THIẾT KẾ CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN PID, FLC-SUGENO CHO HỆ QUẠT GIÓ – CÁNH PHẲNG SỬ DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU PSO

Nguyễn Tiến Duy[1*], Nguyễn Văn Chí[1], Đỗ Huy Cảnh[2]

Tóm tắt: *Trong bài báo này, chúng tôi trình bày việc thiết kế các bộ điều khiển PID và bộ điều khiển mờ (Fuzzy Logic Contrller – FLC) theo mô hình Sugneno (FLC-Sugeno) tối ưu dựa trên thuật toán tối ưu bầy đàn (Particle Swarm Optimization - PSO). Đối tượng điều khiển là hệ thống quạt gió – cánh phẳng (Fan and Plate System - F&P). Đây là một đối tượng có tính phi tuyến mạnh. Bộ điều khiển PID được thiết kế ban đầu bằng phương pháp thực nghiệm Ziegler-Nichols. Bộ điều khiển FLC-Sugeno được thiết kế thủ công với các hàm thuộc được phân bố đều trên miền xác định của các biến. Tiếp theo, sử dụng thuật toán tối ưu PSO để tối ưu hoá các hệ số K_P, K_I, K_D của bộ điều khiển PID và tối ưu hoá hàm thuộc của bộ FLC-Sugeno. Thông qua mô phỏng cho thấy, các bộ điều khiển sau khi tối ưu cho chất lượng điều khiển tăng lên đáng kể. Đặc biệt, bộ điều khiển FLC-Sugeno cho kết quả điều khiển là tốt hơn cả. Qua nghiên cứu thấy rằng, việc thiết kế bộ điều khiển FLC với thuật toán tối ưu PSO là một phương pháp hiệu quả.*

Từ khóa: Bộ điều khiển PID; Bộ điều khiển mờ sugeno; Quạt gió cánh phẳng.

1. GIỚI THIỆU

Các bộ điều khiển PI, PD, PID được sử dụng một cách rộng rãi trong công nghiệp đối với các bài toán điều khiển vì tính đơn giản và hiệu quả của nó. Các bộ điều khiển này thường cho chất lượng điều khiển tốt, việc thiết kế và khả năng chỉnh định các hệ số là khá đơn giản, đặc biệt đối với các đối tượng ít phi tuyến. Khi đối tượng có tính phi tuyến mạnh, bộ điều khiển PID trở nên kém hiệu quả. Để giải quyết vấn đề này nhiều nhà nghiên cứu đề xuất sử dụng các phương pháp hiệu chỉnh thông số bộ điều khiển PID bằng cách kết hợp với bộ chỉnh định mờ [1-4], tuy nhiên, cấu trúc hệ thống thường khá phức tạp. Bộ điều khiển mờ đã được nhiều nhà khoa học quan tâm và được ứng dụng khá rộng rãi. Nó có nhiều ưu điểm đó là mềm dẻo trong điều khiển bởi điều chỉnh luật điều khiển. Mô hình bộ điều khiển mờ theo mô hình kiểu Sugeno (hoặc Takagi, Sugeno – TS, giới thiệu vào năm 1985) [5]. Theo mô hình này, vế phải của các luật điều khiển được mô tả bởi các hàm, vì vậy cho phép mô tả động học hệ thống một cách mềm dẻo và sát với đối tượng. FLC-Sugeno có ưu điểm thực hiện kết nhập đầu ra đơn giản, đáp ứng tốt với yêu cầu realtime trong điều khiển. Tuy nhiên, có một khó khăn khi thiết kế bộ điều khiển mờ là có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến mối quan hệ vào/ra của bộ điều khiển như dạng của hàm thuộc, lựa chọn các phép toán kết nhập, kéo theo, giải mờ, v.v. Sự lựa chọn này không có một quy tắc cụ thể mà phụ thuộc nhiều vào tri thức mang tính chuyên gia của người thiết kế. Một cách khác để giải quyết khó khăn này, đó là sử dụng các thuật toán tối ưu. PSO là thuật toán tối ưu được nhiều nhà khoa học quan tâm và ứng dụng trong nhiều bài toán tối ưu khác nhau [6, 7]. Trong nghiên cứu này, thuật toán được PSO được sử dụng để tối ưu tham số của các bộ điều khiển PID, FLC. Đối tượng điều khiển được lựa chọn là hệ thống F&P có tính phi tuyến mạnh [8]. Thông qua kết quả mô phỏng, so sánh đánh giá tính ưu việt của FLC-Sugeno so với bộ điều khiển PID và hiệu quả của phương pháp thiết kế tối ưu bộ điều khiển sử dụng thuật toán PSO. Kết quả cho thấy, opFLC-Sugeno cho kết quả điều khiển rất tốt. Đây là kết quả đầy hứa hẹn để tiếp tục phát triển tối ưu trọng số của mỗi luật trong hệ luật điều khiển của FLC.

