

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ РЕГУЛЯТОРА ПРИВОДА ЗІ ЗМІННИМ МОМЕНТОМ ІНЕРЦІЇ

Вступ. У сучасних умовах безперервного росту вартості енергоресурсів багато раніше створених технологій стають нерентабельними або малорентабельними, що негативно відбивається на конкурентоспроможності виробленої продукції. Це особливо стосується найбільш енерговитратних технологій, які містять електроприводи, параметри навантаження яких залишаються невизначеними та змінюються у часі. Наприклад, у текстильній промисловості, при рідинній обробці ниток у пакуваннях розподіл потоку розчину між сотнями пакувань, установлених усередині автоклава, носить невизначений характер, що ускладнює контроль процесу обробки та не дозволяє завершити його за мінімально необхідний проміжок часу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У приводах зі змінним моментом інерції зміна введеного моменту значно впливає на перехідні процеси в електроприводі, що приводить до значного недовикористання його можливостей.

Зменшення впливу змін введеного моменту інерції можливе за рахунок вводу позитивного зворотного зв'язку за швидкістю на вхід регулятора струму [2]. Проте, структура системи керування таким електроприводом висуває додаткові вимоги щодо динаміки та швидкодії її складових частин. Завдяки позитивному зворотному зв'язку можливі різкі зміни завдання з виходу регулятора струму, які система керування разом із силовим перетворювачем повинні оперативної відпрацювати.

Іншим напрямком вирішення проблеми ефективного керування при зміні параметрів навантаження двигуна є застосування систем безпосереднього виміру крутного моменту на основі оптичних та індуктивних датчиків [3]. Але, багатоконтурні системи керування із лінійними регуляторами можуть забезпечити ефективне керування лише в певному діапазоні зміни параметрів навантаження.

Перспективним напрямком вирішення зазначеної проблеми є впровадженню нечітких алгоритмів керування приводом [4]. Техніка нечіткої логіки є вигідною в тих випадках, коли в процесі роботи виникає дефіцит інформації про елементи вектору стану системи, що характерно для режимів роботи електропривода, наприклад, ткацьких пакувань, коли алгоритм роботи та зовнішні впливи на навантаження є недетермінованими у часі та в просторі.

Метою роботи є розробка та дослідження нечіткої моделі регулятора системи керування приводом зі змінним моментом інерції на прикладі технологічного процесу рідинної обробки ткацьких пакувань.

Основний матеріал.

Система управління швидкістю обертання текстильного пакування з урахуванням зміни його структури повинна аналізувати наступну інформацію:

- відхилення вхідного струму асинхронного двигуна від номінального для запобігання перевантаження привода;
- відхилення кутової швидкості обертання від заданої;
- відхилення моменту на валу двигуна від заданого.

Зауважимо, що вихідними параметрами системи управління асинхронним двигуном є:

- частота напруги на виході частотного перетворювача;
- величина напруги на виході частотного перетворювача.

Розглянемо реалізацію алгоритму оптимального управління на основі системи нечіткого виводу.

Основою для проведення операції нечіткого логічного виводу є база правил, що містить нечіткі висловлення у формі "ЯКЩО-ТО" і функції належності для відповідних лінгвістичних термів [5].

У загальному випадку механізм логічного виводу включає чотири етапи: введення нечіткості (фазифікація), нечіткий вивід, композиція й приведення до чіткості, або дефазифікація. Алгоритми нечіткого виводу розрізняються головним чином видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації. Для розробки системи доцільно використовувати модель нечіткого виводу Мамдані [20].

Спираючись на алгоритм дії системи управління та на чисельні дані, на основі нечітких множин сформуємо базу правил про параметри живлення асинхронного двигуна привода для рідинної обробки текстильного пакування.

Задамо 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:

- ΔI - відхилення вхідного струму асинхронного двигуна від номінального:

$$dI = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\}, \Delta I \in [-\Delta I_{\max} \dots \Delta I_{\max}].$$

Для терму dI обмеження $\pm \Delta I_{\max}$ означає максимально можливу різницю між номінальним струмом та максимально припустимим для певного типу асинхронного двигуна.

