

УДК 621.8

Підвищення продуктивності конвеєрних ліній

Пальчак В.-Н.С., Нітченко М.С., Муращенко А.М., Губарев О.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Підвищення продуктивності конвеєрних ліній є актуальною проблемою сучасної промисловості, зокрема у галузях, де використовуються горизонтальні стрічкові конвеєри. Одним із ключових напрямків є оптимізація системи управління швидкістю стрічки, що дозволяє зменшити час стабілізації процесу транспортування, мінімізувати енергоспоживання та забезпечити високу надійність обладнання. У даній роботі запропоновано підхід до удосконалення конвеєрних систем шляхом використання PID-регулятора для автоматичного контролю швидкості стрічки транспортера. Розроблено математичну модель системи (рис. 1), яка враховує динамічні характеристики двигуна, навантаження на стрічку та взаємодію між компонентами механічної частини конвеєра. Моделювання проведено у середовищі MATLAB Simulink, де досліджено вплив змінних вхідних параметрів, таких як швидкість обертання двигуна і задана швидкість стрічки, на стабільність роботи системи. Експериментальні результати моделювання демонструють, що впровадження PID-регулятора дозволяє суттєво зменшити амплітуду коливань стрічки при зміні навантаження, скоротити перехідний процес і підвищити точність транспортування продукції.

Ключові слова: конвеєрні лінії; PID-регулятор; підвищення продуктивності; MATLAB Simulink; автоматизація; моделювання; стрічковий транспортер.

Вступ та аналіз літературних даних

Завдяки універсальності та можливості адаптації до різних типів вантажів, конвеєрні системи знайшли застосування в широкому спектрі галузей промисловості. В залежності від вимог до потужності та умов експлуатації можуть використовуватися різні типи приводних систем: електричні, гідравлічні або пневматичні, а в деяких випадках — комбіновані [1-3]. Метою даної роботи є підвищення продуктивності стрічкових конвеєрів.

Матеріали та методи дослідження.

Для визначення впливу вхідних параметрів на вихідні параметри, такі як швидкість та інші, застосовано методику моделювання, а саме в програмному забезпеченні MATLAB Simulink [4]. Для конвеєрної лінії важливим є забезпечення швидкості руху стрічки при будь-яких навантаженнях, тобто система має бути більш стабільною, а значить враховувати гнучкість. PID-регулятор використовується для забезпечення стабільності і точності керування швидкістю стрічки конвеєра.

Отже, при моделюванні було застосовано наступне із відповідними параметрами, Рисунок 1.

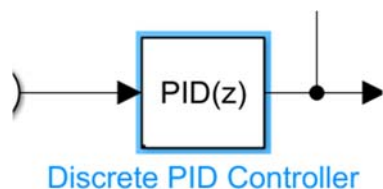


Рис. 1. Модель PID-регулятора

Параметри:

Пропорційний коефіцієнт (K_p): 10.Інтегральний коефіцієнт (K_i): 5.Диференційний коефіцієнт (K_d): 0.

Тип дії: Позиційний PID (Position).

де K_p (пропорційний коефіцієнт) визначає реакцію системи на поточну похибку (різницю між бажаною і фактичною швидкістю стрічки);

K_i (інтегральний коефіцієнт) усуває систематичну похибку, накопичену з часом;

K_d (диференційний коефіцієнт) згладжує коливання при різких змінах сигналу.

Запропонована модель автоматизованої системи управління стрічковим транспортером у середовищі MATLAB Simulink представлена на Рисунку 2.

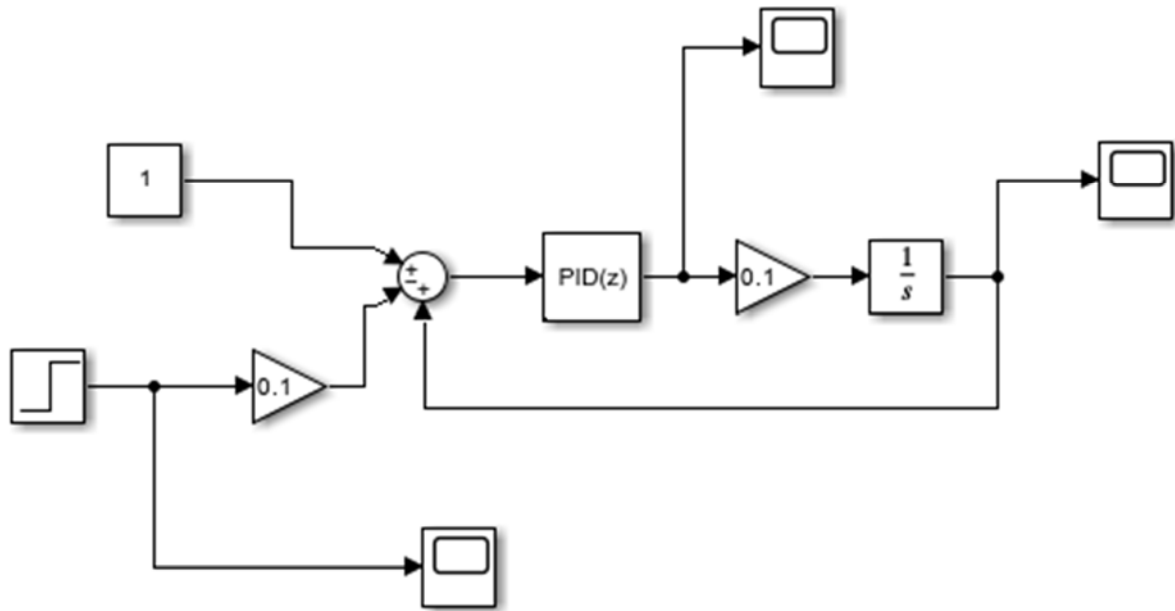


Рис. 2. Схема моделі автоматизованої системи управління стрічковим транспортером

Отримано графік з виходу Integrator, показано на Рисунку 3. Та отримано графік з виходу PID Controller, що показано на Рисунку 4.

