

В. В. Присяжнюк
С. Ю. Гаврилюк
Ю. С. Черар

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРСУЮЧОЇ ЛАНКИ ДРУГОГО ПОРЯДКУ В ПАКЕТІ SCILAB

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено аналіз частотних характеристик форсуючої ланки другого порядку за допомогою програмного пакету Scilab. Розглянуто амплітудо-частотну (АЧХ) та фазо-частотну (ФЧХ) характеристики системи. Виконано теоретичний опис передатної функції, побудовано графіки частотних характеристик та проаналізовано їхню поведінку в залежності від частоти. Отримані результати дозволяють оцінити динамічні властивості форсуючої ланки другого порядку та її потенційне застосування в системах автоматичного управління.

Ключові слова: Форсуюча ланка другого порядку, частотні характеристики, АЧХ, ФЧХ, Scilab, передатна функція, динамічні властивості, аналіз систем.

Abstract

This study investigates the frequency characteristics of a second-order lead element with using the Scilab software package. The amplitude-frequency response (AFR) and phase-frequency response (PFR) of the system are analyzed. A theoretical description of the transfer function is provided, frequency response graphs are constructed, and their behavior as a function of frequency is evaluated. The obtained results enable the assessment of the dynamic properties of the second-order lead element and its potential applications in automatic control systems.

Keywords: Second-order lead element, frequency characteristics, AFR, PFR, Scilab, transfer function, dynamic properties, system analysis.

Вступ

Форсуючі ланки другого порядку відіграють важливу роль у теорії автоматичного управління завдяки своїй здатності компенсувати фазові зсуви та покращувати динамічні характеристики систем. Такі ланки часто застосовуються для підвищення стійкості та швидкодії в системах зворотного зв'язку. У даній роботі досліджуються частотні характеристики форсуючої ланки другого порядку зокрема амплітудо-частотна (АЧХ) та фазо-частотна (ФЧХ) характеристики, з використанням пакету Scilab. Аналіз частотних властивостей дозволяє зрозуміти поведінку системи в різних частотних діапазонах і оцінити її ефективність для практичного використання.

Метою роботи є дослідження частотних характеристик форсуючої ланки другого порядку, зокрема побудова та аналіз амплітудо-частотної та фазо-частотної характеристик у програмному середовищі Scilab.

Результати

1) Побудова амплітудо-частотної характеристики (АЧХ) форсуючої ланки другого порядку

Виконання за допомогою коду

У Scilab побудова АЧХ за допомогою коду є простим і ефективним процесом завдяки вбудованій функції `bode`, яка автоматично обчислює амплітудо-частотну характеристику системи. Ось як це зробити:

Приклад коду: Припустимо, що передатна функція системи

$$W(s) = K(T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1). \quad (1)$$

```
// Очищуємо попередні графіки та змінні
clear;
clf();
// Визначаємо частотний діапазон
w = 0:0.1:2; // від 0 до 2 з кроком 0.1
// Параметри системи
K_values = [50, 100, 500]; // Значення K для кожного графіку
xi = 0.7; // Фіксоване значення ζ
T_values = [0.1, 0.5, 1]; // Значення T для кожного графіку
colors = [2, 4, 5]; // Червоний, синій, зелений
// АЧХ
scf(1); // Перше графічне вікно
clf(); // Очищуємо вікно
// Ініціалізуємо графік
plot2d(w, zeros(w), style=0); // Порожній графік для ініціалізації
// Обчислення та малювання графіків
legend_labels = [];
for j = 1:length(T_values)
    K = K_values(j); // Вибираємо K для поточного графіку
    T = T_values(j); // Вибираємо T для поточного графіку
    // Обчислюємо амплітуду
    A = K * sqrt((1 - w.^2 * T^2).^2 + (2 * xi * w * T).^2);
    // Перевірка на NaN або Inf
    if ~or(isnan(A)) & ~or(isinf(A))
        // Малюємо графік
        plot2d(w, A, style=colors(j));
        legend_labels = [legend_labels, "K=" + string(K) + ", T=" + string(T) + ", ζ=" + string(xi)];
    else
        disp("Помилка: A містить NaN або Inf для K=" + string(K) + ", T=" + string(T));
    end
end
// Налаштування графіку
xgrid(); // Додаємо сітку
xlabel("ω");
ylabel("A(ω)");
title("АЧХ для W(s) = K (T^2 s^2 + 2ζTs + 1)");
legend(legend_labels, 4); // Легенда в правому верхньому куті
drawnow(); // Оновлюємо графік
```

Амплітудо-частотна характеристика (АЧХ) форсуючої ланки другого порядку, побудована в Scilab (рисунок 1).

