

Синтез регуляторів з типовими нечіткими перетвореннями

Дурняк Б.В., Луцків М.М., Федина Б.І.

Українська академія друкарства

м. Львів, Україна

fedynabogdana@gmail.com

Анотація—Розроблено типові нечіткі перетворення для синтезу і визначення параметрів налаштування нечітких регуляторів, впорядковано процедуру нормалізації сигналу похибки регулювання та її похідної, фазифікації, дефазифікації, логічного виводу і формування регулюючої дії на об'єкт. Запропоновано методіку визначення параметрів налаштування нечітких регуляторів для статичних об'єктів різного порядку на основі їх моделі. Подані результати імітаційного моделювання, які підтвердили ефективність запропонованого методу визначення параметрів налаштування нечітких регуляторів. Встановлено, що вони забезпечують роботу системи при зміні параметрів об'єкта в широких межах.

Ключові слова—синтез, нечіткий регулятор, параметри, налаштування, схема, модель, симулювання.

Вступ

Сучасний стан виробництва, вимоги щодо якості виготовленої продукції ставлять нові задачі до розроблення систем автоматичного керування технологічними процесами і об'єктами при неповній інформації про об'єкт і зміні його параметрів та дії різних впливів. Основним недоліком традиційних регуляторів є те, що вони не забезпечують якості регулювання при зміні параметрів об'єкта і обмеженні регулюючої дії на об'єкт. Натомість, нечіткі регулятори значно краще регулюють об'єкти із змінними параметрами [1, 4]. На сьогодні не виявлено загальноприйнятих обґрунтованих універсальних методів синтезу і визначення параметрів нечітких регуляторів, що унеможливує їх оптимізацію і налаштування [1, 3]. Для синтезу застосовують різноманітні нечіткі перетворення, що ускладнює їх розробку та впровадження в промисловість [1, 2]. Тому задача синтезу регуляторів з типовими нечіткими перетвореннями є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зазвичай нечіткі регулятори будують за паралельною схемою, на вхід якої подаються нормалізовані сигнали похибки регулювання, після чого формують П-, І-, Д-складові управління, які піддають різноманітним нечітким перетворенням на основі яких формують регулюючу дію на об'єкт. У монографіях [1, 3] подано різні версії нечітких регуляторів, бази нечітких правил, структурні схеми регуляторів, приклади нестационарних систем, результати імітаційного

моделювання, графіки перехідних процесів для різних типів об'єктів.

Виклад основного матеріалу

На основі накопиченого авторського досвіду, моделювання, синтезу і налаштування параметрів нечітких регуляторів для впорядкування процедур нормалізації сигналу похибки та її похідної, фазифікації, висновкування, логічного виводу, денормалізації управління у табл. 1 систематизовані основні типові нечіткі перетворення, які необхідні для визначення параметрів нечіткого регулятора, а також для формування регулюючої дії на об'єкт. У таблиці Y_0 – задане зна-

Табл. 1
Основні нечіткі перетворення

Нормалізація вхідних сигналів	Похибка	$e = \frac{Y_0 - Y}{Y_0}$
	Похідна	$\frac{T_s}{T_s + 1} e$
Фазифікація функції належності	Лінгвістичні змінні, 3FN, В, Н, D	
Висновкування, логічний вивід Мамдані, max	$V^*, H^*, D^*, U_H = \mu_{PE}, \text{SUM}$	
Денормалізація виводу управління	$U = MU_H + U_0, U_0 = \frac{1}{k_0} Y_0$	
Регулююча дія на об'єкт	$V = U + U_0$	

чення регульованої величини, Y – вихід об'єкта, – нормований сигнал похибки, U_H – нормоване управління, U_0 – сигнал зміщення управління, k_0 – коефіцієнт передачі об'єкта, – стала часу диференціальної ланки, – масштабний коефіцієнт, V – регулююча дія на об'єкт. Для спрощення моделювання, дослідження і налаштування параметрів нечітких регуляторів побудовано структурну схему моделі нечіткої системи керування в пакеті MATLAB/Simulink, яка складається із трьох основних блоків: нормованого нечіткого алгоритму управління, блоків фазифікації і висновкування та об'єкта регулювання.

На основі результатів імітаційного моделювання запропоновано визначити параметри нечіткого регулятора статичних об'єктів різного порядку, які зведені у табл. 2. Параметри налаштува-

Табл. 2
ПАРАМЕТРИ НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОГО
ПД-РЕГУЛЯТОРА

Перерегулювання	T	МП	МД
5%	0,05 τ	0,2/a	6 τn
20%	0,06 τ	0,5/a	7 τn

ння визначаються на основі аналізу перехідного процесу при одиничній ступеневій дії на об'єкт шляхом проведення дотичної через точку перегину кривої, де τ – час зміщення дотичної, a – відрізок, який відсікає дотична при досягненні осі Y , МП, МД – масштабні коефіцієнти для П- та Д-складових управління (параметри налаштування), n – порядок об'єкта регулювання.

