

Цель работы. Приобретение навыков обработки результатов экспериментов по определению частотных характеристик элементарных звеньев. Сравнение частотных характеристик звеньев, полученных из эксперимента и аналитическим расчетом.
 Для изучения предлагаются следующие звенья:
 П-звено — пропорциональное звено;
 И-звено - интегрирующее звено;
 А-звено — апериодическое звено.

Динамические характеристики элементарных звеньев

Тип и дифференциальное уравнение звена	Переходная характеристика	Передаточная функция	Комплексная частотная характеристика	Амплитудная частотная характеристика	Фазовая частотная характеристика
А-звено $T_A \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_A x(t)$		$W(s) = \frac{k_A}{T_A \cdot s + 1}$			

1. Аperiодическое звено

Частота, ω	рад/с	0	0.06	0.1	0.17	∞
Сдвиг колебаний выхода, Δt	секунд	∞	9.07	7.88	6.11	0
ФЧХ, $\phi(\omega)$	радиан	0	-0.5442	-0.788	-1.039	-1.571
АЧХ, $A(\omega) = A_y(\omega) / A_x(\omega)$	ед. вых./ед. вх.	0.6	0.514	0.424	0.304	0
Вещественная часть КЧХ, $Re(\omega) = A(\omega) \cos(\phi(\omega))$	ед. вых./ед. вх.	0.6	0.4397	0.299	0.1542	0
Мнимая часть КЧХ, $Im(\omega) = A(\omega) \sin(\phi(\omega))$	ед. вых./ед. вх.	0	-0.266	-0.301	-0.262	0

Предельные случаи:

При $\omega = 0$ $T_A = 10$ $K_A = 0.6$ (из работы N1) $\phi(\omega) = -\arctan(\omega \cdot T_A)$ $\phi(\omega) = 0$

$A(\omega) = \frac{K_A}{\sqrt{(T_A \cdot \omega)^2 + 1}}$ $A(\omega) \rightarrow 0.6$ $A(\omega) = 0.6$

При $\omega = \infty$ $\phi(\omega) = -\arctan(\omega \cdot T_A)$ $\phi(\omega) = -1.571$

тогда $\Delta t = \frac{\phi(\omega)}{\omega}$ $\Delta t = 0$ $A(\omega) = \frac{K_A}{\sqrt{(T_A \cdot \omega)^2 + 1}}$ $A(\omega) \rightarrow \frac{0.6}{\infty}$ $A(\omega) = 0$