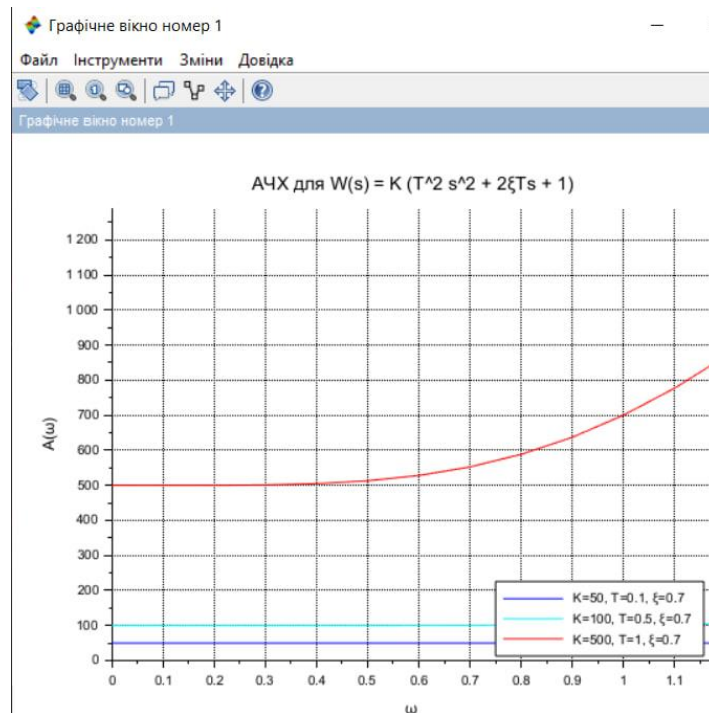


Рисунок 1 — Амплітудо-частотна характеристика (АЧХ) форсуючої ланки другого порядку

Побудова фазо-частотної характеристики (ФЧХ) форсуючої ланки другого порядку

Виконання за допомогою коду

Приклад коду: Припустимо, що передатна функція системи

$$W(s) = K(T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1).$$

(2)

// Очищаємо попередні графіки та змінні

clear;

clf();

// Визначаємо частотний діапазон

w = 0:0.1:60; // від 0 до 60 з кроком 0.1

// Параметри системи

K = 1; // Коефіцієнт підсилення

xi = 0.7; // Фіксоване значення ξ

T_values = [0.1, 0.5, 1]; // Три значення T

colors = [2, 4, 5]; // Червоний, синій, зелений

// ФЧХ

scf(2); // Друге графічне вікно

clf(); // Очищаємо вікно

// Ініціалізуємо графік

plot2d(w, zeros(w), style=0); // Порожній графік для ініціалізації

// Обчислення та малювання графіків

legend_labels = [];

for j = 1:length(T_values)

 T = T_values(j);

 // Обчислюємо фазу

 phi = zeros(w);

 for k = 1:length(w)

 if w(k) <= 1/T

```

    phi(k) = atan(2 * xi * w(k) * T / (1 - w(k)^2 * T^2));
else
    phi(k) = %pi + atan(2 * xi * w(k) * T / (1 - w(k)^2 * T^2));
end
end
phi_deg = phi * 180 / %pi; // Переводимо в градуси
// Перевірка на NaN або Inf
if ~or(isnan(phi_deg)) & ~or(isinf(phi_deg))
    // Малюємо графік
    plot2d(w, phi_deg, style=colors(j));
    legend_labels = [legend_labels, "T=" + string(T) + ", ξ=" + string(xi)];
else
    disp("Помилка: phi_deg містить NaN або Inf для T=" + string(T));
end
end
// Налаштування графіку
xgrid(); // Додаємо сітку
xlabel("ω");
ylabel("φ(ω) (градуси)");
title("ФЧХ для W(s) = K (T^2 s^2 + 2ξTs + 1)");
legend(legend_labels, 4); // Легенда в правому верхньому куті
drawnow(); // Оновлюємо графік

```

Фазо-частотна характеристика (ФЧХ) форсуючої ланки другого порядку, побудована в Scilab (рисунок 2).