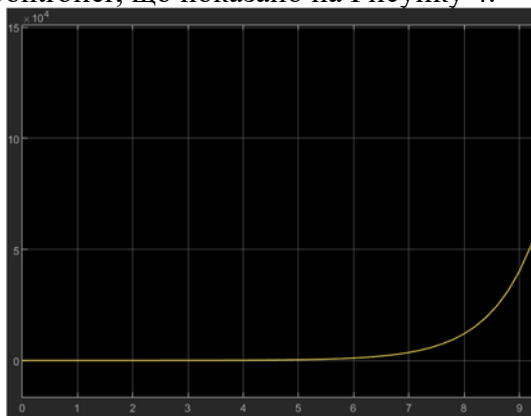


Рис. 3. Графік накопичення

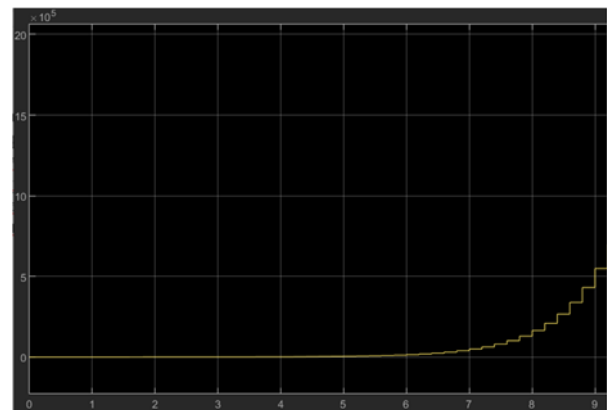


Рис.4. Графік стабілізації

Отриманий графік на рис. 3. показує накопичення сигналу, яке залежить від вхідного значення. До моменту активації Step сигнал на вході інтегратора дорівнює нулю, тому вихід інтегратора також нульовий. Після активації Step інтегратор починає обчислювати накопичене значення, поступово збільшуючи свій вихід. Відображає лінійне прискорення системи або накопичення помилки, якщо сигнал на вході інтегратора — це похибка системи. (Показує накопичувальний ефект змін у системі)

Отриманий графік на рис. 4 - це вихідний сигнал PID-контролера, який формується на основі помилки між заданим (Step) і реальним значенням системи. "Ступінчастий" вигляд сигналу свідчить про те, що система працює в дискретному часі. Відображає регулюючий

вплив контролера, який коригує роботу системи для досягнення заданого значення. Відображає реакцію системи на зміну вхідного сигналу. Графік показує стабілізацію системи після перехідного процесу.



Рис. 5. Графік з виходу Step

На графіку рисунку 4 - це базовий вхідний сигнал для системи. У момент часу, визначений у параметрах блоку Step, сигнал різко зростає з нуля до заданої амплітуди. Відображає задане значення системи або цільову точку, до якої повинна наблизитися система (демонструє зміни вхідного сигналу, який проковує реакцію системи. Різке зростання сигналу до 1 на часі 1 с.).

Висновки.

Ці досягнення мають прямий вплив на збільшення продуктивності виробничих процесів та зниження витрат на експлуатацію і обслуговування конвеєрних ліній.

Запропоноване рішення може бути адаптоване до інших типів конвеєрів, що відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації виробничих систем.

Список літератури

1. Берт, К., Садбері Б. Конвеєри у гірничодобувній промисловості: виклики та рішення // Журнал гірничої інженерії. 2000. С. 50–65. <https://destal.net/industries/girnichodobuvna-promislovist/>
2. Сміт Р., Томас Л. Автоматизація та системи обробки у харчовій промисловості. Лондон: Wiley, 2005. 289 с. <https://zn.ua/ukr/macrolevel/kharchova-promislovist-apetit-khoroshij-ale-je-nad-chim-pratsjuvati.html>
3. Тернер, Д., Браш, Р. Автоматизація в сучасних конвеєрних системах. Берлін: Springer Science, 2010. 320 с. https://propertytimes.com.ua/novosti/nova_poshtaplanue_investuvati_ponad_1mlrd_griven_uinnovatsiyniy_terminal
4. Лазарев Ю. Ф. Довідник з MATLAB : електронний навчальний посібник. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013.

Increasing the productivity of conveyor lines

Palchak Viktoriia-Nataliia, Nitchenko Myroslava, Murashchenko Alona, Gubarev Oleksandr

Enhancing the productivity of conveyor lines is a pressing issue in modern industries, particularly in sectors utilizing horizontal belt conveyors. A key focus is optimizing the belt speed control system to reduce stabilization time for transportation processes, minimize energy consumption, and ensure high equipment reliability.

This study proposes an approach to improving conveyor systems through the use of a PID controller for automatic belt speed control. A mathematical model of the system has been developed, accounting for the dynamic characteristics of the motor, belt load, and interactions between the conveyor's mechanical components. The modeling was conducted in MATLAB Simulink, where the influence of variable input parameters, such as motor speed and the set belt speed, on system stability was analyzed.

Experimental simulation results demonstrate that the implementation of a PID controller significantly reduces belt oscillation amplitudes under varying load conditions, shortens the transient process, and enhances the accuracy of product transportation.

Keywords: conveyor lines; PID controller; productivity improvement; MATLAB Simulink; automation; modeling; belt conveyor.