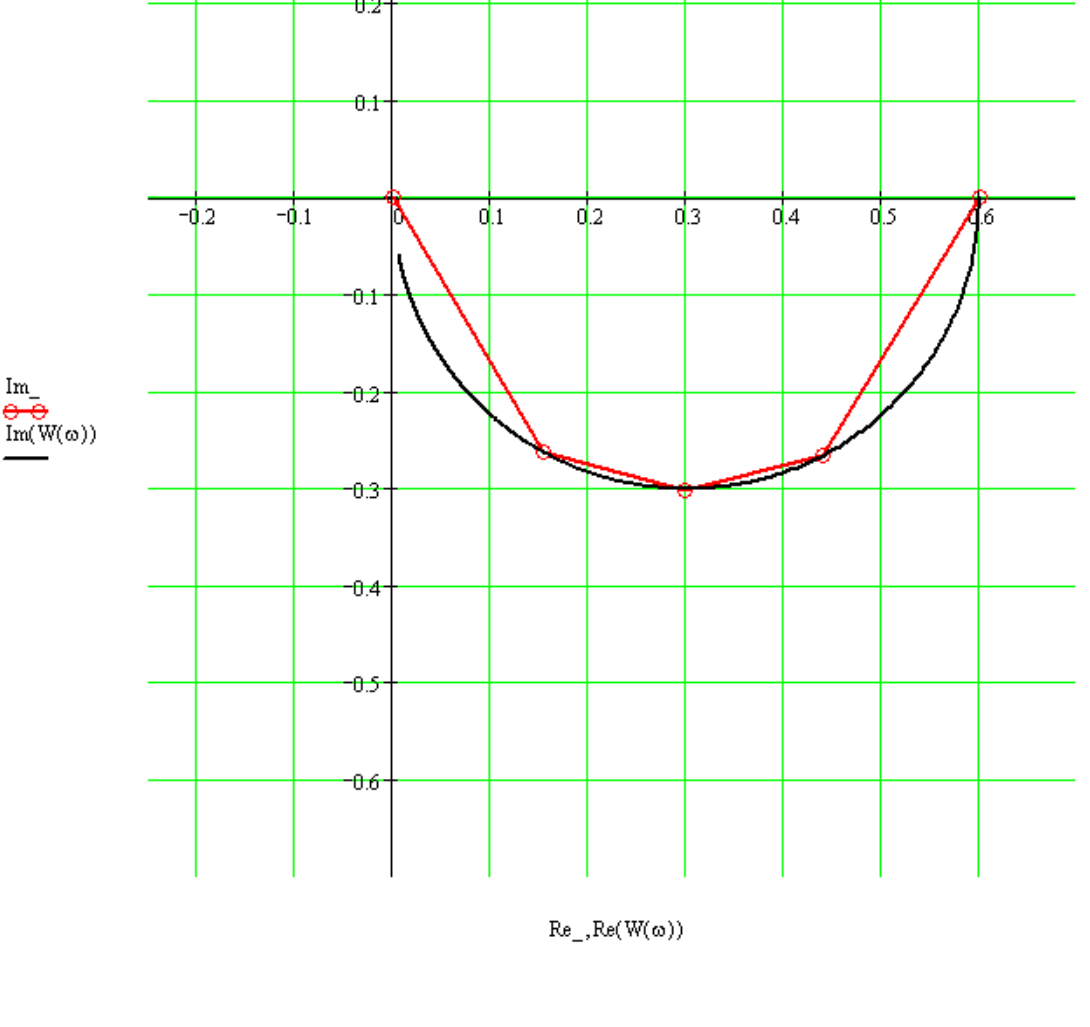
Вещественная часть КЧХ $i = 0..4$

$A = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.514 \\ 0.424 \\ 0.304 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $\phi = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.5442 \\ -0.788 \\ -1.039 \\ -1.571 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $Re_{-i} = A_i \cdot \cos(\phi_i)$ $Re_{-} = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.4397 \\ 0.299 \\ 0.1542 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$

Мнимая часть КЧХ

$Im_{-i} = A_i \cdot \sin(\phi_i)$ $Im_{-} = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.266 \\ -0.301 \\ -0.262 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$

Аналитическое решение: $W(\omega) = \frac{0.6}{10i\omega + 1}$ $\omega = 0, 0.001..1$



2. Интегрирующее звено

Динамические характеристики элементарных звеньев

Тип и дифференциальное уравнение звена	Переходная характеристика	Передаточная функция	Комплексная частотная характеристика	Амплитудная частотная характеристика	Фазовая частотная характеристика
И-звено $T_I \frac{dy(t)}{dt} = x(t)$		$W(s) = \frac{1}{T_I \cdot s}$			

Частота, ω	рад/с	0	0.06	0.1	0.17	∞
Сдвиг колебаний выхода, Δt	секунд	∞	26.2	15.78	9.27	0
ФЧХ, $\phi(\omega)$	радиан	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571
АЧХ, $A(\omega) = A_y(\omega) / A_x(\omega)$	ед. вых./ед. вх.	∞	1.11	0.667	0.392	0
Вещественная часть КЧХ, $Re(\omega) = A(\omega) \cos(\phi(\omega))$	ед. вых./ед. вх.	0	0	0	0	0
Мнимая часть КЧХ, $Im(\omega) = A(\omega) \sin(\phi(\omega))$	ед. вых./ед. вх.	$-\infty$	-1.11	-0.667	-0.392	0

Предельные случаи:

При $\omega = 0$ $T_I = 15$ (из работы N1) $\phi(\omega) = -\left(\frac{\pi}{2}\right)$ $\phi(\omega) = -1.571$

$A(\omega) = \frac{1}{T_I \cdot \omega}$ $A(\omega) = \infty$

При $\omega = \infty$ тогда $\Delta t = \frac{\phi(\omega)}{\omega}$ $\Delta t = 0$ $A(\omega) = \frac{1}{T_I \cdot \omega}$ $A(\omega) \rightarrow \frac{1}{\infty}$ $A(\omega) = 0$

