

УДК 004.9:681.5

А.П. Волівач, Ю.О. Лебеденко, Д.А. Зайцев
Київський національний університет технологій та дизайну
yurii.lebedenko@gmail.com

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ФАРБУВАННЯ ПРЯЖІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА

У сучасному виробництві пряжі однією з ключових задач є обробка її пакувань з метою забезпечення водовідштовхувальних або негорючих властивостей, а також отримання певного кольору. Однак, автоматизація процесів фарбування залежить від методу фарбування, який може включати використання поточкових ліній безперервного фарбування або апаратів періодичної дії [1]. При цьому, апарати періодичної дії можуть суттєво відрізнятися один від одного за складом устаткування та кількістю виконавчих механізмів, що призводить до різноманіття технологічних режимів. Тому автоматизація процесів на апаратах періодичної дії потребує розроблення та створення програмних систем керування, які можуть виконувати всі можливі технологічні режими [2]. Наприклад, ефективне управління швидкістю обертання текстильного пакування можна забезпечити шляхом застосування електропривода з жорсткими механічними характеристиками, зміна крутного моменту на валу якого майже не впливає на кутову швидкість.

Класичний підхід до побудови системи керування за принципом підпорядкованого регулювання має свої недоліки, оскільки він базується на певних параметрах навантаження, що потребують переналагодження коефіцієнтів при зміні структури навантаження. Щоб забезпечити ефективне регулювання процесом рідинної обробки пакувань при зміні параметрів об'єкта, необхідно застосовувати сучасні підходи до побудови регуляторів. Один з перспективних напрямків розвитку методів управління полягає в застосуванні регуляторів на основі нечіткої логіки [3].

Метою цього дослідження є розробка моделі нечіткого виводу для створення регулятора швидкості обертання текстильного пакування, який зможе адаптуватись до зміни параметрів об'єкта [4, 5].

Розглянемо приклад синтезу системи управління швидкістю обертання текстильного пакування із нечітким регулятором (НР) (рис. 1).

Варто зазначити, що для ефективного управління швидкістю обертання текстильного пакування з урахуванням зміни його структури необхідно мати систему, яка буде аналізувати наступну інформацію: відхилення вхідного струму асинхронного двигуна від номінального, щоб запобігти перевантаженню привода; відхилення кутової швидкості обертання від заданої, щоб забезпечити стабільну роботу устаткування; відхилення моменту на валу двигуна від заданого, щоб забезпечити точність обертання та уникнути пошкоджень.

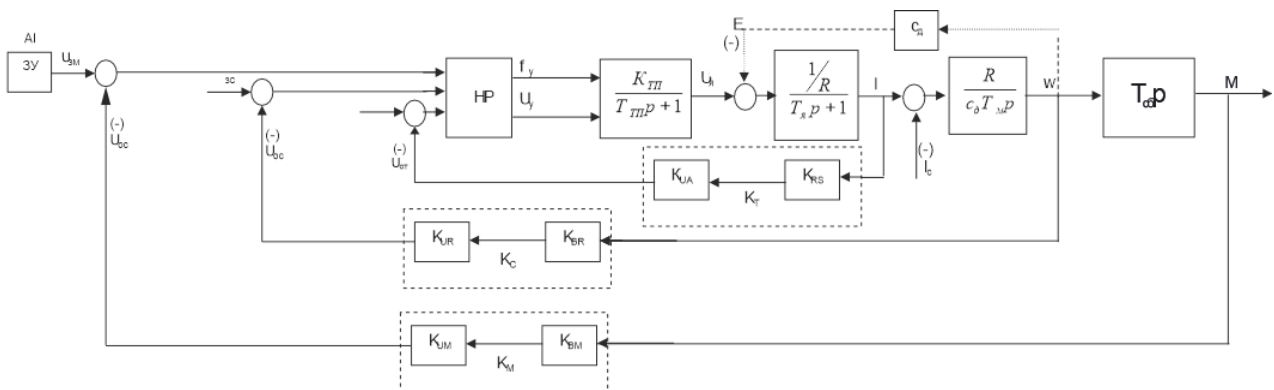


Рисунок 1 – Структурна схема системи управління швидкістю обертання текстильного пакування із нечітким регулятором

Для забезпечення стабільної й ефективної роботи устаткування ці параметри необхідно постійно вимірювати, з метою подальшого використання для налаштування нечіткого регулятора швидкості, що дозволить адаптуватись до зміни параметрів об'єкта.