- $\Delta \omega$ - відхилення кутової швидкості обертання від заданої:

$$d\omega = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\}, \Delta \omega \in [-\Delta \omega_{\max} \dots \Delta \omega_{\max}]$$

Для терму $d\omega$ обмеження $\pm \Delta \omega_{\max}$ означає максимально можливе розузгодження за швидкістю обертання двигуна та заданою частотою обертання.

- dM - відхилення моменту на валу двигуна від заданого:

$$dM = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\}, \Delta M \in [-\Delta M_{\max} \dots \Delta M_{\max}].$$

Для терму dM обмеження $\pm \Delta M_{\max}$ означає максимально можливу різницю між заданим моментом та максимально припустимим.

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

- f – частота на виході перетворювача:

$$f = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\}, f \in [0 \dots f_{\max}].$$

Для терму f обмеження f_{\max} означає максимально припустиму частоту живлення для певного типу асинхронного двигуна.

- U – діюче значення напруги на виході перетворювача:

$$U = \{\langle \text{low} \rangle, \langle \text{mid} \rangle, \langle \text{high} \rangle\}, U \in [0 \dots U_{\max}]$$

Для терму U обмеження U_{\max} означає максимально припустиму напругу живлення для певного типу асинхронного двигуна.

Евристичні правила-продукції формуються таким чином:

1. If (dw is low) and (dM is low) and (dl is low) then (f is high) and (U is high)
2. If (dw is low) and (dM is low) and (dl is mid) then (f is high) and (U is mid)
3. If (dw is low) and (dM is low) and (dl is high) then (f is high) and (U is low)
4. If (dw is low) and (dM is mid) and (dl is low) then (f is high) and (U is mid)
5. If (dw is low) and (dM is mid) and (dl is mid) then (f is high) and (U is mid)
6. If (dw is low) and (dM is mid) and (dl is high) then (f is high) and (U is low)
7. If (dw is low) and (dM is high) and (dl is low) then (f is high) and (U is low)
8. If (dw is low) and (dM is high) and (dl is mid) then (f is high) and (U is low)
9. If (dw is low) and (dM is high) and (dl is high) then (f is high) and (U is low)
10. If (dw is mid) and (dM is low) and (dl is low) then (f is high) and (U is high)
11. If (dw is mid) and (dM is low) and (dl is mid) then (f is mid) and (U is high)
12. If (dw is mid) and (dM is low) and (dl is high) then (f is high) and (U is mid)
13. If (dw is mid) and (dM is mid) and (dl is low) then (f is mid) and (U is high)
14. If (dw is mid) and (dM is mid) and (dl is mid) then (f is mid) and (U is mid)
15. If (dw is mid) and (dM is mid) and (dl is high) then (f is mid) and (U is low)
16. If (dw is mid) and (dM is high) and (dl is low) then (f is low) and (U is low)
17. If (dw is mid) and (dM is high) and (dl is high) then (f is low) and (U is low)
18. If (dw is high) and (dM is low) and (dl is low) then (f is low) and (U is high)
19. If (dw is high) and (dM is low) and (dl is mid) then (f is low) and (U is high)
20. If (dw is high) and (dM is mid) and (dl is mid) then (f is low) and (U is mid)
21. If (dw is high) and (dM is mid) and (dl is high) then (f is low) and (U is low)
22. If (dw is high) and (dM is high) and (dl is low) then (f is low) and (U is low)
23. If (dw is high) and (dM is high) and (dl is mid) then (f is low) and (U is low)
24. If (dw is high) and (dM is high) and (dl is high) then (f is low) and (U is low)

Спираючись на ці правила, можливе створення нечіткої моделі визначення параметрів (U , f) живлення асинхронного двигуна.

