

**КОНТРОЛЬ ШВИДКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ**

Стаднік Микола Іванович д.т.н., професор
Вінницький національний аграрний університет
Stadnik N.
Vinnytsia National Agrarian University

Анотація: в роботі розглянуто актуальні питання аналізу аналогових та цифрових методів контролю швидкості стрічкових конвеєрів.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, контроль швидкості стрічки, аналоговий, цифровий спосіб, характеристики.

Вступ

Для забезпечення безаварійної експлуатації стрічкових конвеєрів у процесі їх роботи потрібно виконувати безперервний контроль швидкості стрічки й величину пробуксовки стрічки щодо приводного барабана. Це пов'язано з тертям, що виникають при пробуксовці між приводним барабаном конвеєра і стрічкою. Тому контроль відхилення швидкості стрічки (пробуксовки) від її номінального значення є важливим фактором забезпечення безпеки експлуатації стрічкового конвеєра.

Відомі способи контролю швидкісних параметрів конвеєра можна розділити на дві групи - аналогові та цифрові. Кожен із способів має свої переваги і недоліки і може бути застосований в певній області. Метою статті є аналіз можливостей кожного із способів контролю швидкісних параметрів стрічкових конвеєрів.

Аналіз способів контролю швидкісних параметрів стрічкових конвеєрів

Перший спосіб контролю заснований на вимірюванні аналогової величини сигналу датчика швидкості під час роботи конвеєра і порівняння його з еталонними параметрами цього датчика з подальшим формуванням відповідної вихідної дії з урахуванням відхилення величин.

Даний спосіб вимагає лінійної залежності вихідного сигналу, наприклад, напруги від швидкості, він володіє достатньою перешкодозахищеністю від зовнішніх впливаючих чинників, що вносять спотворення в контрольований параметр (наприклад, стикові з'єднання конвеєрної стрічки, що призводять до різкої (помилкової) зміни вихідного сигналу датчика швидкості, висока швидкодія. Однак вихідні характеристики самого поширеного датчика швидкості активного типу ДКС (див. рис.1), мають нелінійність, обумовлену конструкцією датчика, нелінійно також змінюється вихідна напруга датчика від опору навантаження, яка визначається вхідною характеристикою вузлів сполучення.

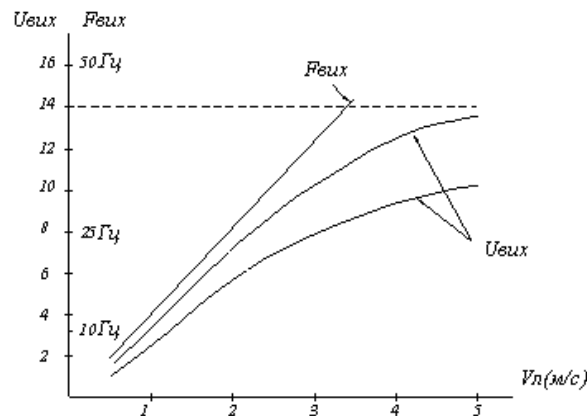


Рис. 1. Експериментальні характеристики датчика ДКС

Значний вплив на характеристики надає технологічний розкид при виготовленні датчиків. Таким чином, вихідний сигнал датчика швидкості U є складною функцією:

$$U = f(V, R_n, R_{вн}, W, T) \quad (1)$$

де: V – швидкість конвеєра;

R_n – опір навантаження;

$R_{вн}$ – внутрішній опір датчика;



W – кількість витків обмоток датчика;

T – технологічний розкид при виготовленні датчика.

Принцип, на якому побудовано більшість апаратів, контролюючих швидкісні параметри конвеєра аналоговим способом, полягає в зміні кута нахилу вихідної характеристики датчика швидкості, тобто поріг спрацьовування схеми підбирається при мінімально контрольованій швидкості, а характеристика датчика підганяється під даний рівень сигналу настроювальним елементом. При цьому процентне відношення зміни вихідної напруги датчика швидкості, в області лінійної залежності цих величин збігається.

