

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РУХОМ КРОКУЮЧОГО РОБОТА

Щербаков О. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Наразі мобільна робототехніка переживає фазу бурхливого розвитку. Вченими та інженерами різних університетів і компаній розробляється велика кількість мобільних роботів різних типів, призначених для виконання найрізноманітніших робіт. Наприклад, уже зараз мобільні роботи застосовуються на складах і підприємствах, у лікарнях і бібліотеках, під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, у бойових діях, а також під час проведення наукових досліджень. В залежності від призначення та типу середовища, у якому пересувається робот, обирається й тип пересування. Нині відомі колісні, гусеничні, крокуючі, стрибаючі, повзаючі, плаваючі, літальні, а також комбіновані роботи. Зараз дуже популярними є багатонігі крокуючі роботи, що імітують ходу тварин, комах павуків тощо. Використання таких роботів є ефективним при пересуванні по пересіченій місцевості, оскільки вони мають більшу прохідність, можуть долати перешкоди, підніматися і спускатися сходами тощо [1]. Тому актуальним є завдання керування рухом таких роботів.

Розглянемо спрощену схему кінцівки крокуючого робота (рис. 2а).

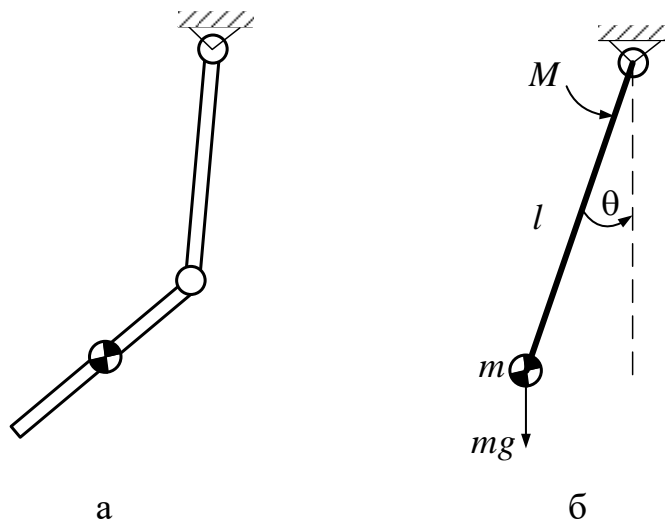


Рисунок 2 – Схематичне зображення кінцівки робота (а) та його представлення у вигляді маятника (б)

Поширеним підходом у робототехніці та біомеханіці є представлення кінцівки крокуючого робота як маятника (рис. 2б). Такий підхід допомагає спростити аналіз динаміки кінцівки та розробляти системи керування для пересування роботів [2].

Рівняння руху кінцівки робота у вигляді маятника, що відхиляється від вертикалі на кут θ (рис. 2б) описується наступною формулою:

$$ml^2\ddot{\theta}(t) + b\dot{\theta}(t) + mgl \cdot \sin\theta(t) = M(t). \quad (1)$$

де m – маса кінцівки, що представлена у вигляді точкової маси на кінці кінцівки,

l – довжина маятника,

b – коефіцієнт тертя.

M – керуючий момент,

g – прискорення вільного падіння.

Відповідна рівнянню (1) блок-схема у Simulink наведена на рис. 2.

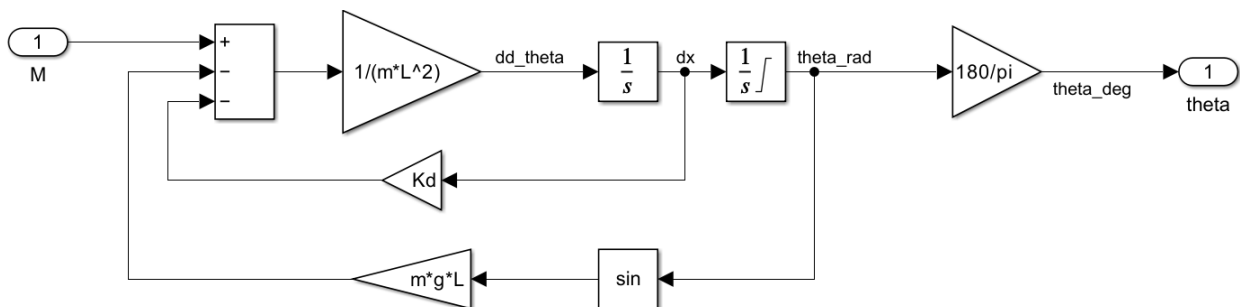


Рис. 2. Модель кінцівки робота у Simulink

Для керування будемо використовувати ПД-регулятор (рис. 3). Проте, рівняння (1) є нелінійним, тому необхідно його лінеаризацію. Її також виконаємо за допомогою можливостей Simulink, точніше додатків Linearization Manager та Model Linearizer.

