

ПОБУДОВА ЛОКАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА ПРОЦЕСУ ДРУГОЇ САТУРАЦІЇ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

І.І. Пархоменко

А.П. Ладанюк, доктор технічних наук

В.Д. Кишенько, кандидат технічних наук

Український державний університет харчових технологій

Підтримувати більшість технологічних параметрів цукрового виробництва в оптимальних режимах, де характерним є високий рівень невизначеності (стабілізація сокового потоку, тривалість фільтрування, регулювання рН у певних точках процесу очищення дифузійного соку), можна за допомогою нечітких інтелектуальних регуляторів [4].

Найважливішим моментом у процедурі синтезу нечіткого регулятора є добір і відповідність правил регулювання, тобто створення таблиці лінгвістичних правил (ТЛП) на базі правил, продукції [2].

Динаміка процесу другої сатурації описується таблицею лінгвістичних правил (табл. 1), де pH^2 і $\dot{p}H^2$ — лінгвістичні змінні відповідно виходу і швидкості змінення виходу, U — лінгвістична змінна керування.

Табл. 1 вміщує висловлювання типу
ЯКЩО $U \in ДВ$, $pH^2 \in НУ$, ТО $\dot{p}H^2 \in ДВ$.

Таблиця 1

		pH^2						
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
U	ВВ	НУ	ВМ	ВС	ВВ			
	ВС	ДМ	НУ	ВМ	ВС			
	ВМ	ДС	ДМ	НУ	ВМ			
	НУ	ДВ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВВ
	ДМ				ДМ	НУ	ВМ	ВС
	ДС				ДС	ДМ	НУ	ВМ
	ДВ				ДВ	ДС	ДМ	НУ

Таблицю лінгвістичних правил побудовано на базі реакції об'єкта на стрибкоподібні зміни керування природною мовою. Тут ВВ, ВС, ВМ, НУ, ДМ, ДС, ДВ (від'ємно велике, від'ємно середнє, від'ємно мале, нуль, додатно мале, додатно середнє, додатно велике) — значення (терми) лінгвістичних змінних, які описуються відповідними нечіткими підмножинами, що задані на універсальній мно-

Застосовано лінгвістичний підхід для синтезу нечіткого локального регулятора процесу другої сатурації. Визначено таблицю лінгвістичних правил керування цим процесом. Розглянуто основні етапи створення нечіткого локального регулятора для керування процесом другої сатурації.

Использован лингвистический подход для синтеза нечеткого локального регулятора процесса второй сатурации. Определена таблица лингвистических правил управления данным процессом. Рассмотрены основные этапы создания нечеткого локального регулятора для управления процессом второй сатурации.

жині. В табл. 1 усталені режими об'єктів визначаються тими станами U^2 , pH^2 , $\dot{p}H^2$, для яких $\dot{p}H^2 = НУ$. Із ТЛП видно, що для кожного терма керувального діяння існує усталений стан об'єкта [3]. Наприклад, якщо початковий стан об'єкта визначається такими змінними: $pH^2 = ДВ$, $\dot{p}H^2 = ВВ$, $U^2 = ВС$, то при незмінному керуванні (тобто при $U^2 = ВС = const$) перехідний процес переходить в усталений стан: $pH^2 = ВС$ і $\dot{p}H^2 = НУ$ (див. другий рядок ТЛП). А для початкового стану $pH^2 = ВС$, $\dot{p}H^2 = ДВ$, $U^2 = ДВ$ усталений стан об'єкта буде: $pH^2 = ДВ$, $\dot{p}H^2 = НУ$ при $U^2 = ДВ$ (див. третій рядок ТЛП).

Подібно до аналітичної форми подання динамічних об'єктів лінгвістичну модель процесу другої сатурації можна формально показати в такому вигляді:

$$\begin{cases} \dot{p}H = f^n(pH, U) \\ y = G^n(pH) = pH \end{cases}, \quad (1)$$

де f^n — ТЛП із входами U і pH .

Оскільки входом замкненої системи є задавальне діяння q , яке подається на позитивний вхід порівняльного пристрою, а на негативний вхід його — поточне значення параметра pH , то

$$y = x; e = q - x, \quad (2)$$

де e — похибка керування.