Тому, можна з достатньою точністю визначити уставку на аварійне відключення конвеєра в сталому режимі роботи. Що ж стосується розгону конвеєра, де ймовірність виникнення пробуксовки найбільш велика, то використання даного способу в частині контролю пробуксовки одноприводного конвеєра по швидкісній стрічці – проблематично, тому що до повного розгону конвеєра відсутня уставка, що доякої визначається зниження швидкості.

Другий спосіб (метод реалізації – прямий рахунок) заснований на прямому рахунку кількості імпульсів датчика швидкості, рівному

$$N = n \cdot V / l \quad (2)$$

де: N – кількість імпульсів датчика швидкості за 1 с, шт;

n – кількість генерованих імпульсів датчиком швидкості за один оберт, шт.

V – фактична швидкість конвеєра, м/с;

l – довжина окружності датчика швидкості, м.

В даному випадку залежність частоти від швидкості стрічки носить лінійний характер (див. рис.1) і, отже, можлива точність контролю вище ніж у попередньому варіанті. Однак застосування даного способу на практиці досить проблематично, оскільки час вимірювання величини контрольованого параметра, з використанням датчиків швидкості, які серійно випускаються наближається до часової уставки на аварійне відключення конвеєра. Виникає ймовірність помилкового відключення конвеєра, тому що при короткочасному виникненні пробуксовки і її самоусуненні середнє значення контрольованого параметра перевищить аварійну уставку і станеться аварійне відключення конвеєра. Також при використанні даного способу вступають у протиріччя точність і час контролю параметра. Цієї ситуації можна уникнути при використанні датчика швидкості, генеруючого досить велика кількість імпульсів. Однак рішення задачі даними способом, призведе до значного збільшення габаритів датчиків активного типу.

Теоретично похибка даного способу (при допуску, що час рахунку дорівнює часу на аварійне відключення) при i-тій швидкості конвеєра буде дорівнювати

$$\Delta i = 100 / (N_i \cdot t_a) \quad (3)$$

де: N_i – кількість імпульсів датчика швидкості за одну секунду при i-тій швидкості;

t a.- гранична часова уставка на аварійне відключення, с.

Визначимо точність даного способу при швидкості стрічкових конвеєрів, що дорівнює 1,6 м/с.

Згідно з технічною характеристикою конвеєра реальна швидкість стрічки конвеєра має розкид $\pm 10\%$ від номінального значення, визначається точністю виготовлення приводного барабана, його футеровкою, гідромуфтою, тобто в нашому випадку може перебувати в діапазоні від 1,44 м/с до 1,76 м/с. Точність визначається в зоні аварійного відключення конвеєра, тобто при зниженні швидкості стрічки до 75% (1,08 м/с) від номінального значення. Тоді при часовій уставці на аварійне відключення яка дорівнює 4 с і при зміні серійних датчиків типу БКВ або ДКС похибка дорівнює $\pm 1,8\%$. А якщо врахувати, що нормативні документи вимагають контролювати величину пробуксовки відразу ж після пуску конвеєра, тобто в області низьких швидкостей (близько 0,5 м/с), то похибка способу зростатиме до $\pm 4\%$.

Виходячи з вимог, що пред'являються до контролю швидкісних параметрів конвеєра, викладених вище, очевидно, що точність даного способу низька, також низька і його перешкодозахищеність через прийняття рішення за результатами одного виміру, у зв'язку з обмеженням часу на аварійне відключення.

Другий метод реалізації цифрового способу контролю швидкості, використовує частоту, яка залежить від швидкості його обертання (див.рис.2). Однак слід зазначити, що якщо частота вихідного сигналу має лінійну залежність від швидкості, то період – зворотно пропорційну залежність. Один з варіантів використання даного методу заснований на вимірюванні часу імпульсу датчика швидкості. Точність даного способу висока, тому що визначається тактовою частотою контролюючого пристрою, яка може досягати високих значень. Перешкодозахищеність визначається кількістю вимірів та їх усереднення, необхідним для відбудови від технологічного розкиду датчиків. Трудність,



що виникає при реалізації даного методу – нелінійна залежність контрольованого періоду від частоти обертання датчика. Проте при використанні мікропроцесорної техніки, рішення даної задачі труднощів не викликає.

