

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ПНЕВОТРАНСПОРТНОЇ УСТАНОВКИ МЛИНА З ФАЗИ-КЕРУВАННЯМ

П. Б. Клендій, кандидат технічних наук

Г. Я. Клендій, інженер

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

О. П. Дудар, інженер

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж»

e-mail: pklen_@i.ua

Анотація. У програмному пакеті Matlab проведено дослідження енергозберігаючої системи пневмотранспортної установки млина Р6-АВМ-15 з фазі-керуванням, де визначено енергоефективні режими роботи пневмомережі при трикутній функції належності фазі-регулятора.

Ключові слова: *пневмотранспортна установка, фазі-керування, функція належності, нечітка система автоматичного керування*

Для транспортування зерна та продуктів його помелу на сучасних борошномельних підприємствах широко використовується пневмотранспорт. Гідравлічну потужність, яку розвиває повітродувна машина, споживають, в основному, пневмотранспортери – до 90 %. Зменшення енергоємності цього елемента установок набуває особливо важливе значення. Основна умова зменшення витрат енергії – реалізація оптимальних в енергетичному відношенні режимів транспортування в межах реальних практичних діапазонів навантаження, діаметрів і довжини матеріалопроводів, характерних для пневмотранспортних установок борошномельних заводів. Аналіз режимів їх роботи передбачає зменшення робочих швидкостей повітря в матеріалопроводах до величин, мінімально допустимих при забезпеченні стійкості процесу переміщення продуктів.

Однак робота при мінімальних швидкостях повітря вимагає більш точного налаштування пневмотранспортної установки на прийнятний раціональний режим. Забезпечення достатніх для транспортування продуктів швидкостей повітря в матеріалопроводах, об'єднаних загальним колектором при зміні в них навантаження виявляється практично неможливим без автоматичних пристроїв або без значних резервів швидкостей за ручного регулювання. Будь-яке коливання навантаження в будь-якому матеріалопроводі змінює його гідравлічний опір і приводить до перерозподілу витрат повітря в інших пневмотранспортерах. При роботі з мінімальними швидкостями повітря (без запасу) перерозподіл витрат може викликати порушення стійкості транспортування (завал) в окремих матеріалопроводах.

Останніми роками системи керування з використанням математичного апарату нечіткої логіки (фазі-логіки) почали застосовувати для керування різними об'єктами [1], зокрема різного роду приводами.

В [2] було розглянуто основні принципи та правила побудови й функціонування фазі-регуляторів.

Мета досліджень – побудувати енергозберігаючу систему пневмотранспорту млина Р6-АВМ-15 та визначити енергоефективні режими роботи.

Матеріали та методика досліджень. На рис. 1 наведено функціональну схему нечіткої системи автоматичного регулювання (САР) швидкості руху аеросуміші в пневмотранспортері, яка за структурою подібна до традиційної схеми керування й відрізняється тільки алгоритмом функціонування регуляторів. Задане значення швидкості ω_3 формується блоком задання 3, на виході елемента порівняння виробляється сигнал розузгодження $\Delta\omega$ – різниця сигналу задання ω_3 і сигналу ω , отриманого від датчика швидкості ДШ. Керуючим впливом є напір Н на виході виконавчого пристрою – вентиляційної установки ВУ. При моделюванні враховується збурення α – зміна завантаження пневмотранспортерів.

Обчислювальний пристрій ОП, в системі що розглядається, виконує функції попередньої обробки і розраховує необхідні значення вхідних сигналів фазі-регулятора. Сигнали з виходу ОП надходять до блоку, який реалізує нечітке керування БНК.

Властивості й можливі варіанти побудови систем керування визначаються видами функцій належності та використовуваними вхідними сигналами фазі-регулятора.