2. THIẾT KẾ CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO HỆ QUẠT GIÓ – CÁNH PHẲNG

Trong phần này, nội dung trình bày về việc việc thiết kế các bộ điều khiển PID kinh điển và bộ điều khiển FLC-sugeno.

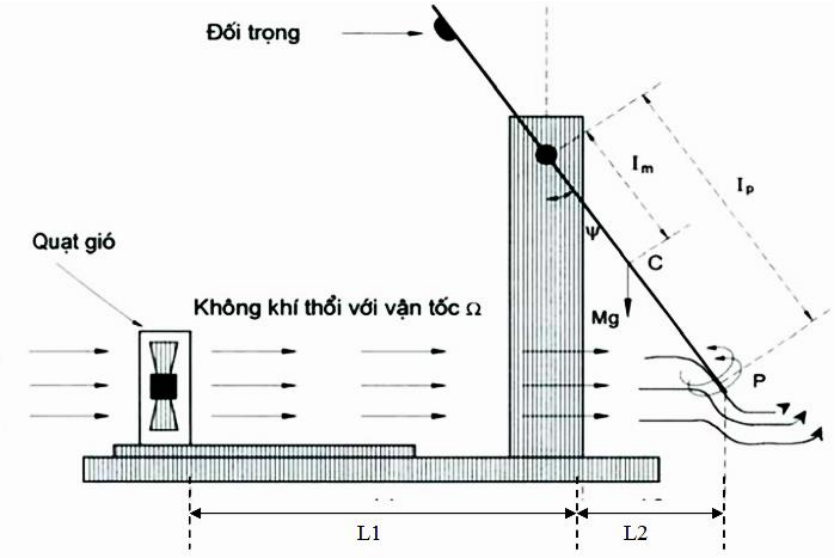
2.1. Giới thiệu mô hình hệ Quạt gió – Cánh phẳng

Hệ thống quạt gió cánh phẳng (Fan and Plate System - F&P) là một mô hình hệ thống khí động học được sử dụng rất nhiều trong công nghiệp như van khí nén, thông gió và điều hòa không khí,… [8]. Mô hình động học của hệ thống F&P có tính phi tuyến và chịu ảnh hưởng của nhiễu cao tác động, nhất là khi có có sai lệch về giá trị đo. Vì thế, nó được sử dụng nhiều trong phòng thí nghiệm để thử nghiệm các thuật toán điều khiển khác nhau [9, 10].



Hình 1. *Mô hình thí nghiệm hệ quạt gió – cánh phẳng (F&P).*

Mô hình thí nghiệm hệ thống F&P bao gồm tấm phẳng và quạt gió. Vị trí cánh phẳng được được điều chỉnh bằng luồng không khí thổi từ quạt gió (hình 1).



Hình 2. *Sơ đồ hệ thống F&P.*

Ψ: Góc giữa cánh phẳng và trục thẳng đứng.
Mg: Trọng lượng của cánh phẳng (kể cả đối trọng).
C: Trọng tâm của hệ.
P: Áp suất tác động lên cánh phẳng.
Ω: Vận tốc luồng gió.

Sơ đồ hệ thống F&P (hình 2) bao gồm ba phần chính: khối quạt gió, khối động học dòng khí và khối cánh phẳng.

- **Khối quạt gió được biểu diễn dưới dạng:**

$$T_1 \frac{d\Omega(t)}{dt} + \Omega(t) = K_1 V(t) + D_1 \quad (1)$$

Trong đó: T_1: Hằng số thời gian.
K_1: Hệ số khuyếch đại ở trạng thái xác lập.
D_1: Hằng số điều kiện đầu.