Тоді лінгвістичний опис порівняльного пристрою буде мати вигляд

$$e = C^2(pH, q), \quad (3)$$

причому лінгвістичні змінні y^2 і pH^2 набувають таких значень:

$q \in T^*(q)$						
ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ

(4)

$pH \in T^*(pH)$						
ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ

Із виразів (2) випливає, що терми похибки ідентичні термам виходу об'єкта pH і завдання q .

На базі виразів (2)–(4) визначаємо лінгвістичний опис порівняльного пристрою, який зображено у вигляді *табл. 2*.

Таблиця 2

		y						
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
pH	ВВ	НУ	ДМ	ДС	ДВ	ДВ	ДВ	ДВ
	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ	ДВ	ДВ
	ВМ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ	ДВ
	НУ	ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
	ДМ	ВВ	ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС
	ДС	ВВ	ВВ	ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ
	ДВ	ВВ	ВВ	ВВ	ВВ	ВС	ВМ	НУ
		e						

Інформація про швидкість зміння похибки визначається за виразом (при $q = \text{const}$)

$$e = -\frac{dpH^2}{dt} = -\dot{pH}^2, \quad (5)$$

а для відповідних нечітких підмножин

$$\mu(e) = S_\mu(\mu(\dot{pH})), \quad (6)$$

тобто терми e^2 і pH^2 протилежні відносно лінгвістичної похибки.

Бажаний перехідний процес замкненої системи буде подано у вигляді ТЛП $\dot{pH} = V(pH, q)$ (*табл. 3*).

Таблиця 3

		pH^2						
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
q	ВВ	НУ	ВМ	ВС	ВВ			
	ВС	ДМ	НУ	ВМ	ВС			
	ВМ	ДС	ДМ	НУ	ВМ			
	НУ	ДВ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВВ
	ДМ				ДМ	НУ	ВМ	ВС
	ДС				ДС	ДМ	НУ	ВМ
	ДВ				ДВ	ДС	ДМ	НУ
		\dot{pH}^2						

Враховуючи вирази (1)–(6) і *табл. 2*, *табл. 3* можна зобразити в координатах похибки та швидкості її зміння, тобто у вигляді ТЛП замкненої системи (*табл. 4*) $e = F(e, y)$, де для усталеного режиму $e^2 = \dot{e}^2 = НУ$. В такому випадку на основі залежностей (3) і (6), а також *табл. 1* при $y^n = НУ$ складаємо ТЛП розімкненої системи, тобто об'єкта з пристроєм порівняння (*табл. 5*):

$$\mu(e) = S_\mu(\mu(\dot{pH}));$$

$$\mu(\dot{e}) = S_\mu(\mu(\dot{pH}^2)). \quad (7)$$

Таблиця 4

		e						
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
q	ВВ	ДВ	ДС	ДМ	НУ			
	ВС		ДС	ДС	НУ	ВМ		
	ВМ			ДМ	НУ	ВМ	ВС	
	НУ	ДВ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВВ
	ДМ		ДС	ДМ	НУ	ВМ		
	ДС			ДМ	НУ	ВС	ВС	
	ДВ				НУ	ВМ	ВВ	ВВ
		\dot{e}						

Таблиця 5

		e						
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
U	ВВ			ДВ	ДС	ДМ	НУ	
	ВС			ДС	ДМ	ДУ	ВМ	
	ВМ			ДМ	НУ	ВМ	ВС	
	НУ	ДВ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВВ
	ДМ	ДС	ДМ	НУ	ВМ			
	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС			
	ДВ	НУ	ВМ	ВС	ВВ	ВМ	ВВ	ВВ
		\dot{e}						

