

ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРІВ

Добрянський Р. О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Системи автоматичного керування є невід'ємною частиною всіх галузей народного господарства від машинобудування до сільського господарства, медицини та оборони. Незважаючи на те, що в останні десятиріччя розроблено та продовжують розроблятися нові оптимальні, адаптивні та робастні регулятори, такі як LQR, LQG, H_∞ тощо, традиційні ПІД-регулятори залишаються найбільш розповсюдженими у застосуванні [1]. Це пов'язано з тим, що при відносній простоті ПІД-регулятори забезпечують якість роботи системи керування, що є достатньою для більшості промислових процесів. Їх легко впроваджувати та налаштовувати, що знижує витрати на проектування і обслуговування, у порівнянні зі складнішими методами керування. Якість системи керування значною мірою залежить від правильно обраних значень коефіцієнтів регулятора. Тому важливо якісне опанування здобувачами спеціальностей з автоматизації та робототехніки принципів роботи ПІД-регуляторів та розуміння впливу коефіцієнтів на вигляд перехідного процесу та точність системи в сталому режимі. В даній роботі пропонується елемент віртуальної практичної роботи з дисципліни «Теорія автоматичного керування», що за допомогою побудованого у програмі MATLAB графічного інтерфейсу користувача (GUI) дозволяє досліджувати вплив значень різних параметрів ПІД-регулятора на якість системи керування.

Класичний ПІД-регулятор описується наступним рівнянням:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

де e – помилка керування, t – час, K_p, K_i, K_d – коефіцієнти, що й підлягають налаштуванню.

У якості об'єкта керування було обрано двигун постійного струму, що керується через ланцюг якоря. Цей вибір зумовлений широким використанням двигунів постійного струму в ролі приводів для роботів-маніпуляторів, стрічкових механізмів, сервоклапанів та іншого обладнання. Популярність двигунів постійного струму пояснюється такими їхніми властивостями, як високий крутний момент, можливість регулювання швидкості в широкому діапазоні, компактність, хороші навантажувальні характеристики та універсальність. Динаміка двигуна описується наступною передавальною функцією:

$$W_D(s) = \frac{K}{JLs^2 + (JR + Lb)s + (bR + K^2)}, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт підсилення двигуна, В/рад/с;

J – момент інерції ротора, кг·м²;

L – індуктивність обмотки якоря, Гн;

R – опір обмотки якоря, Ом;

b – коефіцієнт в'язкого тертя, Нмс/рад.

Як вже зазначалося, для проведення віртуальних лабораторних робіт з вивчення властивостей ПІД-регулятора розроблено засобами пакету прикладних програм MATLAB розроблено GUI (рис. 1), що дозволяє налаштовувати значення коефіцієнтів ПІД-регулятора та його варіантів для керування двигуном постійного струму.

GUI має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та надає користувачеві можливість вибрати один з декількох типів регуляторів: ПІД, ПІ, ПД, П та І. Залежно від обраного типу регулятора, користувач може налаштувати коефіцієнти пропорційного K_p , інтегруючого K_i та диференціюючого K_d каналів. Для регуляторів, які не потребують деяких із цих коефіцієнтів (наприклад, для П або І), відповідні поля для введення коефіцієнтів приховуються.

Для аналізу результатів моделювання користувачеві надається графік реакції системи керування на функцію Хевісайда, що відображає зміну

швидкості двигуна в часі. Це дає змогу наочно оцінити вплив значень кожного з коефіцієнтів регулятора на перехідний процес.

