

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ САМОХІДНИМ ВІЗКОМ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

В роботі розглянуто результати розробки моделі автоматизованого управління транспортною платформою у вигляді двоколісного самохідного візка з вантажем у вигляді перевернутого маятника. Визначено двохімпульсний спосіб управління рухомою системою, при якому мінімізуються енергетичні затрати за рахунок використання потенціальної енергії вантажу. Модель реалізована у схемному вигляді і протестована у середовищі MATLAB/Simulink, що дозволило визначити залежність руху механічної системи у заданому напрямку від значень параметрів R , m та L , які впливають на конструкцію системи.

Ключові слова: моделювання, система автоматизованого управління, транспортна платформа, перевернутий маятник.

Abstract

The paper considers the results of the development of a model of automated control of a transport platform in the form of a two-wheeled self-propelled cart with a load in the form of an inverted pendulum. A two-pulse method of controlling a moving system is determined, in which energy costs are minimized by using the potential energy of the load. The model is implemented in schematic form and tested in the MATLAB/Simulink environment, which made it possible to determine the dependence of the movement of the mechanical system in a given direction on the values of the parameters R , m and L , which affect the design of the system.

Keywords: modeling, automated control system, transport platform, inverted pendulum.

Вступ

У зв'язку зі створенням нових типів транспортних засобів у вигляді двоколісного самохідного візка з вантажем у вигляді перевернутого маятника знову виник інтерес до класичної проблеми стабілізації перевернутого маятника із рухомою точкою підвісу [1,2]. Окремий інтерес в даній проблемі викликає задача мінімізації енергетичних затрат на автоматизоване управління системою “транспортна платформа – вантаж у вигляді перевернутого маятника”. Основною метою роботи є розробка моделі системи автоматичного керування, яка забезпечує утримання маятника у нестійкій рівновазі під час його руху у заданому напрямку під впливом потенціальної енергії, викликаній силою тяжіння Землі.

Результати дослідження

Розроблювана математична модель об'єкта керування призначена для створення системи автоматизованого керування, яка забезпечує мінімізацію енергетичних затрат на управління рухом візка. Під час розробки цієї моделі використовувалися такі позначення:

- J_w - момент інерції колеса,
- m - маса маятника,
- m_w - маса колеса,
- R - радіус колеса,
- L - відстань від центру мас маятника до точки підвісу (осі колеса),
- M_w - момент обертання, прикладений до колеса,
- $F = mg$ - сила тяжіння, прикладена до маятника,
- (x_w, R) - координати на площині (x, z) центру колеса,
- (x_m, z_m) - координати центру мас маятника.

У якості узагальнених координат системи було обрано:

- ψ - кут відхилення маятника від вертикалі,
- v - кут повороту колеса.

В моделі прийнято допущення, що колесо рухається вздовж осі x без прослизання, а сили тертя достатньо малі, і ними можна знехтувати. При таких допущеннях координати колеса та маятника можна виразити через такі узагальнені координати:

$$x_w = R \cdot v;$$

$$x_m = x_w + L \cdot \sin \psi;$$

$$z_m = R + L \cdot \cos \psi.$$

Опис руху системи у цих координатах здійснено за допомогою рівнянь Лагранжа, які пов'язують кінетичну енергію системи із роботою зовнішньої сили тяжіння. Це дозволило отримати рівняння руху системи у термінах узагальнених координат ψ та v .

Для визначення закону керування маятником (тобто утримання його у межах $[\psi_{\min}, \psi_{\max}]$) з рівнянь руху було знайдено максимальне значення моменту обертання колеса у заданому напрямку під дією сили тяжіння $F = mg$. Аналіз нелінійних моделей, які описують переведення маятника в стан нестійкої рівноваги при мінімізації енергетичних затрат на управління показав, що для цього Також визначено імпульси сил, які потрібно прикладати до плеча розподіленого маятника два імпульси: перший на початку, а інший в кінці у моменти виходу за встановлені межі.