Щоб зрозуміти, як працює система нечіткого виводу, потрібно мати базу правил та функції належності, що відповідають лінгвістичним термінам. База правил містить умови у вигляді "ЯКЩО-ТО", а функції належності описують ступінь приналежності вхідного сигналу до кожного з лінгвістичних термінів. Система нечіткого виводу збирає інформацію про вхідні параметри, застосовує базу правил та функції належності, і на основі цього видає вихідні параметри. В програмному пакеті Fuzzy Logic Matlab цей процес здійснюється автоматично, що значно спрощує розробку імплементації алгоритму оптимального управління [6].

В ході дослідження було застосовано модель нечіткого виводу Мамдані, яка є однією з найпоширеніших моделей нечіткого виводу і включає чотири етапи: фазифікацію вхідних параметрів, визначення правил нечіткого виводу, агрегацію правил та дефазифікацію. У цій моделі використовуються три типи функцій належності: трикутна, трапецієподібна та гауссівська. Ці функції дозволяють описувати нечіткі зв'язки між вхідними та вихідними параметрами. Після фазифікації вхідних параметрів, застосовуються правила нечіткого виводу, які визначають відповідність вхідних значень вихідним. Потім проводиться агрегація правил, яка дозволяє об'єднати різні правила і визначити значення вихідних параметрів на основі ваги кожного правила. Завершальним етапом є дефазифікація, яка перетворює нечітке значення на чітке число, що є вихідним значенням системи управління [7].

Для реалізації моделі було задано лінгвістичні терми й базу правил для вхідних і вихідних змінних.

Лінгвістичні терми: негативне: low; близьке_до_номіналу: mid; позитивне: high

Терм-множини вхідних нечітких лінгвістичних змінних та обмеження для них мають вигляд:

1. ΔI - відхилення вхідного струму асинхронного двигуна від номінального:

$$dI = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\},$$

при обмеженні $\Delta I \in [-\Delta I_{max} \dots \Delta I_{max}]$, що вказує на максимально допустиму різницю між номінальним струмом і максимально припустимим струмом для даного типу асинхронного двигуна

2. $\Delta \omega$ – відхилення кутової швидкості обертання від заданої величини:

$$d\omega = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\},$$

при обмеженні $\Delta \omega \in [-\Delta \omega_{max} \dots \Delta \omega_{max}]$, яке означає, що швидкість обертання двигуна може відхилятися на максимально допустиме значення від заданої частоти обертання..

3. ΔM – відхилення моменту на валу двигуна від заданого:

$$dM = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\},$$

при обмеженні $\Delta M \in [-\Delta M_{max} \dots \Delta M_{max}]$, яке означає, що різниця між заданим моментом і максимально допустимим моментом може бути не більшою за встановлене значення.

Терм-множини вихідних нечітких лінгвістичних змінних та обмеження для них мають вигляд:

4. f – частота на виході перетворювача:

$$f = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\},$$

обмеження $f \in [0 \dots f_{max}]$ означає максимально допустиму частоту живлення.

5. U – діюче значення напруги на виході перетворювача:

$$U = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\},$$

обмеження $f \in [0..f_{\max}]$ означає максимально припустиму напругу живлення для певного типу асинхронного двигуна.

Результат сформованих правил-продукції наведено на рис. 2 [8].

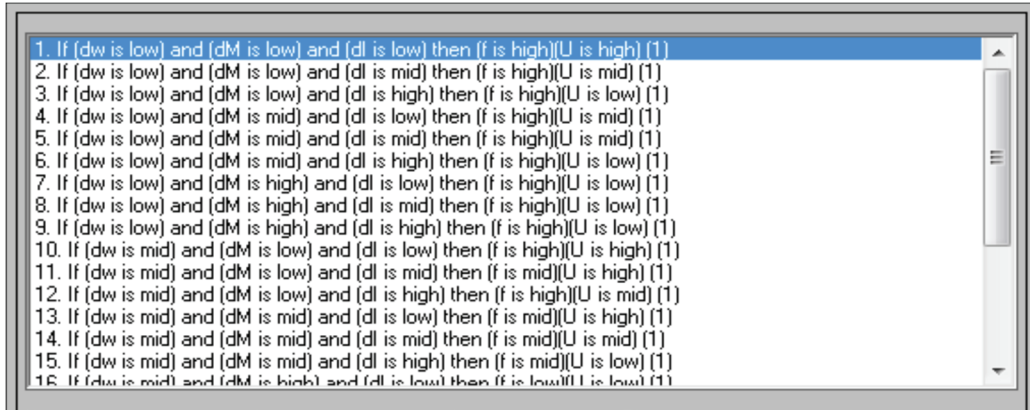


Рисунок 2 – Евристичні правила-продукції

Застосування даних правил, дозволяє створити нечітку модель визначення параметрів (U, f) живлення асинхронного двигуна. Функції належності для кожного терму лінгвістичних змінних наведено на рис. 3, 4.