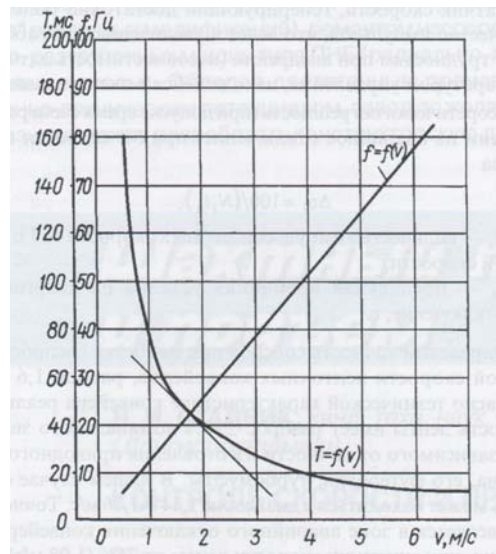


Рис. 2. Залежність частоти (періоду) датчика швидкості від швидкості його обертання

Третій метод (заповнення) реалізації цифрового способу [4] заснований на заповненні високочастотними імпульсами опорного генератора, періоду сигналу датчика швидкості. Сутність даного методу контролю видно з рис.3, де I - нормальний режим, II – зниження швидкості стрічки і барабана; III - пробук-совка, стрічка випереджає барабан; IV – перевищення швидкості стрічки і барабана; V - пробуксовка, барабан випереджає стрічку; 1 - період контролю швидкості стрічки; 2 - період контролю швидкості приводного барабана; 3 - заповнюють імпульси генератора опорної частоти датчика швидкості стрічки; 4 – заповнюють імпульси генератора опорної частоти датчика швидкості барабана.

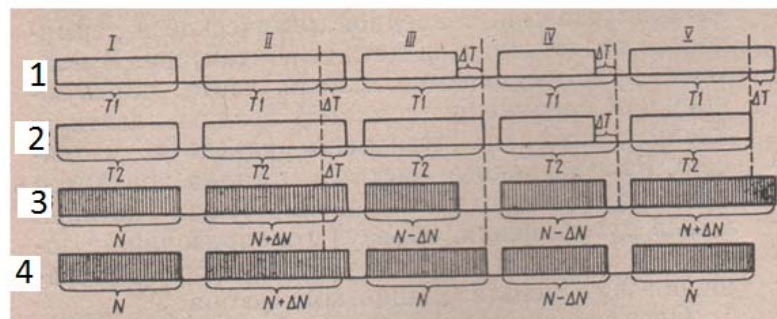


Рис. 3. Контроль швидкості методом заповнення

На підставі заданої тимчасової уставки на відключення і необхідної точності контролю швидкості приймається число імпульсів, що генеруються в процесі вимірювання. Виділяється період T1 (T2), що залежить від частоти обертання датчика швидкості стрічки (барабана), протягом якого формуються імпульси опорного генератора. Припустимо, що при номінальній швидкості обертання датчика кількість генерованих імпульсів дорівнює N, тоді при зменшенні швидкості їх число зростає на ΔN, так як збільшиться час рахунку на ΔT, а частота високочастотних імпульсів залишиться колишньою. При зростанні швидкості період скоротиться на ΔT, зменшиться і число імпульсів заповнення ΔN. Причому відхилення швидкості від номінального значення і виміряна кількість імпульсів мають нелінійну залежність (як і період від швидкості). Так, відхилення при підвищенні швидкості має вигляд:

$$V_+ = 10000 / (100 - \Delta N) - 100 \quad (4)$$

де: ΔN - різниця вимірних імпульсів і кількості імпульсів, що визначають номінальне значення швидкості;

при зниженні швидкості:

$$V_- = 100 - 10000 / (\Delta N + 100) \quad (5)$$



Для спрощення обчислення відхилення швидкості від зміни кількості імпульсів, дробово-раціональна функція залежності періоду від швидкості, апроксимується лінійними функціями на ділянках відхилення швидкості від -25 до +8%, при різних контрольованих швидкостях. При цьому виникає помилка, рівна

$$\Delta V_i = k_i \cdot x + b_i - k^*/x \quad (6)$$

де: k_i - кутовий коефіцієнт лінійної функції, в діапазоні i -ї контрольованої швидкості;

b_i - постійна величина лінійної функції в діапазоні i -ї контрольованої швидкості ;

k^* - коефіцієнт апроксимованої дробово-раціональної функції.