- **Khối động học dòng khí**: Diễn tả quan hệ giữa vận tốc dòng khí Ω và áp suất khí đập lên cánh phẳng. Khi Ω thay đổi, có hai yếu tố cần tính đến: Sự trễ chuyển động của cánh phẳng, dòng khí chuyển động xoáy bên dưới và xung quanh cánh phẳng. Ta coi khâu này gồm trễ dịch chuyển, một dạng phi tuyến căn bậc hai và động lực học phụ thuộc hướng.
- **Khối cánh phẳng**: biểu thị quan hệ giữa Ψ và P. Xem cánh phẳng là con lắc vật lý. Mô hình động lực học cánh phẳng:

$$J\frac{d^2\Psi}{dt^2} = -Mgl_M \sin\Psi - b\frac{d\Psi}{dt} + PAl_p \cos\Psi \quad (2)$$

Trong đó: J: Quán tính quay của bản lề.
A: Diện tích hữu ích trên của cánh.
b: Hệ số suy giảm.

Có thể thấy, mô hình toán của hệ F&P rất phức tạp với các thành phần động học khác nhau. Để thiết kế bộ điều khiển PID, cần thiết phải xác định mô hình xấp xỉ tuyến tính của đối tượng. Sử dụng công cụ System Identification Toolbox của Matlab, ta nhận dạng được hàm truyền của hệ F&P như sau:

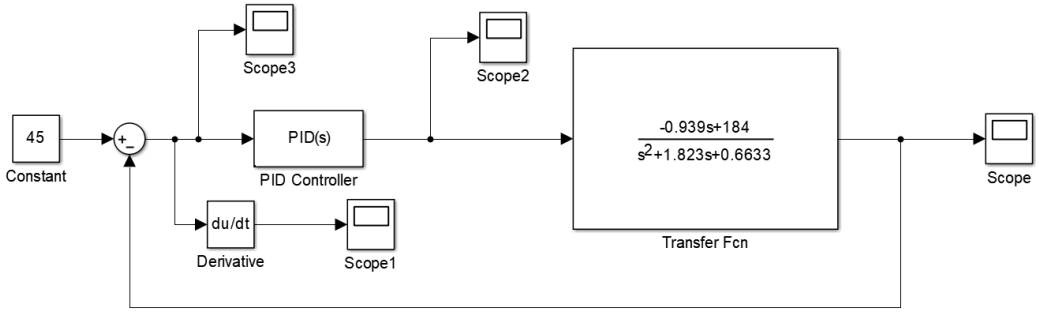
$$G(S) = \frac{-0.939S + 1.84}{S^2 + 1.823S + 0.6633} \quad (3)$$

2.2. Thiết kế bộ điều khiển PID

Bộ điều khiển PID kinh điển cho hệ F&P được mô tả bởi phương trình (4). Trong đó, *u(t)* là tín hiệu đầu ra bộ điều khiển, *e(t)* là sai lệch giữa góc đặt thực của cánh phẳng và lượng đặt. Bài toán đặt ra là cần phải tìm các hệ số K_P, K_I và K_D sao cho hệ thống nhanh đạt đến lượng đặt và ổn định theo thời gian.

$$u(t) = K_P d(t) + \frac{K_P}{T_I}\int_0^t e(t)dt + K_d \frac{d}{dt}e(t) \quad (4)$$

Có rất nhiều phương pháp để hiệu chỉnh thông số của bộ điều khiển PID, phổ biến nhất là phương pháp Ziegler-Nichols (Z-N) [11]. Tuy nhiên, đối với một số hệ thống việc hiệu chỉnh bộ điều khiển PID bằng phương pháp này đòi hỏi một quá trình thực nghiệm khá mất thời gian do ảnh hưởng của nhiễu và sai số của các thiết bị lên tín hiệu đo dẫn đến việc hiệu chỉnh thông số của bộ điều khiển PID khó đạt được giá trị như mong muốn.



Hình 3. *Sơ đồ mô phỏng điều khiển hệ F&P dùng bộ điều khiển PID.*

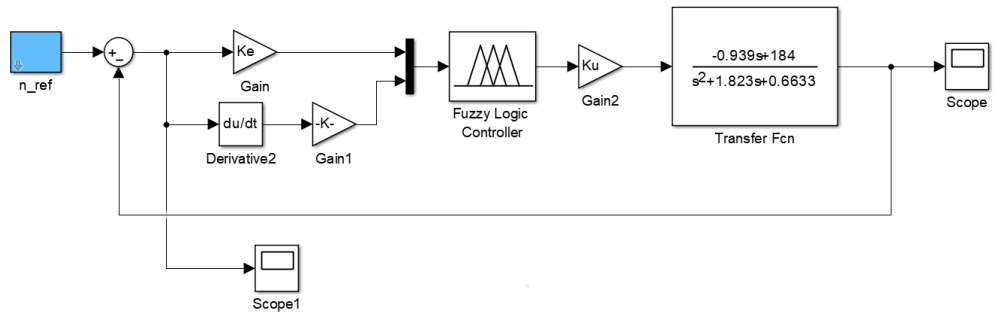
Một cách khác để chỉnh định các hệ số K_P, K_I và K_D của bộ điều khiển, đó là sử dụng các thuật toán tối ưu. Một thuật toán tối ưu khá hiệu quả mà các nhà nghiên cứu thường sử dụng đó là PSO. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng PSO để tối ưu tham số của các bộ điều khiển.

