega^2 T^2)}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}$ – вещественная ЧХ,

$V(\omega) = -\frac{2k\xi\omega T}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ:

$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}}$ – АЧХ,

$\varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)}\right) = \arctg\left(\frac{-2\xi\omega T}{1 - \omega^2 T^2}\right)$ – ФЧХ,

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}$ – ЛАЧХ.

Полученное выражение для $L(\omega)$ является нелинейным и для решения инженерных задач его, как правило, не используют. При решении задач в области теории автоматического управления используют приближённое выражение для ЛАЧХ – выражение асимптотической ЛАЧХ:

$$L(\omega) = \begin{cases} 20 \lg(k), & \text{при } \omega < \omega_c = \frac{1}{T} \\ 20 \lg(k) - 40 \lg(\omega T), & \text{при } \omega \geq \omega_c = \frac{1}{T} \end{cases}, \text{ где } \omega_c = \frac{1}{T} \text{ – частота среза.}$$

Определяем далее временные характеристики:

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = h(t) \Rightarrow T^2 \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + 2\xi T \frac{dh(t)}{dt} + h(t) = k \cdot 1(t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h(t) = k \cdot \left(1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \varphi_0) \right), \quad \text{где } \alpha = \frac{\xi}{T}, \quad \beta = \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{T},$$

$$\varphi_0 = \text{arctg} \left(\frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{\xi} \right),$$

– импульсная переходная характеристика (функция):

$$\omega(t) = \frac{dh(t)}{dt} = k\alpha \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{-\alpha t} \sin(\beta t + \varphi_0) - k\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} e^{-\alpha t} \cos(\beta t + \varphi_0).$$

2.7. Звено «чистого» запаздывания

Дифференциальное уравнение звена «чистого» запаздывания имеет вид:

$$y(t) = x(t - \tau), \quad (14)$$

где $\tau = \text{const}$ – временная задержка, определяющая запаздывание ($\tau > 0$).

Передаточная функция звена «чистого» запаздывания:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = e^{-s\tau}, \quad (15)$$

Определяем ЧХ: $s = j\omega \Rightarrow W(j\omega) = e^{-j\omega\tau}$ – АФЧХ, частотная передаточная функция.

Частотную передаточную функцию можно представить в виде:

$$W(j\omega) = U(\omega) + j \cdot V(\omega) = e^{-j\omega\tau} = \cos(\omega\tau) + j \cdot (-\sin(\omega\tau)),$$

где $U(\omega) = \cos(\omega\tau)$ – вещественная ЧХ, $V(\omega) = -k \sin(\omega\tau)$ – мнимая ЧХ.

Определяем далее АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ:

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = 1 - \text{АЧХ}, \quad \varphi(\omega) = \text{arctg} \left(\frac{V(\omega)}{U(\omega)} \right) = -\omega\tau - \text{ФЧХ},$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 0 - \text{ЛАЧХ}.$$

Определяем далее временные характеристики:

– переходная характеристика (функция): если $x(t) = 1(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = h(t) = x(t - \tau) = 1(t - \tau),$$

– импульсная переходная характеристика (функция): если $x(t) = \delta(t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow y(t) = \omega(t) = x(t - \tau) = \delta(t - \tau).$$

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа выполняется на персональном компьютере (ПК) с использованием среды имитационного моделирования SimInTech.

На рис. 1 показана имитационная модель для исследования элементарного звена САУ (в данном примере – колебательного звена), реализованная в среде имитационного моделирования SimInTech.

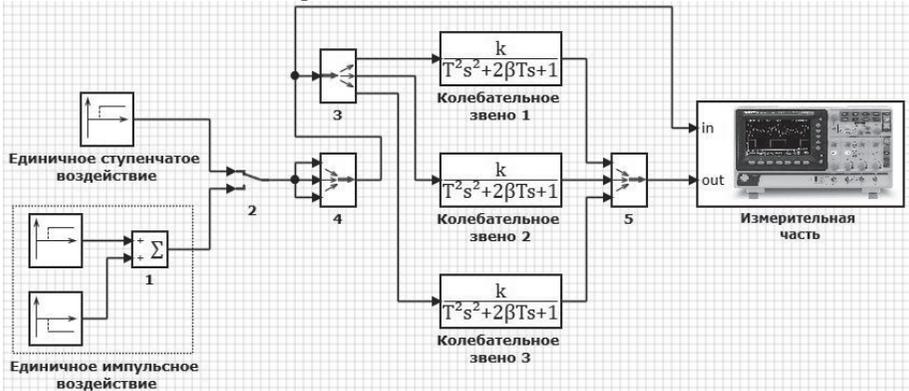


Рис. 1. Имитационная модель для исследования элементарного звена САУ

Имитационная модель (рис. 1) содержит блоки источников единичного ступенчатого и единичного импульсного воздействий, блок ключа (1), блок де-мультиплексора (2), блоки мультиплексоров (3 и 4), блоки исследуемого звена САУ («Колебательное звено 1», «Колебательное звено 2», «Колебательное звено 3»), блок измерительной части.

На рис. 2 показана имитационная модель блока измерительной части.