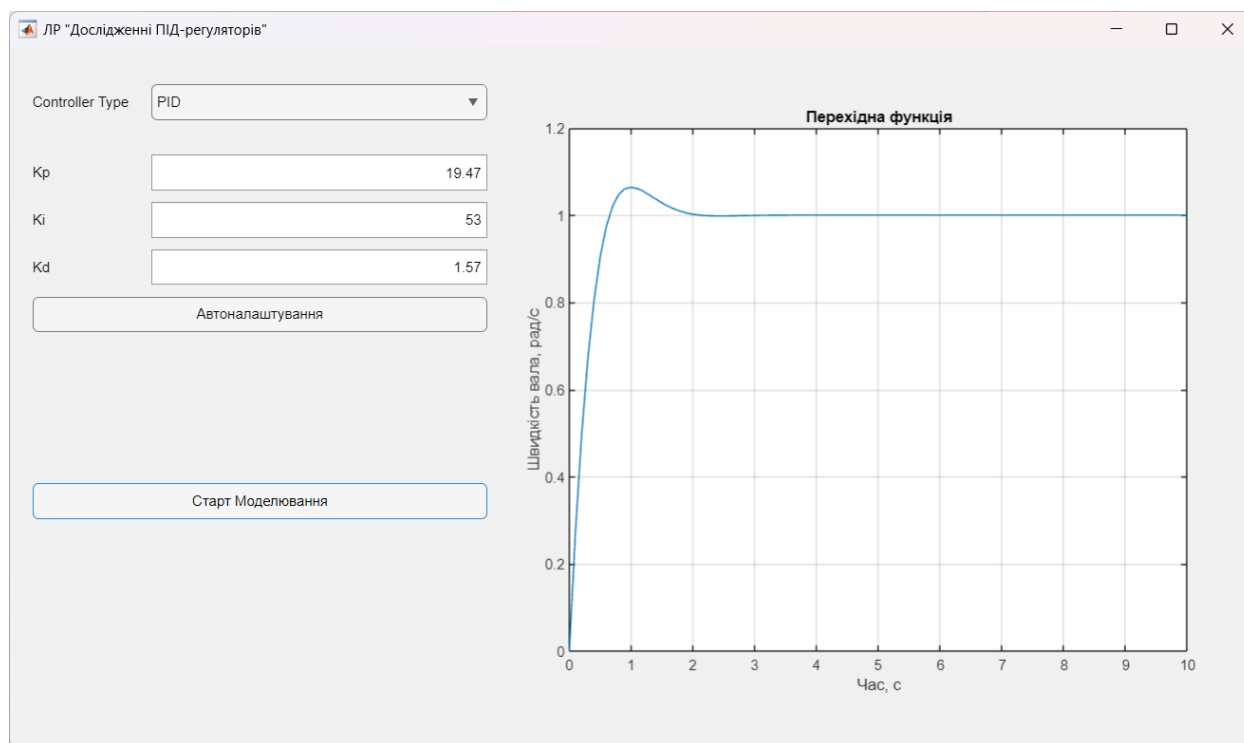


Рисунок 1 – Вигляд вікна GUI

Однією з функцій GUI є автоматичне налаштування коефіцієнтів регулятора за допомогою MATLAB-функції `pidtune`. Ця функція аналізує систему і підбирає оптимальні значення коефіцієнтів для заданого типу регулятора, що дає змогу прискорити процес налаштування і порівняти результати ручного та автоматичного налаштування. Користувач може скористатися цією функцією натисканням кнопки «Автоналаштування».

Також додаток з GUI упаковано у виконуваний файл із розширенням `.exe`, щоб користувач міг його запусити на будь-якому комп'ютері з операційною системою Windows без необхідності встановлення MATLAB.

Розроблений GUI дає змогу користувачеві поглибити знання щодо властивостей ПІД-регуляторів та може бути використаний при дистанційному навчанні. експериментувати з різними типами регуляторів і коефіцієнтами, не вимагаючи глибоких знань у програмуванні. Користувач

може протестувати кілька варіантів налаштувань і вибрати оптимальний для свого завдання.

Література:

1. Поліщук І. А. Налаштування ПД-регулятора на основі методу прямого синтезу для об'єктів другого порядку із запізненням. Наукові праці ВНТУ, 2023, № 2. С. 1-11

2. Основи електропривода: підручник / Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.В. Савченко, І.М. Голодний. К.: Видавництво Ліра-К, 2017. 524 с.