Phương pháp thực nghiệm Z-N để xác định tham số bộ điều khiển PID được mô tả trong [11]. Phương pháp này thay bộ điều khiển PID trong hệ kín bằng bộ khuếch đại sau đó tăng K cho đến khi hệ nằm ở biên giới ổn định. Lúc này ta có Kgh và Tgh. Tham số cho bộ điều khiển PID chọn như sau K_P= 0.6*K, T_I= 0.5*Tth, T_d=0.12*Tth.

Hình 3 là sơ đồ mô phỏng của hệ F&P với bộ điều khiển PID trên Matlab simulink và đáp ứng của bộ điều khiển PID theo Z-N được mô tả trong hình 4.

2.3. Thiết kế bộ điều khiển FLC-Sugeno

Bộ điều khiển FCL-sugeno được thiết kế gồm 2 biến đầu vào là e, ce và biến điều khiển đầu ra là u. Miền biến thiên của các đầu vào/ra này đều được xác định trong miền chuẩn đối xứng là [-1, 1]. Khi "lắp" bộ điều khiển vào hệ thống, miền biến thiên thực sẽ được hiệu chỉnh về miền chuẩn đối xứng thông bằng các hệ số Ke, Kce và Ku. Giá trị của các hệ số này được xác định thông qua khảo sát miền biến thiên của chúng tương ứng trên hệ thống với bộ điều khiển PID.



Hình 4. *Sơ đồ mô phỏng điều khiển hệ F&P dùng FLC-Sugeno.*

Các tập mờ được lựa chọn thiết kế như sau (bảng 1):

- 5 tập mờ dạng hình tam giác cho các biến vào e, ce gồm NB, NS, ZE, PS, PB. Các tập mờ được thiết kế là phân hoạch mờ mạnh, có nghĩa là với giá trị x bất kỳ, tổng độ thuộc của x vào các tập mờ là bằng 1.
- 7 tập mờ cho biến đầu ra u dạng singleton gồm NB, N, NS, ZE, PS, P, PB.

Bảng 1. *Ký hiệu nhãn ngôn ngữ cho các tập mờ.*

NB	N	NS	ZE	PS	P	PB
Negative Big	Negative	Negative Small	Zero	Positive Small	Positive	Positive Big

- Hệ luật điều khiển được thiết kế như trong bảng 2.

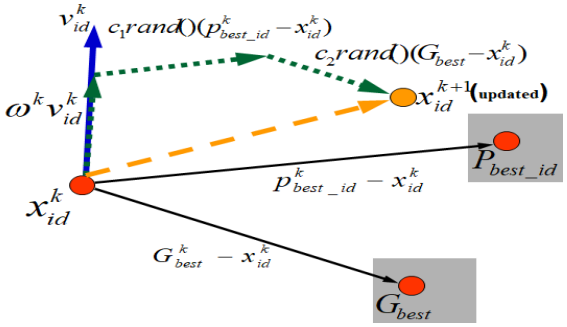
Bảng 2. *Hệ luật điều khiển của FLC-sugeno.*

e \ ce	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB	NB	N	NS	ZE
NS	NB	N	NS	ZE	PS
ZE	N	NS	ZE	PS	P
PS	NS	ZE	PS	P	PB
PB	ZE	PS	P	PB	PB