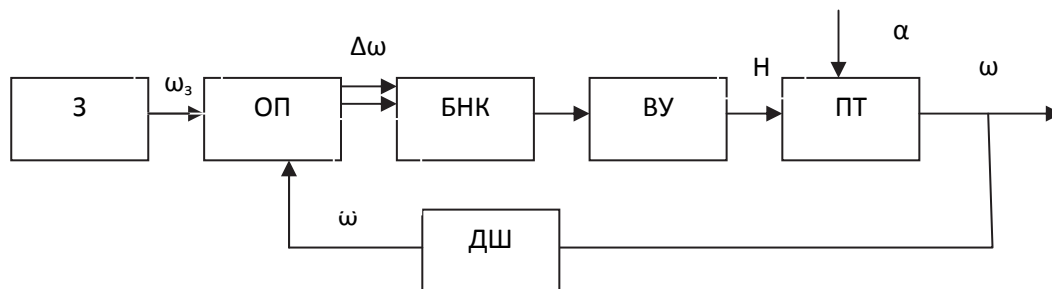


Рис. 1. Функціональна схема нечіткої системи автоматичного регулювання

1. Використовувані вхідні сигнали фазі-регулятора

Відхилення швидкості	Відхилення швидкості та похідна відхилення швидкості
$\Delta\omega$	$\Delta\omega, \frac{d\Delta\omega}{dt}$

У САР швидкості руху аеросуміші можна використовувати такі вхідні сигнали фазі-регулятора (табл. 1).

Формальне визначення нечіткої множини не накладає ніяких обмежень на вибір конкретної функції належності, тобто такої функції $\mu_A(x)$

(рис. 2) нечіткої множини A , яка ставить у відповідність кожному з елементів x дійсне число з інтервалу $[0; 1]$ для його представлення. На практиці зручно використовувати ті з них, які можуть бути аналітично представлені простою математичною функцією. Це спрощує не тільки відповідні числові розрахунки, але й скорочує обчислювальні ресурси регуляторів, необхідні для зберігання окремих значень цих функцій належності. Відповідно, вибір виду функції належності в системі нечіткого керування є важливою задачею проектування фазі-регулятора. Для систем керування технологічними об'єктами [6] найбільш доцільним вважається використання видів функцій, графічне представлення і аналітичний опис яких наведено в табл. 2.

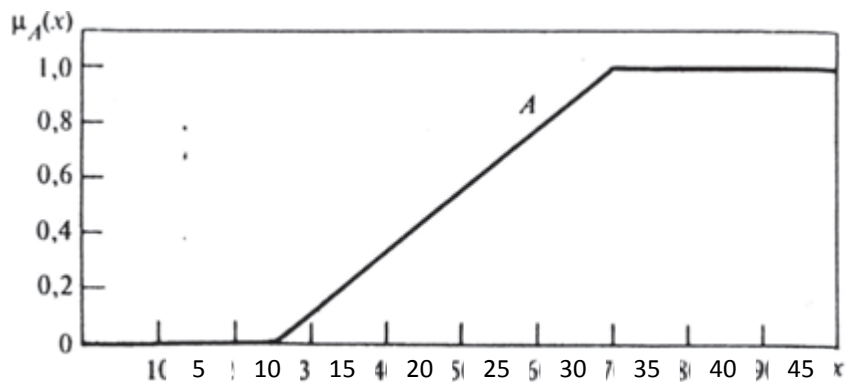


Рис. 2. Функція належності нечіткої множини A

Основний вибір виду функцій належності та вхідних сигналів для конкретного регулятора температури доцільно провести на основі дослідження якості й точності регулювання.

Система з фазі-логікою є суттєво нелінійною і не може бути досліджена аналітично, тому було використано метод структурного моделювання в програмному пакеті *MatLab*, додатках *Simulink*, *Fuzzy Logic Toolbox*, необхідних для аналізу і синтезу систем керування, заснованих на нечіткій логіці [3],[4].