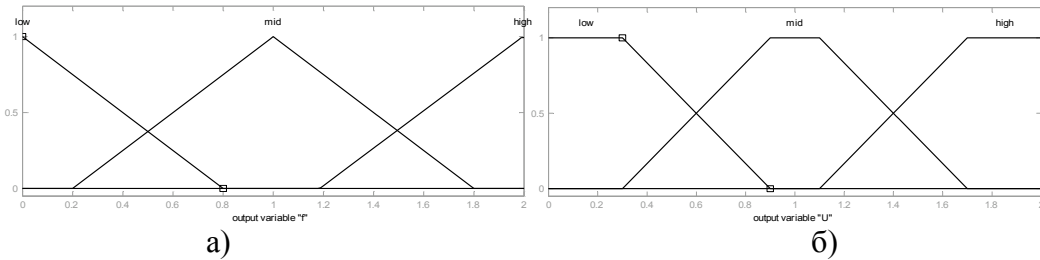


Рисунок 3 – Функції належності терм-множин вихідних змінних нечіткої моделі визначення параметрів живлення АД: а) частота f ; б) напруга U

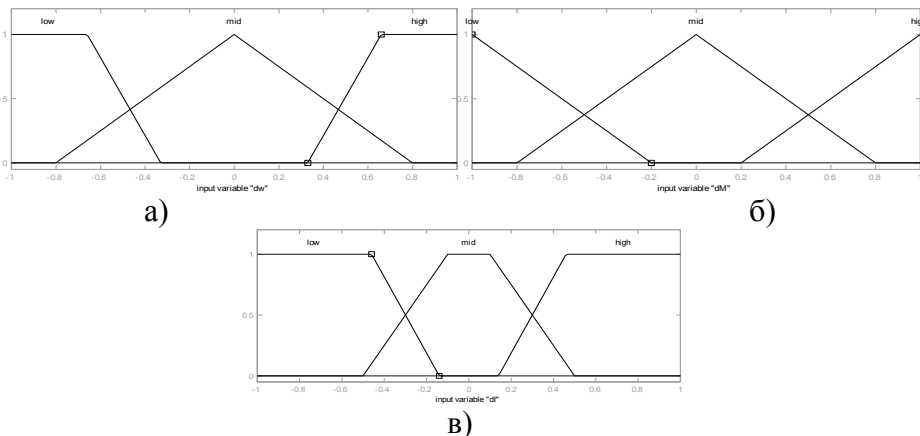


Рисунок 4 – Функції належності терм-множин вхідних змінних нечіткої моделі визначення параметрів живлення АД: а) відхилення за швидкістю $d\omega$; б) відхилення моменту dM ; в) відхилення струму dl

Отже, в результаті проведення аналізу робочого циклу механізму обертання текстильного пакування було запропоновано систему керування швидкістю обертання.

Розглянуто два підходи до побудови системи автоматичного управління: багатоконтурну систему зі зворотними зв'язками за струмом, моментом і швидкістю та на основі нечіткого регулятора.

Задачею наступних досліджень є оцінка ефективності запропонованих рішень засобами. Попередні результати комп'ютерного моделювання показали, що зміна параметрів передатної функції пакування меншою мірою впливає на якість перехідного процесу системи з нечітким регулятором, ніж на багатоконтурну систему.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Слізков А.М., Щербань В.В., Красницький С.М., Демківська Т.І. Прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення. Монографія. К. : КНУТД, 2013. 223 с.
2. Сыс В.Б. Развитие научных основ создания гибкой технологии жидкостной обработки нитей в паковках: дис. доктора техн. наук: 27.05.2008 Херсон, 2008. 327 с.
3. Лебеденко Ю.О., Тимофеев К.В., Тимофеев Л.К., Сис В.Б. Нечітка модель регулятора привода зі змінним моментом інерції. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2013. №2(47). С. 182-186.
4. Baban, Calin Florina, Baban, Mariusa, Suteu, Marius Dariusb. Using a fuzzy logic approach for the predictive maintenance of textile machines. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2016, vol. 30, no. 2, pp. 999-1006.
5. L. Dranyshnykov. Fuzzy Modeling in Control System. *Mathematical modeling*, № 1(46) (2022), pp. 7-15,
6. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
7. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech. С.-Птб.: БХВ, 2003. 720 с.
8. Fuzzy Logic Toolbox. Design and simulate fuzzy logic systems. UKR: <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>