3. TỐI ƯU HOÁ CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN BẰNG PSO

3.1. Thuật toán PSO

Thuật toán tối ưu PSO được Kennedy và Eberhart đề xuất năm 1995 [6], là thuật toán tìm kiếm ngẫu nhiên dựa trên việc mô phỏng hành vi và sự tương tác của bầy chim khi tìm nguồn thức ăn. Mỗi con chim (hay cá thể, phần tử) trong đàn (quần thể) được đặc trưng bởi hai thành phần là vector vị trí x_i và vector vận tốc (dịch chuyển) v_i. Đồng thời mỗi cá thể có một giá trị thích nghi (fitness value), được đánh giá bằng hàm đo độ thích nghi (fitness function). Ban đầu PSO được khởi tạo với vector vị trí và vector vận tốc một cách ngẫu nhiên. Sau đó, trong mỗi bước lặp của thuật toán vector vận tốc v_i và vị trí x_i của mỗi cá thể sẽ được cập nhật theo công thức (5) và (6). Tại mỗi bước lặp, mỗi cá thể chịu ảnh hưởng bởi hai thông tin: vị trí tốt nhất mà nó đạt được cho tới thời điểm hiện tại, gọi là P_{best_id} và vị trí tốt nhất trong tất cả quá trình tìm kiếm của các cá thể trong quần thể từ trước cho tới thời điểm hiện tại, gọi là G_{best}. Hình 5 minh hoạ việc cập nhật vị trí của mỗi cá thể theo vị trí tốt nhất của nó và của tất cả các cá thể trong quần thể tại thời điểm hiện tại.



Hình 5. *Một điểm tối ưu bằng PSO.*

$$V_{id}^{k+1} = \omega^k * V_{id}^k + C_1 * Rand() * \left(P_{best_{id}} - x_{id}^k\right) + C_2 * Rand() * \left(G_{best} - x_{id}^k\right) \quad (5)$$

$$x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^{k+1} \quad (6)$$

$$\omega^k = \omega_{max} - \frac{k * (\omega_{max} - \omega_{min})}{iter_max} \quad (7)$$

Mỗi cá thể thứ *id* là một vector $P_i = [p_{id}^1, p_{id}^2, \ldots, p_{id}^d]$ và giá trị P_{best_id} của nó được tính như sau:

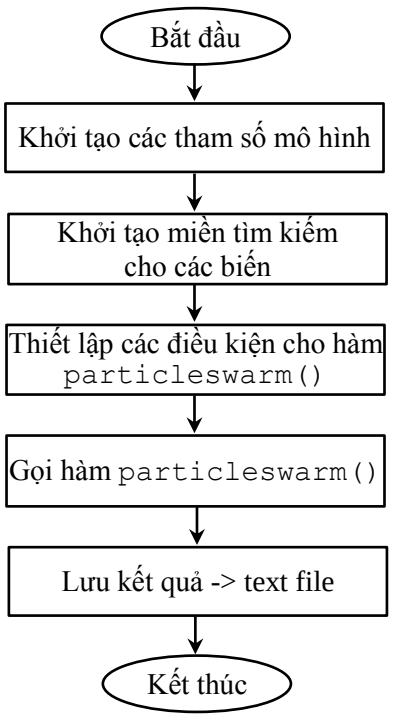
$$P_{best_id}^{k+1} = f(x) = \begin{cases} P_{best_{id}}^k, & if\ fitness\left(x_{id}^{k+1}\right) > P_{best_{id}}^k \\ fitness\left(x_{id}^{k+1}\right), & if\ fitness\left(x_{id}^{k+1}\right) \le P_{best_{id}}^k \end{cases} \quad (8)$$

Giá trị G_{best} tại lần lặp thứ k là:

$$G_{best} = min(P_{best_{id}}^k) \quad (9)$$

Trong đó:

- X_{id}^k và V_{id}^k là vị trí và vận tốc hiện tại của cá thể id tại bước lặp *k*; Giới hạn của vận tốc được xác định trong miền $[-V_{max}, V_{max}]$, trong đó, V_{max} là một hằng số được xác định trước.
- ω là trọng số quán tính thay đổi theo thời gian, được thiết lập giống như trọng số được trình bày trong [7]; giảm tuyến tính từ 0.9 về 0.4 dựa trên phương trình (7).
- C_1 và C_2 là hai nhân tố học dùng kiểm soát mức độ ảnh hưởng của các thành phần xã hội và nhận thức và được xác định giống như công trình [7] là: $C_1 = C_2 = 2$.



Hình 6. *Lưu đồ thực hiện tối ưu theo PSO.*

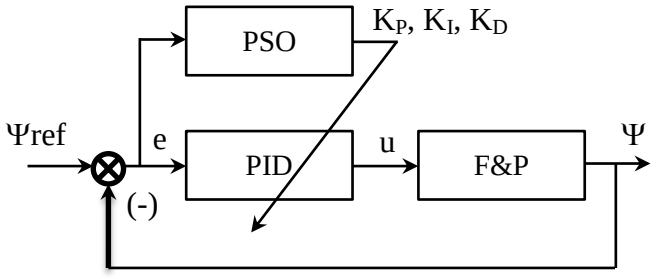
Trong Toolbox của Matlab, hàm `particleswarm()` đã được hỗ trợ cho tối ưu theo thuật toán PSO. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng hàm `particleswarm()` sẵn có và thực hiện theo thuật toán trên hình 6.