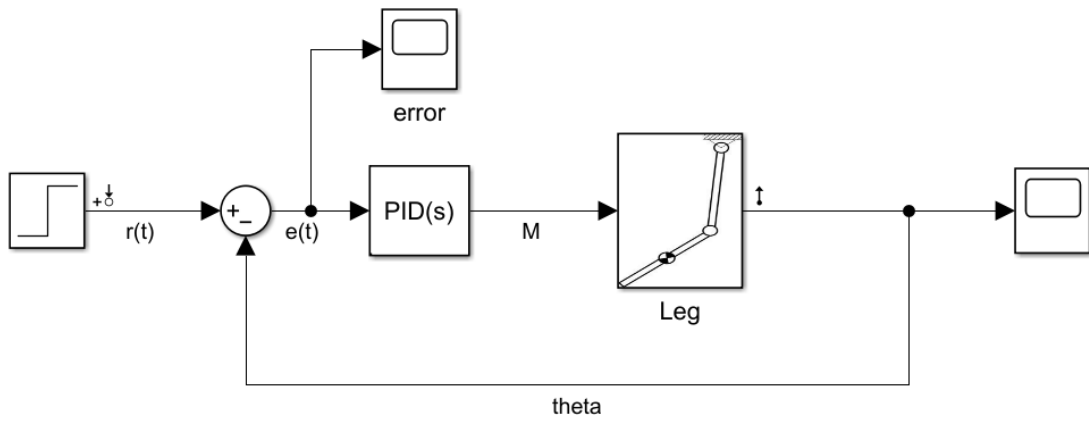


Рис. 3. Simulink-модель системи керування з вхідною та вихідною точками для лінеаризації

Після лінеаризації можна визначити параметри ПІД-регулятора, який би забезпечив час регулювання $t_p < 0,8$ с, та перерегулювання $\sigma < 10\%$. Результати роботи системи керування з синтезованим регулятором ілюструють рис. 4 а,б. Як видно з цих рисунків, система керування задовольняє висунутим вимогам: $t_p = 0,7$ с, а $\sigma = 7,7\%$.

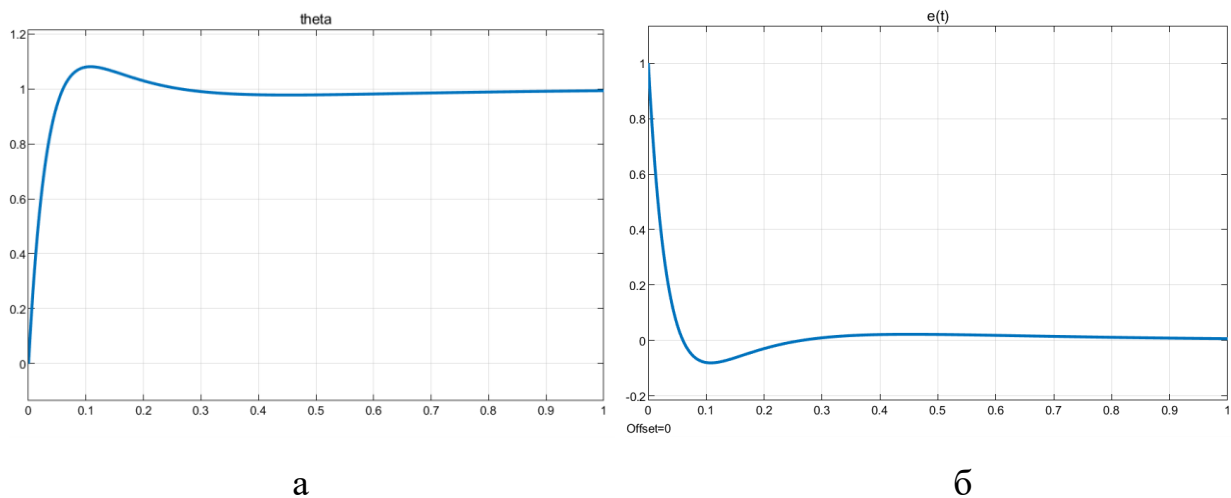


Рис. 4. Перехідна функція системи керування (а) та зміна помилки керування у часі (б)

Література:

1. Гурко О.Г., Барсуков Д.Д. Аналіз конструкцій та розробка моделі біоморфного крокуючого робота. Матеріали XXIII Всеукраїнської науково-

технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 20-21 квітня 2023 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2023 р. С. 337-339.

2. Parra Ricaurte, E.A., Pareja, J., Dominguez, S. *et al.* Comparison of leg dynamic models for quadrupedal robots with compliant backbone. *Sci Rep* 12, 14579 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18536-7>