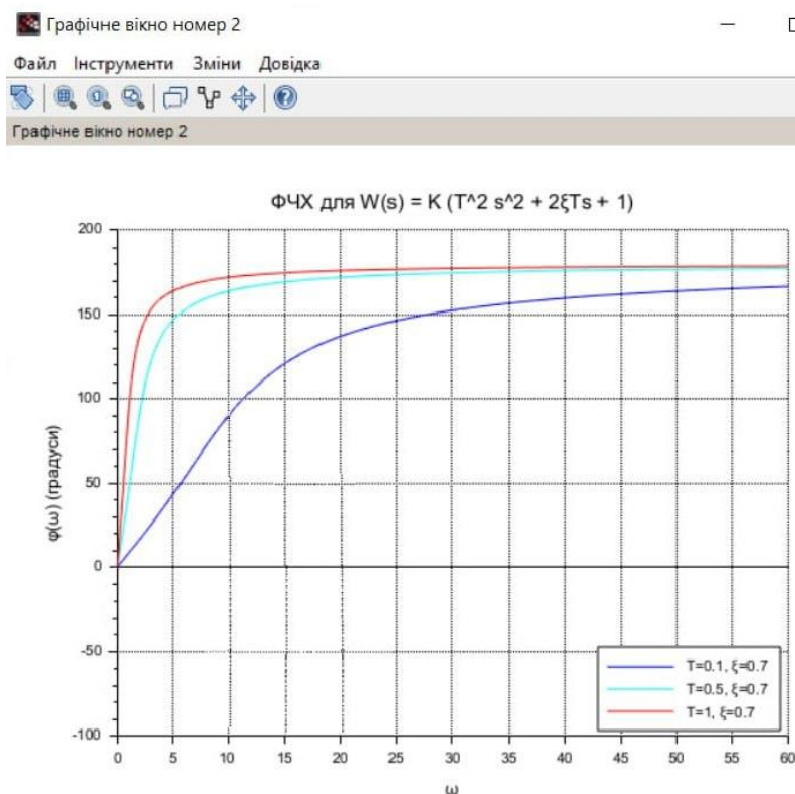


Рисунок 2 – Фазо-частотна характеристика (ФЧХ) форсуючої ланки другого порядку

Висновок

Побудова амплітудо-частотної (АЧХ) та фазо-частотної (ФЧХ) характеристик форсуючої ланки другого порядку в Scilab за допомогою коду (функцій `bode` і `csim`) є значно простішим і зручнішим процесом порівняно з використанням блоків у Xcos. Кодовий підхід забезпечує швидке виконання, повну автоматизацію та усуває потребу в ручних розрахунках чи додаткових налаштуваннях, дозволяючи детально проаналізувати залежність амплітуди та фази від частоти. Натомість створення АЧХ у Xcos виявилось трудомістким через відсутність спеціалізованого блоку для автоматичного аналізу частотних характеристик, необхідність вручну змінювати частоту в блоці `SINBLK_f`, фіксувати амплітуду, а також через труднощі з налаштуванням блоків, зокрема неможливість відкрити `SINBLK_f` для редагування.

У результаті дослідження встановлено, що форсуюча ланка другого порядку демонструє характерну поведінку в частотній області: АЧХ має підсилення на високих частотах, а ФЧХ забезпечує позитивний фазовий зсув, що підтверджує її компенсуючі властивості. Побудовані в Scilab графіки дозволили оцінити динамічні характеристики системи, а отримані дані свідчать про придатність форсуючої ланки для підвищення стійкості та швидкодії систем управління, що відкриває перспективи для її практичного використання. Таким чином, для аналізу частотних характеристик рекомендується використовувати код у Scilab, який забезпечує ефективність і точність, уникаючи складнощів, пов'язаних із налаштуванням блоків у Xcos.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Scilab Control Engineering Basics Study Module / International Undergraduate Program in Electrical-Mechanical Manufacturing Engineering, Department of Mechanical Engineering, Kasetsart University, Thailand. — Bangkok : Kasetsart University, 2018. — 45 p. — (Study Module Series). — English.
2. Scilab Documentation: `bode` — Bode plot [Electronic resource] / Scilab Enterprises, France. — 2020. — Mode of access: https://help.scilab.org/docs/6.1.1/en_US/bode.html. — Title from the screen. — English.
3. Campbell S. L. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4 / S. L. Campbell, J.-P. Chancelier, R. Nikoukhah. — New York : Springer, 2010. — 313 p. — ISBN 978-1-4419-5526-5. — English.
4. Scilab Tutorials / Scilab Enterprises. — 2023. — Режим доступу: https://www.scilab.org/tutorials?field_tutorials_tid=14. — Tutorials.
5. Дубовий В. М. Імітаційне моделювання в системі Scilab/Xcos / В. М. Дубовий. — Вінниця: ВНТУ, 2023. — Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/10dubovyj_imitacijne_modelyuvannya_v_systemi_Scilab-Xcos/. — Імітаційне моделювання в системі Scilab//Xros

Присяжнюк Василь Васильович — старший викладач кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Гаврилюк Сергій Юрійович — студент групи ІАКІТ-22б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: gavrilyuksergij437@gmail.com

Черар Юрій Сергійович — студент групи ІАКІТ-22б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: uracerar@gmail.com

Prysiazhniuk Vasyl V. — senior lecturer of the department of system analysis and information technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Gavrilyuk Sergij Y. — student of group ІАКІТ-22b, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: gavrilyuksergij437@gmail.com

Cherar Yuriy S. — student of group ІАКІТ-22b, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: uracerar@gmail.com