Графічне зображення моделі нечіткого виводу по Мамдані наведено на рис.4.3.

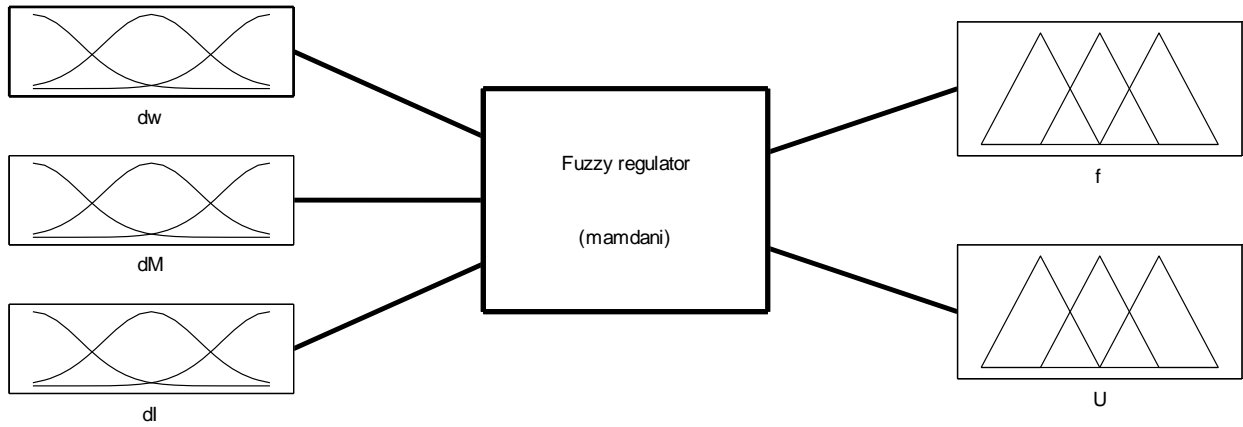


Рис. 1 Нечітка модель визначення параметрів (U, f) живлення асинхронного двигуна

Функції належності для кожного терму кожної лінгвістичної змінної наведено на рис. 2, 3.