2. Види функцій належності, які використовуються в САР

Вид функції	Графічне подання	Аналітична формула
Трикутна		$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & c \leq x \end{cases}$

Результати досліджень. Ця система електрообладнання буде підтримувати потрібні значення технологічних параметрів (Н, Q) для

нормальної роботи пневмережі з раціональним використанням електроенергії. На рис. 3 і 4. показано зміну швидкості (v) аеросуміші у найбільш завантаженому продуктопроводі та тиску (H) у колекторі пневмосистеми при пуску пневмотранспорту млина. Після запуску вентиляційної установки й відсутності навантаження розрідження в колекторі пневмосистеми і рух в продуктопроводі сягають, відповідно, 2850 Па і 30.4 м/с.

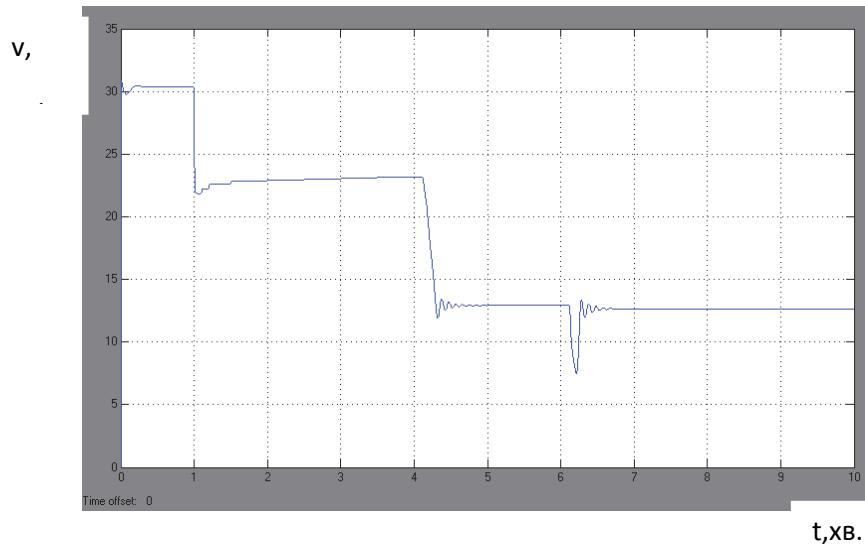


Рис. 3. Зміна швидкості аеросуміші в часі залежно від режиму роботи пневмосистеми

Через 1 хв після пуску проходить послідовне завантаження продуктопроводів пневмосистеми. При цьому тиск зростає до 3200 Па, а швидкість зменшується до 23.2 м/с. На 4 хв роботи систему переводять в енергозберігаючий режим, швидкість руху аеросуміші зменшується до 12.6 м/с, а тиск – до 1850 Па.

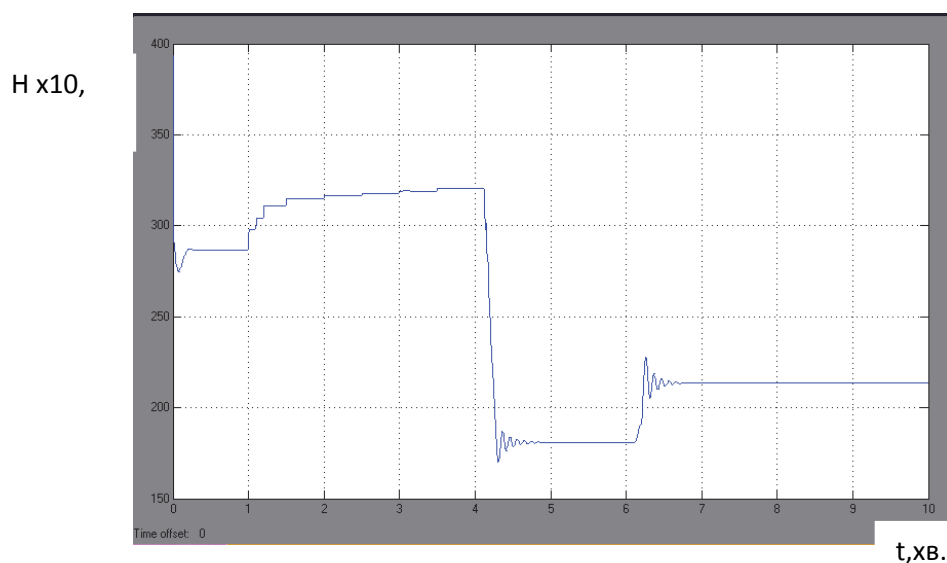


Рис. 4. Зміна тиску в колекторі залежно від режиму роботи пневмосистеми

Оскільки потужність, що споживається вентиляційною установкою

$$P = \frac{kQH}{\eta_m}, \quad (1)$$

де k – постійний коефіцієнт;