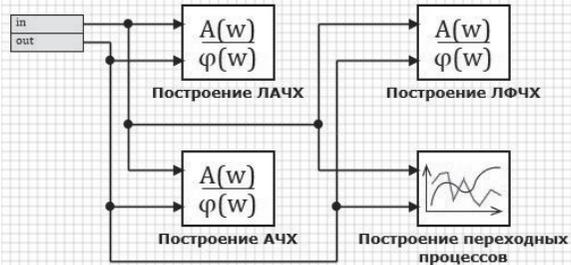


Рис. 2. Имитационная модель блока измерительной части

Имитационная модель блока измерительной части (рис. 2) содержит блоки построения частотных характеристик («Построение ЛАЧХ», «Построение ЛФЧХ», «Построение АЧХ») и блок построения временных характеристик («Построение переходных процессов»).

Чтобы начать работу с имитационной моделью нужно запустить Главное окно в программной среде SimInTech, а затем выполнить действия: «Файл» => «Открыть» => «Элементарные звенья САУ» => «(Название звена).prt».

Для установки времени моделирования необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши (ЛКМ) по кнопке  («Параметры расчёта») и установить требуемое время расчёта модели.

Для запуска моделирования необходимо дважды щелкнуть ЛКМ по кнопке  («Пуск»), при этом начнётся моделирование. Когда моделирование завершится, в информационном окне SimInTech появится сообщение «Конечное время достигнуто».

Для регистрации результатов выполненного моделирования необходимо дважды щелкнуть ЛКМ по соответствующим блокам («Построение ЛАЧХ», «Построение ЛФЧХ», «Построение АЧХ», «Построение переходных процессов»), при этом откроются окна с результатами моделирования (рис. 3).

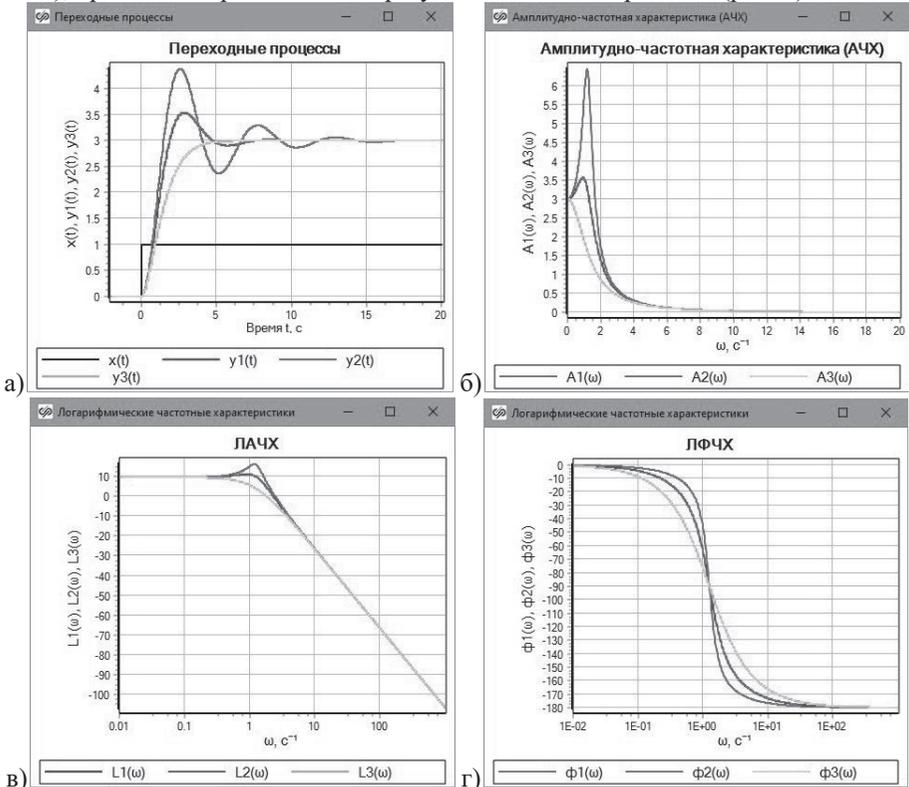


Рис. 3. Результаты моделирования: а) – переходные процессы; б) – амплитудно-частотная характеристика (АЧХ); в) – ЛАЧХ; г) – ЛФЧХ

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Подготовка к выполнению лабораторной работы

Включить персональный компьютер с установленной средой имитационного моделирования SimInTech.

Дождаться загрузки операционной системы, а затем запустить программную среду SimInTech путём щелчка левой кнопки компьютерной мыши по ярлыку программы, расположенному на рабочем столе лабораторного персонального компьютера.

4.2. Исследование усилительного звена

Открыть файл имитационной модели усилительного звена выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Усилительное звено».

На схеме имитационной модели усилительного звена установить переключатель «Ключ» в верхнее положение.

В окне имитационной модели усилительного звена нажать кнопку  («Пуск»), при этом начнётся моделирование усилительного звена. Когда моделирование завершится, в информационном окне SimInTech появится сообщение «Конечное время достигнуто».