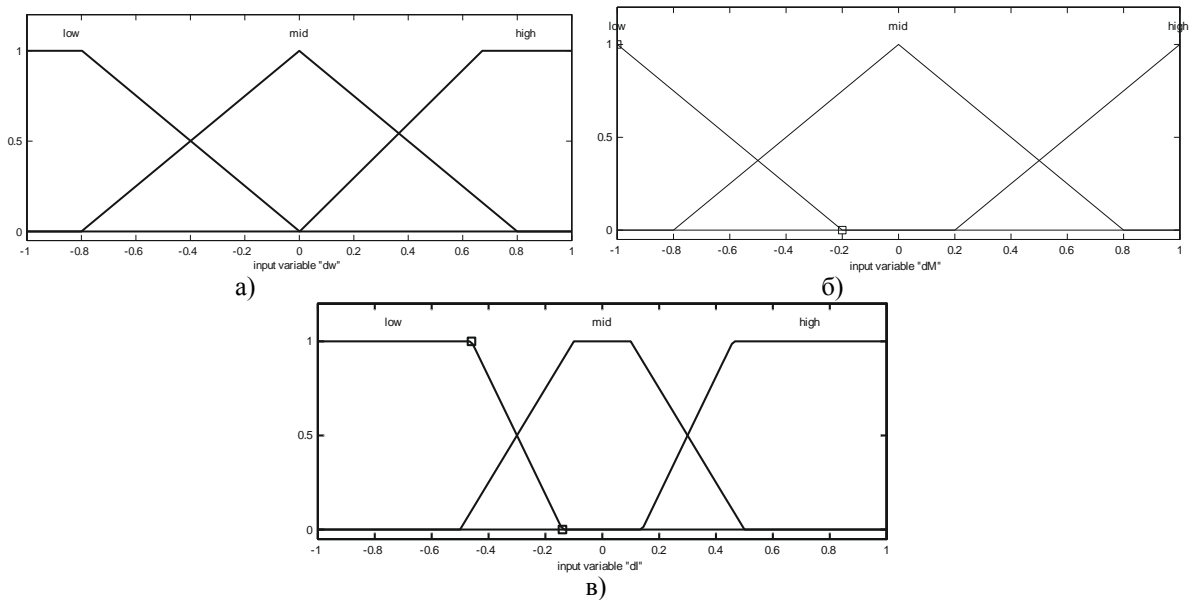


Рис. 2 Функції належності терм-множин вхідних змінних нечіткої моделі визначення параметрів живлення АД:

- а) відхилення за швидкістю $d\omega$;
- б) відхилення моменту dM ;
- в) відхилення струму dI

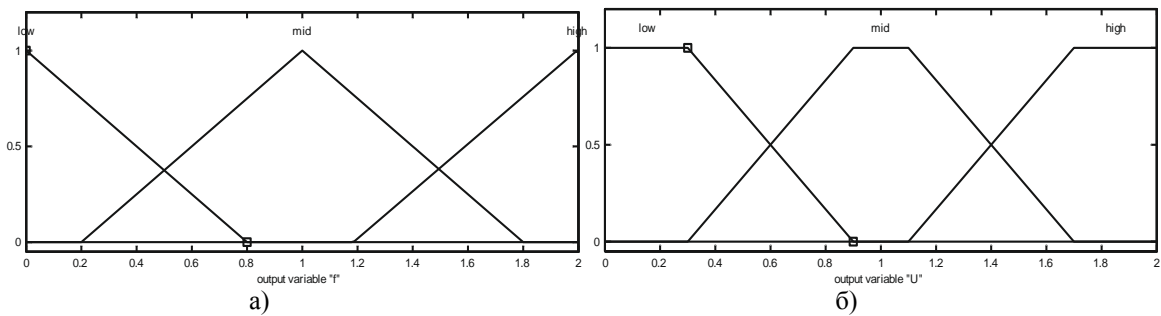


Рис. 3 Функції належності терм-множин вихідних змінних нечіткої моделі визначення параметрів живлення АД:

- а) частота f ;
- б) напруга U

Кожному введеному правилу привласнюється ваговий коефіцієнт, рівний 1.

Для дослідження регулятора із нечіткою моделлю було використано прикладну програму MatLab FIS Editor.

Функції належності будуються згідно вказаним вище графікам, база правил задається за допомогою вбудованого редактора.

Після проведених процедур отримуємо поверхні рішення для різних комбінацій змінних.

Поверхня рішення наведена на рис. 4. Результати моделювання процедури нечіткого виводу для визначення параметрів живлення двигуна наведено на рис. 5.

У випадку, зображеному на рис. 5.3 ситуація змодельована для вхідних змінних: $d\omega = 0.3 \Delta\omega_{\max}$, $dM = -0.4 \Delta M_{\max}$, $dI = -0.2 \Delta I_{\max}$. Вихідні змінні показують, що для даного запиту частота повинна складати $f=1,07f_{\text{ном}}$, напруга $U=1,12U_{\text{ном}}$.