$\eta_m = f(Q)$ – ККД вентиляційної установки, то зменшення тиску в 1.73 раза і швидкості руху аеросуміші в 1.84 раза в енергозберігаючому режимі, порівняно з цими параметрами у звичайних (нерегульованих) режимах роботи приводить до зменшення споживаної потужності у 3.2 раза. Але на 6 хв роботи млина в енергозберігаючому режимі різко зростає навантаження (на 20% номінального), а швидкість в найбільш завантаженому продуктопроводі падає і зростає розрідження в колекторі пневмосистеми (рис. 3 і 4). Якщо не збільшити при цьому швидкість обертання вентиляційної установки, то станеться завал продуктопроводу. Причому реакція системи регулювання на різке зменшення швидкості спрацьовує протягом 0.5–0.7 с. Система регулювання зумовлює збільшення швидкості вентиляційної установки і пневмосистема виходить на новий енергозберігаючий режим (рис 3 і 4). При цьому швидкість аеросуміші знову досягає 12.6 м/с, а розрідження в колекторі – 2100 Па.

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать, що:

- мінімально допустима швидкість аеросуміші в найбільш завантаженому продуктопроводі становить 12 м/с;
- швидкодія системи достатня щоб не виникали завали в пневмотранспортерах у разі різкого збільшення їх завантаження;
- використання фазі-регулятора дозволяє підтримувати мінімально-допустиму швидкість аеросуміші при стохастичному завантаженні пневмотранспортерів, що дає змогу економити електроенергію;

Список літератури

1. FUZZY-системи – новий технологічний інструмент управління / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, К. О. Липківський, В. В. Кирик // Технічна електродинаміка. – 2001. – № 3. – С. 17–20.
2. Семенцов Г. Н. Аналіз і вибір форми функцій належності для фазифікації вхідних сигналів систем контролю і управління / Г. Н. Семенцов, О. В. Фадєєва // Вісник Хмельницького національного університету (Вісник Технічного університету Поділля). Технічні науки. – 2006. – № 1. – С. 219–225.
3. Леоненков А. А. Нечеткое моделирование в бреде Matlab и fuzzy Tech / А. А. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005.
4. Клендій П. Б. Математична модель процесу пневмотранспортування сипких матеріалів в продуктопроводі / П. Б. Клендій, Г. Я. Клендій, С. В. Гайдукевич // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2008. – Т. 13, № 1. – С.119–124.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ МЕЛЬНИЦЫ С ФАЗЗИ-УПРАВЛЕНИЕМ

П. Б. Клендий, Г. Я. Клендий, О. П. Дудар

Аннотация. *В программном пакете Matlab проведено исследование энергосберегающей системы пневмотранспортной установки мельницы Р6-АВМ-15 с фаззи-управлением, где определены энергоэффективные режимы работы пневмосети при треугольной функции принадлежности фазе-регулятора.*

Ключевые слова: *пневмотранспортна установка, фаззи-управление, функция принадлежности, нечеткая система автоматического управления*

RESEARCH OF ENERGY KEEPING OF PNEUMOTRANSPORT INSTALLATIONS OF MILL WITH FUZZY-CONTROL

P. Klendiy, G. Klendiy, O. Dudar

Annotation. *In the article in software package Matlab is made the research of energy keeping system of pneumotransport installation of mill P6-AVM-15 with fuzzy-management where is defined energy efficient modes of work of pneumonet by three-cornered independent function of fuzzy-controller.*

Key words: *pneumotransport installation, fuzzy-management, independent function, vaguely system of automatic management*