По завершении моделирования зафиксировать:

- частотные характеристики: АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ;
- переходной процесс в ответ на единичное ступенчатое воздействие (переходная характеристика).

На схеме имитационной модели усилительного звена установить переключатель «Ключ» в нижнее положение.

В окне имитационной модели усилительного звена нажать кнопку  («Пуск»), при этом начнётся моделирование усилительного звена. Когда моделирование завершится, в информационном окне SimInTech появится сообщение «Конечное время достигнуто».

По завершении моделирования зафиксировать переходной процесс в ответ на единичное импульсное воздействие (импульсная переходная характеристика).

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты.

Закрывать без сохранения файл имитационной модели усилительного звена.

4.3. Исследование дифференцирующего звена

Открыть файл имитационной модели дифференцирующего звена выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Дифференцирующее звено».

Провести исследование дифференцирующего звена аналогично исследованию усилительного звена в соответствии с пунктом 4.2.

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты.

Закрывать без сохранения файл имитационной модели дифференцирующего звена.

4.4. Исследование интегрирующего звена

Открыть файл имитационной модели интегрирующего звена, выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Интегрирующее звено».

Провести исследование интегрирующего звена аналогично исследованию усилительного звена в соответствии с пунктом 4.2.

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты.

Закрывать без сохранения файл имитационной модели интегрирующего звена.

4.5. Исследование аperiodического звена 1-го порядка

Открыть файл имитационной модели аperiodического звена 1-го порядка, выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Аperiodическое звено 1-го порядка».

Провести исследование аperiodического звена 1-го порядка аналогично исследованию усилительного звена в соответствии с пунктом 4.2.

Повторить данные эксперименты при задании преподавателем других значений параметров исследуемых аperiodических звеньев 1-го порядка (коэффициентов усиления и постоянных времени).

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты.

Закрывать без сохранения файл имитационной модели аperiodического звена 1-го порядка.

4.6. Исследование форсирующего звена 1-го порядка

Открыть файл имитационной модели форсирующего звена 1-го порядка, выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Форсирующее звено 1-го порядка».

Провести исследование форсирующего звена 1-го порядка аналогично исследованию усилительного звена в соответствии с пунктом 4.2.

Повторить данные эксперименты при задании преподавателем других значений параметров исследуемых форсирующих звеньев 1-го порядка (коэффициентов усиления и постоянных времени).

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты.

Закрывать без сохранения файл имитационной модели форсирующего звена 1-го порядка.

4.7. Исследование колебательного звена

Открыть файл имитационной модели колебательного звена, выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Колебательное звено».

Провести исследование колебательного звена аналогично исследованию усилительного звена в соответствии с пунктом 4.2.

Повторить данные эксперименты при задании преподавателем других значений параметров исследуемых колебательных звеньев (коэффициентов усиления, постоянных времени и коэффициентов затухания).

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты. Закрывать без сохранения файл имитационной модели колебательного звена.

4.8. Исследование звена «чистого» запаздывания

Открыть файл имитационной модели звена «чистого» запаздывания, выполнив для этого действия: «Файл» => «Открыть» => «Звено «чистого» запаздывания».

Провести исследование звена «чистого» запаздывания аналогично исследованию усилительного звена в соответствии с пунктом 4.2.

Проанализировать, полученные в ходе данного исследования результаты.

Закрывать без сохранения файл имитационной модели звена «чистого» запаздывания.

5. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОТЧЁТУ

Отчёт по лабораторной работе оформляется в тетради «в клеточку».

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения, дифференциальные уравнения и передаточные функции элементарных звеньев автоматики;
- частотные характеристики: АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ исследуемых элементарных звеньев автоматики;
- временные характеристики (переходная и импульсная переходная характеристики) исследуемых элементарных звеньев автоматики;
- анализ полученных результатов, выводы.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции усилительного звена?

2. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции дифференцирующего звена?

3. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции интегрирующего звена?

4. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции аperiodического звена 1-го порядка?

5. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции форсирующего звена 1-го порядка?

6. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции колебательного звена?

7. По заданию преподавателя запишите уравнения и постройте графики АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и временных характеристик для заданной передаточной функции звена «чистого» запаздывания?

8. По заданию преподавателя постройте графики ЛАЧХ и ЛФЧХ по передаточной функции, заданной как произведение передаточных функций элементарных звеньев автоматики?

9. По заданию преподавателя определите дифференциальное уравнение электрической цепи, содержащей R, L, C – элементы?

10. По заданию преподавателя определите передаточную функцию электрической цепи, содержащей R, L, C – элементы?

11. По заданию преподавателя определите частотные характеристики (АЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ) электрической цепи, содержащей R, L, C – элементы?

12. По заданию преподавателя определите временные характеристики (переходная и импульсная переходная характеристики) электрической цепи, содержащей R, L, C – элементы?

Литература

1. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования, издательство «Машиностроение», 1985.

2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1972.

Содержание

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	3
2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	3
3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	11
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	13
5. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОТЧЕТУ	15
6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	15
Литература.....	16