3.2. Tối ưu hoá bộ điều khiển PID

Bộ điều khiển PID có 3 hệ số cần hiệu chỉnh là K_P, K_I và K_D. Các hệ số này là 3 thành phần của biến tối ưu thiết lập cho thuật toán PSO (hình 7). Hàm mục tiêu được lựa chọn theo tiêu chuẩn tích phân trị tuyệt đối của sai lệch điều khiển (IAE):

$$fitness = \sum_{k=1}^{n} |e(k)| \rightarrow min \tag{10}$$

Trong đó: $e(k)$ là mẫu dữ liệu sai lệch tại chu kỳ mô phỏng thứ k, n là tổng số mẫu dữ liệu của một lần chạy chương trình mô phỏng.

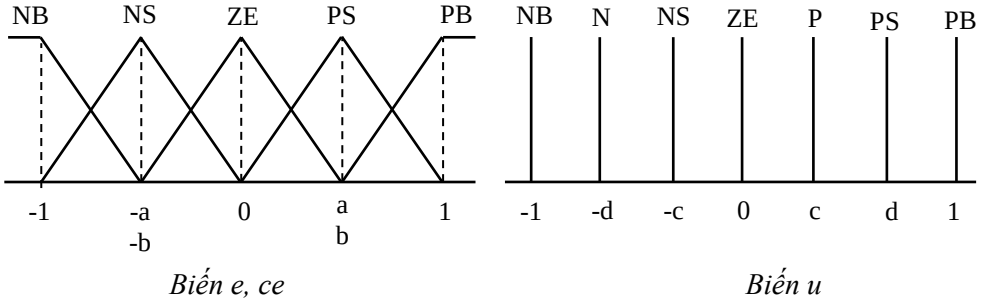


Hình 7. *Sơ đồ tối ưu bộ điều khiển PID bằng PSO.*

3.3. Tối ưu hoá bộ điều khiển FLC-Sugeno

Để điều chỉnh hình dạng tập mờ hướng tới tối ưu cho bộ điều khiển, trong nghiên cứu này, một số ràng buộc được đưa vào để hạn chế số biến cần tối ưu như sau:

- Giả thiết các tập mờ được phân hoạch là đối xứng trên miền [-1, 1]. Điều đó có nghĩa là, tập mờ ZE có dạng tam giác cân.
- Tập mờ của hàm thuộc NB là đối xứng với tập mờ PB qua giá trị 0. Tương tự ta có các cập tập mờ đối xứng qua điểm 0 khác là (N, P), (NS, PS).

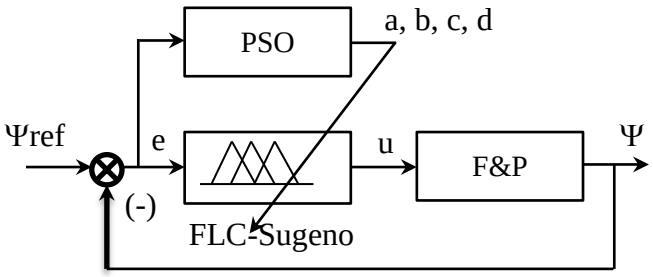


Hình 8. *Sơ đồ tối ưu bộ điều khiển FLC-Sugeno bằng PSO.*

Như vậy, để xây dựng nên các tập mờ có tính đối xứng, ta chỉ cần điều chỉnh giá trị các điểm a (đối với biến *e*), b (đối với biến *ce*) và c, d (đối với biến *u*) như trên hình 8. Vậy, để tối ưu bộ điều khiển mờ FLC-sugeno, ta cần tối ưu 4 biến. Miền tìm kiếm cho các biến được xác định trong khoảng:

a, b$\in$[0.2, 0.75]; c$\in$[0.25, 0.5]; d$\in$[0.5, 0.75].

Sơ đồ tối ưu bộ FLC-Sugeno bằng PSO được thể hiện trên hình 9.



Hình 9. *Sơ đồ tối ưu bộ điều khiển FLC-Sugeno bằng PSO.*

Sau khi chạy tối ưu nhiều lần, ta nhận được các kết quả tối ưu như trên bảng 3.