Тепер задача синтезу формулюється таким чином: треба визначити таку структуру ТЛП нечіткого локального регулятора процесу другої сатурації, яка переводить об'єкт керування (див. *табл. 1* та *5*) із початкового стану

$$pH_0^2, \dot{pH}_0^2 \text{ чи } e_0^2, \dot{e}_0^2 \quad (8)$$

в кінцевий стан

$$pH_m^2, \dot{pH}_m^2 \text{ чи } e_k^2, \dot{e}_k^2. \quad (9)$$

Наприклад, система із початкового стану $pH_0^2 = НУ$, $\dot{pH}_0^2 = НУ$, $q^2 = ДС$ ($e_0^2 = ДС$, $\dot{e}_0^2 = НУ$, $q^2 = НУ$) переходить у кінцевий стан $pH_m^2 = ДС$, $\dot{pH}_m^2 = НУ$, $q^2 = ДС$ ($e_k^2 = НУ$, $\dot{e}_k^2 = НУ$, $q^2 = НУ$) з бажаною якістю перехідного процесу (див. *табл. 3* чи *4*).

Лінгвістичний синтез нечіткого локального регулятора можна здійснити відповідно до таких схем [1]:

$$\begin{aligned} &(\text{нечіткий об'єкт}) \times (\text{нечіткий регулятор}) \rightarrow \\ &\rightarrow (\text{замкнена система}) \end{aligned} \quad (10)$$

або

$$\begin{aligned}
 & (\text{нечіткий об'єкт}) \times (\text{нечіткий пристрій} \\
 & \text{порівняння}) \times (\text{замкнена система}) \rightarrow \\
 & \rightarrow (\text{нечіткий локальний регулятор}). \quad (11)
 \end{aligned}$$

Схема (11) зручніша для лінгвістичного синтезу, а (10) — для лінгвістичного аналізу замкненої системи керування.

Об'єднавши *табл. 5* і *4*, матимемо лінгвістичні правила регулювання (*табл. 6*).

Таблиця 6

		е						
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ
U	ВВ	ДВ	ДС	ДМ	ДВ	ДС	ДМ	НУ
	ВС		ДС	ДС	ДС	ДМ	НУ	ВМ
	ВМ			ДМ	ДМ	НУ	ВМ	ВС
	НУ	ДВ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВВ
	ДМ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВМ		
	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВС	ВС	
	ДВ	НУ	ВМ	ВС	ВВ	ВМ	ВВ	ВВ
		é						

На базі (7), (12) і *табл. 6* маємо

$$U = H^n(e, \acute{e}), \quad (12)$$

тобто лінгвістично синтезовану ТЛП нечіткого локального регулятора процесу другої сатурації (*табл. 7*).

Висновок. На базі лінгвістичного синтезу визначена ТЛП (*табл. 7*) нечіткого локального регулятора процесу другої сатурації, яка має входи і похибку e та швидкість змінення похибки \acute{e} , причому не-

Таблиця 7

		e							
		ВВ	ВС	ВМ	НУ	ДМ	ДС	ДВ	
é	ВВ		ДВ	ДС	ДМ	ДВ	ДС	ДМ	НУ
	ВС			ДС	ДС	ДС	ДМ	НУ	ВМ
	ВМ				ДМ	ДМ	НУ	ВМ	ВС
	НУ		ДВ	ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВВ
	ДМ		ДС	ДМ	НУ	ВМ	ВМ		
	ДС		ДМ	НУ	ВМ	ВС	ВС	ВС	
	ДВ		НУ	ВМ	ВС	ВВ	ВМ	ВВ	ВВ
		U							

заповнену частку табл. 7 можна доповнити логічно з урахуванням зворотного зв'язку системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алиев Р.А., Абдикаев Н.М., Шахназаров И.М. Производственные системы с искусственным интеллектом: — М.: Радио и связь, 1990. — 264 с.
2. Алиев Р.А., Церковный А.В., Матедова П.А. Управление производством при нечетной исходной информации: — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 249 с.
3. Бабаев М.Д., Гасанов Н.С. Оценка параметров динамических моделей атмосферной колонны установки ЭЛОУ АВТ. — Информ. листок АзНИИТИ. Сер. Химия и нефтепереработка. — 1986. — № 1. — С. 1-2.
4. Пархоменко Г.І., Кишенько В.Д. Розроблення бази знань нечітких регуляторів у цукровому виробництві // Тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. "Розроблення та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання в харчовій та переробній промисловості". — К, 1997. — С. 139.

Одержана редколегією 18.12.2000 р.