

Шведова Вікторія Вікторівна

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційно-вимірювальної техніки
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Шведова Виктория Викторовна

*кандидат технических наук,
доцент кафедры информационно-измерительной техники
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Shvedova Viktoriia

*Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Півторак Анастасія Ігорівна

*студент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Пивторак Анастасия Игоревна

*студент
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Pivtorak Anastasiia

*Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ
ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**DETERMINATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS
OF MEASURING ENGINEERING**

Анотація. Досліджено теоретичні питання визначення динамічних характеристик засобів вимірювальної техніки.
Ключові слова: диференціальне рівняння, передаточна функція, амплітудно-фазова характеристика, динамічна ланка.

Аннотация. Исследованы теоретические вопросы определения динамических характеристик средств измерительной техники.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, передаточная функция, амплитудно-фазовая характеристика, динамическая звено.

Summary. The theoretical aspects of definition of dynamic characteristics of means of measuring engineering were investigated.

Key words: differential equation, transfer function, amplitude-phase characteristic, dynamic link.

Все частіше об'єктом дослідження є ланки чи вузли механізмів, що працюють в динамічному режимі, і для визначення їх динамічних властивостей необхідно оцінити їх параметри із заданою точністю.

До таких об'єктів відносяться аналогові і цифрові засоби вимірювання. Похибки цих приладів у статистиці вже досить малі. Досягнення приблизно такого ж рівня похибок вимірювань в динамічному режимі є важливим завданням. Тому до динамічних характеристик засобів вимірювань в даний час пред'являються все більш серйозні вимоги [1, с. 60–65].

Для вимірювальних перетворювачів і реєструючих приладів, призначених для вимірювання миттєвих значень вхідної величини, що змінюється у часі, рекомендується нормувати одну з повних динамічних характеристик. Повної динамічної характеристикою називається характеристика, однозначно визначає зміни вихідного сигналу засобу вимірювання при будь-яких змінах інформаційного та неінформативних параметрів вхідного сигналу і величини, що впливає [2, с. 103]. Повними динамічними характеристиками є: диференціальне рівняння, імпульсна характеристика $g(t)$, перехідна

характеристика $h(t)$, передаточна функція $K(p)$, амплітудно-фазова характеристика $K(j\omega)$, сукупність амплітудно-частотної $|K(j\omega)|$ і фазо-частотної $\varphi(\omega)$ характеристик.

Відповідно до прояву динамічних властивостей можна виділити типові динамічні ланки: безінерційна ланка, аперіодична ланка першого порядку, аперіодична ланка другого порядку, коливальна ланка другого порядку, ідеальна інтегрувальна ланка, інерційна інтегруюча ланка, ідеальна диференціююча ланка, інерційна диференціююча ланка.

Формули для визначення повних характеристик типових динамічних ланок наведено в таблиці 1. Ці характеристики можна визначити за допомогою випробувальних сигналів: ступінчастий вхідний сигнал, імпульсний сигнал достатньо малої тривалості, синусоїдальний вхідний сигнал.

Частотні динамічні характеристики типових ланок визначають за формулами, що наведені в таблиці 2.

Наведені аналітичні вирази диференціальних рівнянь, імпульсних характеристик, перехідних характеристик, передаточних функцій, амплітудно-фазових характеристик, сукупності амплітудно-частотної