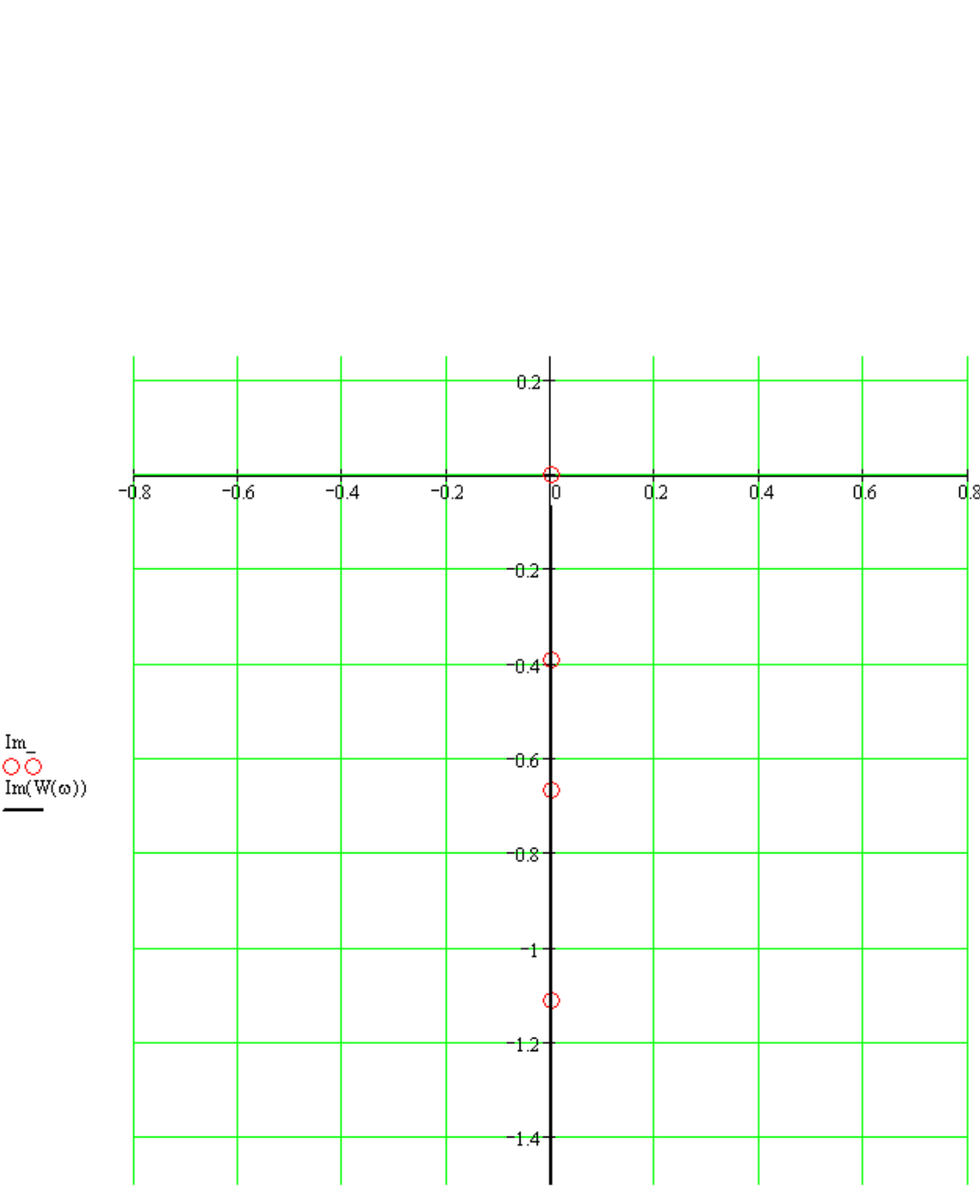
Вещественная часть КЧХ $i = 0..4$

$A = \begin{pmatrix} \infty \\ 1.11 \\ 0.667 \\ 0.392 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $\phi = \begin{pmatrix} -\left(\frac{\pi}{2}\right) \\ -\left(\frac{\pi}{2}\right) \\ -\left(\frac{\pi}{2}\right) \\ -\left(\frac{\pi}{2}\right) \\ -\left(\frac{\pi}{2}\right) \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $Re_{-i} = A_i \cdot \cos(\phi_i)$ $Re_{-0} = 0$ $Re_{-} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$

Мнимая часть КЧХ

$Im_{-i} = A_i \cdot \sin(\phi_i)$ $Im_{-} = \begin{pmatrix} -1 \times 10^{307} \\ -1.11 \\ -0.667 \\ -0.392 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $\cos(\phi_i) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Аналитическое решение: $W(\omega) = \frac{1}{T_I i \omega}$ $\omega = 0, 0.001..1$



3. Пропорциональное звено

Частота, ω	рад/с	0	0.06	0.1	0.17	∞
Сдвиг колебаний выхода, Δt	секунд	0	0	0	0	0
ФЧХ, $\phi(\omega)$	радиан	0	0	0	0	0
АЧХ, $A(\omega) = A_y(\omega) / A_x(\omega)$	ед. вых./ед. вх.	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Вещественная часть КЧХ, $Re(\omega) = A(\omega) \cos(\phi(\omega))$	ед. вых./ед. вх.	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Мнимая часть КЧХ, $Im(\omega) = A(\omega) \sin(\phi(\omega))$	ед. вых./ед. вх.	0	0	0	0	0

Динамические характеристики элементарных звеньев

Тип и дифференциальное уравнение звена	Переходная характеристика	Передаточная функция	Комплексная частотная характеристика	Амплитудная частотная характеристика	Фазовая частотная характеристика
П-звено $y(t) = k_P \cdot x(t)$		$W(s) = k_P$			

$K_P = 1.12$ (из работы N1) $\phi(\omega) = 0$ $A(\omega) = K_P$ $K_P = 1.12$

Вещественная часть КЧХ $i = 0..4$

$A = \begin{pmatrix} 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $\phi = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$ $Re_{-i} = A_i \cdot \cos(\phi_i)$ $Re_{-} = \begin{pmatrix} 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$

Мнимая часть КЧХ

$Im_{-i} = A_i \cdot \sin(\phi_i)$ $Im_{-} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\frac{ед. вых.}{ед. вх.}$

Аналитическое решение: $W(\omega) = K_P$ $\omega = 0, 0.001..1$