Bảng 3. *Các biến tối ưu tìm được.*

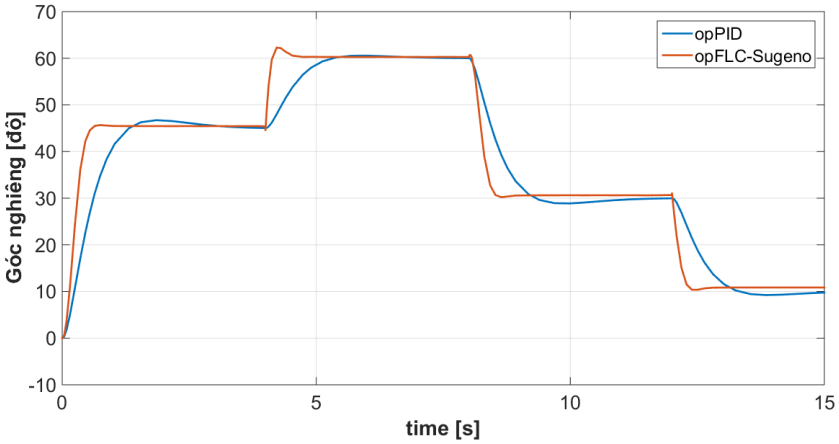
PID	K_P	K_I	K_D	
	0.01921	0.00786	0.006745	
FLC-Sugeno	a	b	c	d
	0.415205	0.650206	0.40148	0.46727

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Mô phỏng hệ thống với thời gian 15s và giá trị tham chiếu được thiết lập thay đổi như trong bảng 4. Kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình 10.

Bảng 4. *Thiết lập giá trị tham chiếu cho mô phỏng.*

Thời gian [s]	0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 15
Góc nghiêng [độ]	45	60	30	10



Hình 10. *Đáp ứng của hệ F&P với các bộ điều khiển opPID và opFLC-Sugeno.*

Trên hình 10, đường opFLC-Sugeno là đáp ứng của hệ F&P với bộ điều khiển FLC-Sugeno tối ưu cho thấy thời gian đáp ứng là tốt hơn so với đáp ứng của bộ điều khiển PID có các hệ số K_P, K_I và K_D tối ưu. Tại giây thứ 4, khi giá trị tham chiếu thay đổi từ 45 lên 60 và tại giây thứ 8, khi giá trị tham chiếu thay đổi từ 60 về 30, đáp ứng có giá trị đảo chiều. Điều này là phù hợp với hàm truyền của hệ F&P khi hệ số bậc nhất của tử số mang giá trị -0.939. Lượng quá điều chỉnh khi thay đổi giá trị tham chiếu khá nhỏ, tuy nhiên còn tồn tại sai lệch tĩnh. Nguyên nhân của sự tồn tại sai lệch tĩnh này là do ta đã cố định giá trị tập ZE là đối xứng tại điểm 0. Ta có thể khử sai lệch tĩnh này bằng cách coi tham số của tập mờ ZE là biến cần tìm và tìm kiếm bằng PSO. Ngoài ra, khoảng xác định của các biến là có mối quan hệ nhân-quả rất phức tạp khi chỉnh định bộ điều khiển. Vậy, để xác định các hệ số Ke, Kce và Ku một cách tối ưu, ta có cũng có thể tìm kiếm bằng PSO. Khi đó, chất lượng điều khiển chắc chắn sẽ được nâng lên.

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, các bộ điều khiển PID kinh điển, FLC-Sugeno đã được thiết kế và tối ưu bằng thuật toán PSO. Đối tượng điều khiển là hệ thống F&P, là một mô hình động học có độ phi tuyến cao. Bộ điều khiển PID được tối ưu thông qua tìm kiếm các hệ số K_P, K_I và K_D còn việc tối ưu bộ điều khiển FCL-Sugeno được thực hiện qua việc điều chỉnh hàm thuộc của các biến đầu vào và đầu ra. Để hạn chế số lượng các biến tìm kiếm, trong nghiên cứu này có đưa thêm các ràng buộc về tính đối xứng của các tập mờ phân hoạch trên miền xác định. Sau quá trình chạy thuật toán tối ưu nhiều lần và mô phỏng kết quả với các bộ điều khiển trên Matlab simulink, các kết quả đã được so sánh đánh giá thông qua các chỉ tiêu. Kết quả chỉ ra rằng, bộ điều khiển FCL-sugeno cho chất lượng điều khiển là tốt nhất.