Структурна схема системи автоматизованого управління в середовищі Simulink/MATLAB, побудована згідно з отриманою моделлю, показана на рис.1,

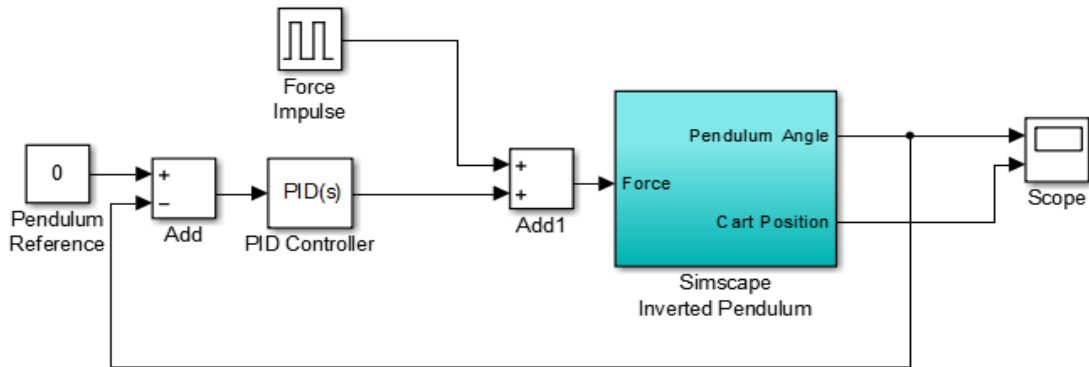


рис.1. Схема системи управління в середовищі Simulink /MATLAB

Приклад одночасного управління положенням маятника і швидкістю руху візка поданий на рис.2.

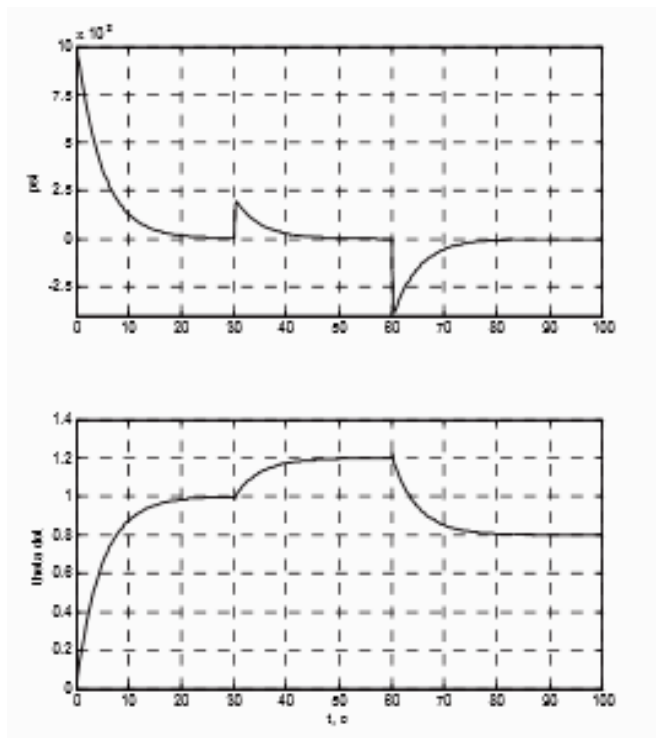


рис. 2 – графіки перехідних процесів під час управління швидкістю руху візка і положенням маятника

На рис.2 подано графіки перехідних процесів кута нахилу маятника ψ та кутової швидкості колеса $\dot{\theta}$ як результат роботи програмної моделі схеми управління на рис.1. У початковому стані маятник розташований практично вертикально, апарат із стану спокою повинен досягнути швидкості обертання колеса в 1 рад/с, зберігаючи вертикальне положення маятника, на тридцятій секунді дається команда збільшити швидкість до 1,2 рад/с, на шістдесятій секунді дається команда знизити швидкість до 0,8 рад/с.

Висновки

Розроблена в роботі удосконалена модель управління транспортною платформою і вантажем у вигляді перевернутого маятника враховує можливість використання потенціальної енергії маятника для зменшення енергетичних затрат на рух транспортного засобу.

Реалізація моделі у середовищі MATLAB/Simulink дозволила визначити залежність руху механічної системи у заданому напрямку від значень параметрів R , m та L , які впливають на конструкцію системи.

Список використаної літератури

1. Y. Kim and J. Kwon, "A robust control method of two-wheeled self-balancing robot", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 65, no. 1, pp. 98-107, Jan. 2018.
2. О. П. Савченко, "Порівняльний аналіз систем керування стабілізацією двоколісних платформ", Техніка і прогрес, vol. 19, no. 1, pp. 105-112, 2023.

Ярослав Юрійович Лужинецький — студент групи 2 АКІТ-23м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: yar300102@gmail.com.

Микола Максимович Биков — професор кафедри комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: nkbykov@vntu.edu.ua.

Yaroslav Y. Luzhineckiy — student of Intelligent Information Technology and Automation Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yar300102@gmail.com.

Mykola M. Bykov — professor of Computer Control System Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nkbykov@vntu.edu.ua.