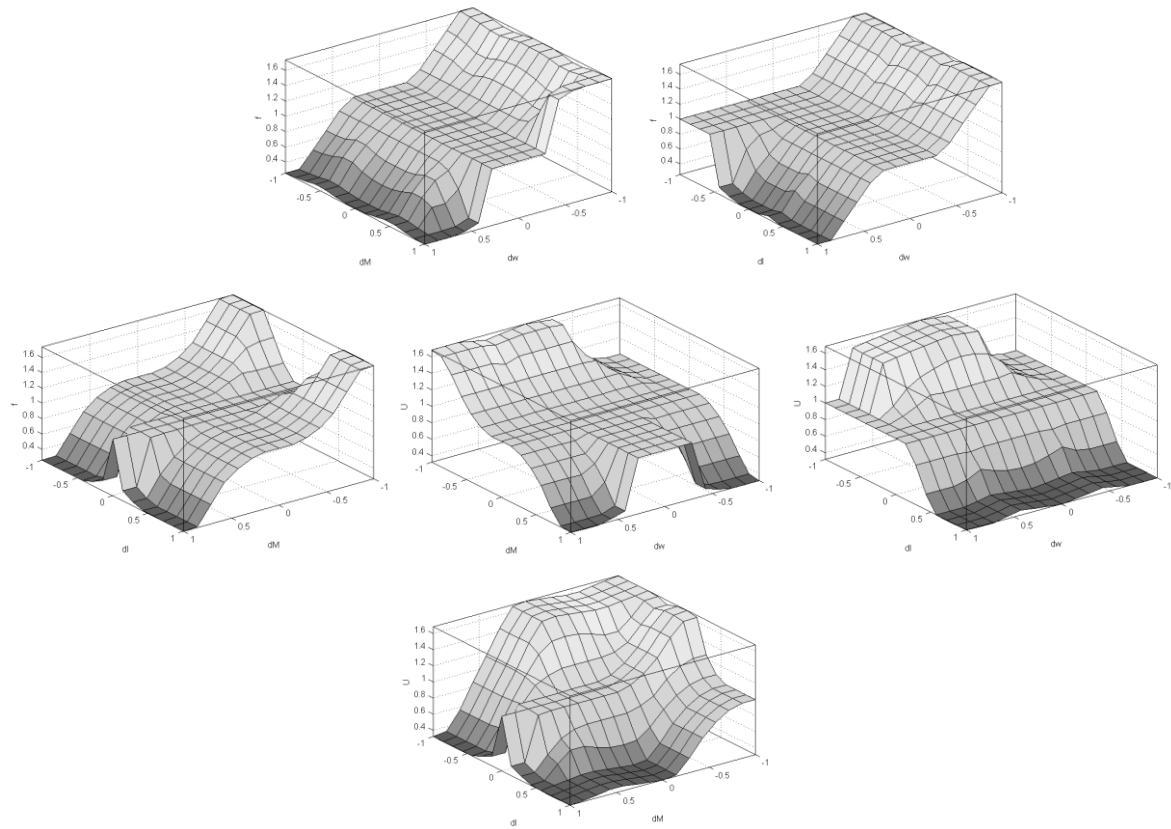


Рис. 4 Поверхні рішення

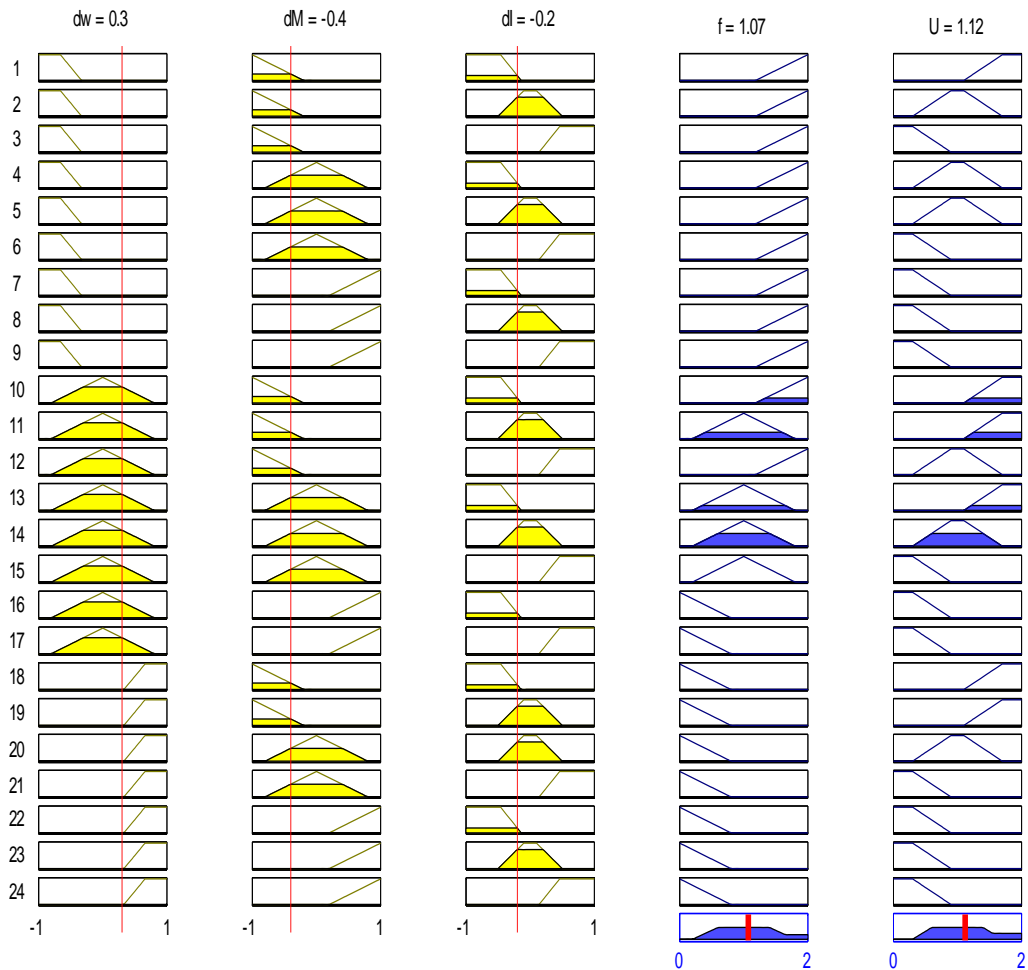


Рис. 5 Результати моделювання нечіткого виводу

Як показали попередні результати комп'ютерного моделювання системи керування приводом із нечітким регулятором, зміна параметрів передатної функції пакування впливає в меншому ступені на якість перехідного процесу системи з нечітким регулятором у порівнянні із багатоконтурною системою керування

Висновки.

Використання моделей нечіткого виводу для побудови регуляторів систем керування електроприводів технологічних установок, параметри об'єктів в яких змінюються у часі або є невизначеними, дозволяє забезпечити інваріантність в широких межах при відносно простому алгоритмі керування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сыс В. Б. Развитие научных основ создания гибкой технологии жидкостной обработки нитей в паковках: дис. доктора техн. наук: 27.05.2008/Сыс Вячеслав Борисович. – Херсон, 2008. – 327с.
2. Пат. № 36098А, Україна, МПК G05B13/02, G05B11/01. Слідкуючий електропривод зі змінним моментом інерції / Аркадьев В.Ю., Лебеденко Ю.О., Пекеліс Д.А., Балін Г.М., Боярчук В.П.; заявник і патентовласник Херс. держ. технічний ун-тет. - № 99115980; заявл. 02.11.1999; опубл. 16.04.2001, Бюл. №3. – 2 с.
3. Попов А.П. Микропроцессорная система бесконтактного контроля и измерения крутящего момента / А.П. Попов, М.Р. Винокуров, А.А. Моисеенко //Вестник ДГТУ, 2010. Т.10. №2(45). – С. 243-248.
4. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech. Леоненков А. Ю. - С. - Птб.: БХВ, 2003. - 720 с.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / Штовба С.Д. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

ЛЕБЕДЕНКО Юрій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси:

- оптимальне управління складними системами.

ТИМОФЕЄВ Костянтин Васильович – к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси:

- цифрові та мікропроцесорні системи керування технологічними процесами.

ТИМОФЕЄВ Лев Костянтинович – магістр кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету

Наукові інтереси:

- цифрові та мікропроцесорні системи керування технологічними процесами.

СИС В'ячеслав Борисович - доктор технічних наук, професор Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання складних систем.