Với đề xuất điều chỉnh các tập mờ để tối ưu hoá bộ điều khiển mờ bằng PSO là rất hiệu quả. Kết quả đầy hứa hẹn này mở ra hướng phát triển là tiếp tục tối ưu hoá trọng số của các luật điều khiển của hệ luật. Chắc chắn chất lượng điều khiển sẽ còn được cải thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S. M. H. Baygi, A. Karsaz and A. Elahi, *"A hybrid optimal PID-Fuzzy control design for seismic exited structural system against earthquake: A salp swarm algorithm,"* 2018 6th Iranian Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems (CFIS), 2018, pp. 220-225, doi: 10.1109/CFIS.2018.8336659.

[2]. C. Wu, J. Liu, X. Jing, H. Li and L. Wu, *"Adaptive Fuzzy Control for Nonlinear Networked Control Systems,"* in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol. 47, no. 8, pp. 2420-2430, Aug. 2017, doi: 10.1109/TSMC.2017.2678760.

[3]. L. Xing, C. Wen, Z. Liu, H. Su and J. Cai, *"Event-Triggered Adaptive Control for a Class of Uncertain Nonlinear Systems,"* in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 62, no. 4, pp. 2071-2076, April 2017, doi: 10.1109/TAC.2016.2594204.

[4]. Hamed Moradi, Hassan Setayesh, Aria Alasty (2016), *"PID-Fuzzy control of air handling units in the presence of uncertainty"*, International Journal of Thermal Sciences, Volume 109, Pages 123-135.

[5]. T. Takagi and M. Sugeno, "*Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control*," in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-15, no. 1, pp. 116-132, Jan.-Feb. 1985, doi: 10.1109/TSMC.1985.6313399.

[6]. Kennedy J, Eberhart R. "*Particle swarm optimization*," in: Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks, 4, Perth, WA. 1995, Australia:1942-1948.

[7]. Kuo I-H, et al. "*An improved method for forecasting enrolments based on fuzzy time series and particle swarm optimization*," Expert systems with applications. 2009; 36:6108-6117.

[8]. Chiang HK, Syu RW, Lin WB (2010) "*The sliding mode controller design of a fan-plate system*," In: Proceedings of the 5th intelligent living technology conference, vol 1, pp 882-888.

[9]. A. Numsomran and V. Tipsuwanporn, "*The design of robust PID control for Fan and Plate process*," Proceeding CA '07 Proceedings of the Ninth IASTED International Conference on Control and Applications, CA, pp. 273-277, 2007.

[10]. P. Kungwalrut, M. Thumma, V. Tipsuwanporn, A. Numsomran, P. Boonsrimuang, "*Design MRAC PID control for fan and plate process*," SICE Annual Conference (SICE), pp. 2944-2948, 13-18 Sept. 2011.

[11]. The classic original paper: "*Optimum settings for automatic controllers*," J. B. Ziegler and N. B. Nichols, ASME Transactions, v64 (1942), pp. 759-768.

ABSTRACT

DESIGN OF PID CONTROLLER, FCL-SUGENO FOR FAN AND PLATE SYSTEM USING PSO OPTIMIZATION ALGORITHM

In this paper, we present the design of PID controllers and fuzzy controllers (Fuzzy Logic Controller - FLC) according to the Sugeno model (FLC-Sugeno) optimal based on the Particle Swarm Optimization algorithm (PSO). The controlling object is the Fan and Plate System (F&P). This is a strong non-linearity object. PID controller is originally designed by Ziegler-Nichols experimental method. The FLC-Sugeno controller is a manual design with membership functions evenly distributed over a defined domain of variables. Next, optimization PSO is used to optimize KP, KI, KD coefficients of the PID controller and optimize the membership function of the FLC-Sugeno. Through simulation showed, the controller after optimizing for the quality of control increased significantly. In particular, the FLC-Sugeno controller produces better control results. Through research, the design of the FLC controller with the PSO optimization algorithm is an effective method.

Keywords: PID Controller; Sugeno Fuzzy Logic Controller; Fan and Plate System.

Nhận bài ngày 15 tháng 4 năm 2021
Hoàn thiện ngày 13 tháng 8 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: [1] Khoa Điện tử, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, ĐH Thái Nguyên;
[2] Khoa Hệ thống thông tin quản lý, Đại học Tài chính quản trị kinh doanh.
[*] Email: duy.infor@tnut.edu.vn.