Таблиця 1

Визначення повних характеристик типових динамічних ланок

Хар-ка Вид ланки	Диференціальне рівняння	Імпульсна характеристика $g(t)$	Перехідна характеристика $h(t)$	Передаточна функція $K(p)$
Безінерційна	$x_{eux} = kx_{ex}$	$k\delta(t)$	$k1(t)$	k
Аперіодична 1-го порядку	$T \frac{dx_{eux}}{dt} + x_{eux} = kx_{ex}$	$\frac{k}{T} e^{-\frac{t}{T}}$	$k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	$\frac{k}{Tp + 1}$
Аперіодична 2-го порядку	$T_2^2 \frac{d^2 x_{eux}}{dt^2} + T_1 \frac{dx_{eux}}{dt} + x_{eux} = kx_{ex}$	$\frac{k}{T_3 - T_4} \left(e^{-\frac{t}{T_3}} - e^{-\frac{t}{T_4}} \right)$	$k \left(1 - \frac{T_3}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T_4}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_4}} \right)$	$\frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$
Колівальна 2-го порядку	$T_2^2 \frac{d^2 x_{eux}}{dt^2} + T_1 \frac{dx_{eux}}{dt} + x_{eux} = kx_{ex}$	$\frac{k\zeta}{T_1 \sqrt{1-\zeta^2}} * \sin \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{T_1} t$	$k \left[1 - e^{-\frac{\zeta}{T_1} t} \left(\cos \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{T_1} t + \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{T_1} t \right) \right]$	$\frac{k}{T^2 p^2 + 2\zeta Tp + 1}$
Ідеальна інтегрувальна	$x_{eux} = k \int x_{ex} dt$	k	kt	$\frac{k}{p}$
Інерційна інтегруюча	$T \frac{dx_{eux}}{dt} + x_{eux} = k \int x_{ex} dt$	$k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	$k \left[t - T \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \right]$	$\frac{k}{p(Tp + 1)}$
Ідеальна диференціююча	$x_{eux} = k \frac{dx_{ex}}{dt}$	$k \frac{d\delta}{dt}$	$k\delta(t)$	kp
Інерційна диференціююча	$T \frac{dx_{eux}}{dt} + x_{eux} = k \frac{dx_{ex}}{dt}$	$\frac{k}{T} \delta(t) - \frac{k}{T^2} e^{-\frac{t}{T}}$	$\frac{k}{T} e^{-\frac{t}{T}}$	$\frac{kp}{Tp + 1}$

Таблиця 2

Визначення частотних характеристик типових динамічних ланок

Хар-ка Вид ланки	Амплітудно-фазова $K(j\omega)$	Амплітудно-частотна $ K(j\omega) $	Фазо-частотна $\varphi(\omega)$
Безінерційна	k	k	0
Аперіодична 1-го порядку	$\frac{k}{Tj\omega+1}$	$\frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2+1}}$	$-\arctg T\omega$
Аперіодична 2-го порядку	$\frac{k}{(T_3j\omega+1)(T_4j\omega+1)}$	$\frac{k}{\sqrt{(T_3^2\omega^2+1)(T_4^2\omega^2+1)}}$	$-\arctg(T_3\omega) - \arctg(T_4\omega)$
Коливальна 2-го порядку	$\frac{k}{T^2(j\omega)^2+2\zeta Tj\omega+1}$	$\frac{k}{\sqrt{(1-T^2\omega^2)^2+4\zeta^2T^2\omega^2}}$	$-\arctg \frac{2\zeta T\omega}{1-T^2\omega^2}$
Ідеальна інтегрувальна	$-j \frac{k}{\omega}$	$\frac{k}{\omega}$	-90°
Інерційна інтегруюча	$\frac{k}{j\omega(Tj\omega+1)}$	$\frac{k}{\omega\sqrt{T^2\omega^2+1}}$	$-\frac{\pi}{2} - \arctg T\omega$
Ідеальна диференціююча	$jk\omega$	$k\omega$	$+\frac{\pi}{2}$
Інерційна диференціююча	$\frac{jk\omega}{Tj\omega+1}$	$\frac{k\omega}{\sqrt{T^2\omega^2+1}}$	$\frac{\pi}{2} - \arctg T\omega$

$|K(j\omega)|$ і фазо-частотної $\varphi(\omega)$ характеристик дозволяють розрізнити типові динамічні ланки не вище 2-го порядку за їх ключовими параметрами.

Однак якщо аналітичні вирази динамічних характеристик не відомі, то ідентифікація виду ланки може викликати складності. Наприклад, диферен-

ційна ланка 1-го порядку та диференційна ланка 2-го порядку в аперіодичному режимі мають однаковий прояв при подачі ступінчастого вхідного сигналу. Тому для визначення виду ланки та її динамічних параметрів потрібно поєднувати декілька методів (випробувальних сигналів).

Література

1. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: Підручник /М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. — К.: Либідь, 1997. — 544 с.
2. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук. — Л.: Вид-во «Бескід Біт», 2003. — 544 с.