Для прикладу на рис. 1 подані результати імітаційного моделювання роботи нечіткого ПД-регулятора при ступеневому завданні на вході нечітких систем $Y_0 = 100$, налаштованих на основі табл. 2 на 20% перерегулювання у вигляді графіків процесів для об'єктів другого, третього і четвертого порядків для заданих сталих часу ($T_i = 0,5; 0,3; 0,2; 0,1$).

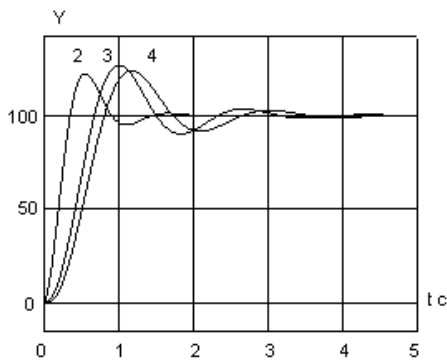


Рис. 1. Графіки перехідних процесів в системі з нечітким ПД-регулятором для об'єктів різного порядку

Перехідні процеси в системі з нечітким ПД-регулятором одержані на основі табличних даних налаштування мають перерегулювання близьке до 20%. Збільшення порядку об'єкта зменшує швидкодію системи, що фізично спричинене підвищенням інерційності об'єкта. Якщо важливо забезпечити відпрацювання великих збурень на об'єкт, тоді необхідно збільшити коефіцієнт передачі інтегральної складової, а також збільшити коефіцієнт передачі Д-складової.

Подані результати дослідження властивостей системи з нечітким ПД-регулятором і системи з традиційним ПД-регулятором при зміні параметрів об'єкта регулювання. Для прикладу прийнято статичний об'єкт третього порядку з параметрами: $k_0 = 1$, $T_i = 5; 3; 2$. Визначено параметри традиційного ПД-регулятора: $K = 4$, $I = 0,4$, $D = 6$, стала часу фільтра $N = 50$. Налагоджено параметри нечіткого ПД-регулятора: МП=6, МД=8,

стала часу диференціальної ланки $= 0,2$. За результатами імітаційного моделювання встановлено, що при п'ятикратному збільшенні коефіцієнта передачі об'єкта у системі з традиційним ПД-регулятором з'являється значна коливальність. Перерегулювання становить 55% і значно затягується перехідний процес. Натомість, у системі із нечітким ПД-регулятором перехідний процес практично мало змінився. Зауважимо, що максимальне значення регулюючої дії у нечіткій системі становить $V_M = 500$, натомість у традиційному ПД-регуляторі $V_M = 3000$. У більшості випадків регулююча дія фізично обмежена, що додатково погіршує якість регулювання.

Параметри налаштування визначені на основі табл. 2 наближені. Статична похибка системи з нечітким ПД-регулятором залежить від порядку об'єкта і заданого перерегулювання. Вона знаходиться в межах 0,2-0,8%, що значно перевищує точність традиційних ПД-регуляторів. Для оптимізації статичної похибки в систему додатково введено нерозмиту І-складову управління.

Якщо якість регулювання при варіації параметрів об'єкта у заданих межах задовільняє замовника, тоді можна рекомендувати подані вище системи автоматичного керування з нечітким ПД-регулятором, як найбільш прості, що розширяє їх застосування для керування простими інерційними об'єктами.

Подані результати імітаційного моделювання нечітких систем за наближеним налаштуванням параметрів регуляторів підтвердили їх ефективність.

ВИСНОВКИ

У проведеному дослідженні запропоновано синтез регуляторів з типовими нечіткими перетвореннями. Подані результати імітаційного моделювання, перехідні характеристики систем і встановлено, що запропонований синтез забезпечує стабільну роботу, високу якість регулювання є інженерним методом визначення і настроювання параметрів нечітких регуляторів при їх впровадженні в промисловість.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления: монография.– К.: Радиоаматор, 2008. – 972 с.
- [2] Луцків М.М., Дурняк Б.В. Нечіткий ПД-регулятор. Опис до патенту на корисну модель. Бюл. № 8.25.0.2. 2019. С. 1-4.
- [3] Brzózka I. Regulatory i układy automatyki.– Warszawa: Wydawnictwo MIKOMA, 2004. 342 s.
- [4] Piegat A. Modelowanie i sterowanie rozmyte.– Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 1999. – 678 s.