Величина максимальної помилки, що виникає при визначенні швидкості даними способом, не перевищує 1.9% (помилка визначалася при номінальних швидкостях конвеєра: 1; 1.2; 1.6; 2; 3.15 м/с і їх розкиді 10%). Слід зазначити, що дана помилка відноситься тільки до відображення проміжних значень вимірюваної величини на відміну від прямого рахунку, де точність впливає і на величину уставки аварійного відключення. Рішення поставленої задачі методом апроксимації необхідно використовувати при побудові апаратури автоматизації на базі "жорсткої" логіки, при застосуванні мікропроцесорної техніки, з метою значного зменшення помилки проміжних значень швидкості, обчислення необхідно проводити безпосередньо з дробово-раціональної функції. Пробуксовування стрічки щодо приводного барабана визначається як різниця числа імпульсів, прийнятих за час контролю швидкості стрічки та барабану. У зв'язку з тим, що датчик контролю швидкості приводного барабана видає частоту, не кратнучастоті датчика стрічки, яка визначається діаметром приводного барабана та їх типорозмірами, з'являється відсоток неузгодженості періоду опитування (частоти) датчиків в режимі контролю пробуксовки. Фактичне відношення кількості цілих періодів, що надходять від датчика приводного барабана до датчика швидкості стрічки дорівнює N/n . Тоді відсоток неузгодженості буде дорівнює:

$$\Delta = (N/n - K) / K \cdot 100 \quad (7)$$

де: K – кількість наведених імпульсів датчика швидкості стрічки. Тому в даному випадку стоїть завдання не тільки коригування нелінійної залежності частоти заповнюваних імпульсів від періоду обертання датчика швидкості, але і усунення неузгодженості між датчиками швидкості стрічки приводного барабана.

Висновки

Цифровий спосіб з заповненням періоду є найбільш прийнятний у зв'язку з малим технологічним розкидом параметрів, що складають його основу, з використанням будь-якого серійно випускається датчика швидкості, з завданням будь-якої точності вимірювання, яка визначається кількістю імпульсів опорного генератора. Виходячи з вищевикладеного аналізу способів контролю швидкісних параметрів стрічкового конвеєра, можна зробити висновок про те, що при проектуванні систем управління і контролю конвеєрного транспорту аналоговий спосіб контролю можна використовувати тільки в діапазоні швидкостей 0.5 - 3 м/с, при досить низькій точності відображення вимірюваної величини. При проектуванні апаратури автоматизації, виконаної на базі мікропроцесорної техніки необхідно використовувати цифровий спосіб контролю, що забезпечує виконання всіх вимог щодо точності контролю, швидкодії і перешкодозахищеності.

Список літератури

1. Стадник Н.И. Справочник по автоматизации шахтного конвейерного транспорта / Н.И. Стадник и др. - Киев: Техника, 1992, 437 с.
2. Устройство контроля скорости и пробуксовки ленточного конвейера УКПС. Руководство по эксплуатации - Днепропетровск.

References

1. Stadnik N.I. Spravochnik po avtomatizatsii shakhtnogo konveyyernogo transporta / N.I. Stadnik i dr .. - Kiyev : Tekhnika , 1992 , 437 s
2. Ustroystvo kontrolya skorosti i probuksovki lentochnogo konveyyera UKPS . Rukovodstvo po ekspluatatsii - Dnepropetrovsk.

КОНТРОЛЬ СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Аннотация: в работе рассмотрены актуальные вопросы анализа аналоговых и цифровых методов контроля скорости ленточных конвейеров.

Ключевые слова: ленточный конвейер, контроль скорости ленты, аналоговый, цифровой способ, характеристики.

CONTROL OF SPEED PARAMETERS OF BELT CONVEYORS

Summary: the paper discusses topical issues of analysis of analog and digital methods of speed control of belt conveyors.

Keywords: belt conveyor, speed control tape, similar to g, beet, digital method, characteristics are.