

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ TRONG PHÔI TẮM SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

Nguyễn Hữu Công¹, Vũ Ngọc Kiên², Nguyễn Tiến Duy²

¹Đại học Thái Nguyên,

²Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Việc điều khiển được nhiệt độ phôi nung tức là điều khiển trường nhiệt độ trong phôi khi chỉ cần đo nhiệt độ trong lò là bài toán có tính ứng dụng cao trong nhiều ngành công nghiệp. Trong bài báo này chúng tôi trình bày việc thiết kế bộ điều khiển nhiệt độ trong phôi tẩm ứng dụng đại số gia tử có tính đến việc tối ưu thông số bộ điều khiển bằng GA với giả thiết biết mô hình toán học của phôi dưới dạng hàm truyền. Các kết quả nghiên cứu đã được kiểm chứng thông qua mô phỏng và cho thấy khả năng có thể ứng dụng vào thực tế.

Từ khóa: Phôi tẩm, mô hình hàm truyền, đại số gia tử, GA, bộ điều khiển

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình nung, thông số đặc trưng cho công nghệ là nhiệt độ kim loại và sự phân bố nhiệt độ trong phôi. Một yêu cầu được đặt ra trong kỹ thuật là ta phải điều khiển nhiệt độ của lò theo yêu cầu nhiệt độ vật nung. Tức là, ta điều khiển trực tiếp được chất lượng sản phẩm. Có hai phương án để điều khiển được nhiệt độ vật nung, đó là:

- Đo trực tiếp nhiệt độ của vật nung: Phương án này nếu thực hiện được thì có độ chính xác điều khiển cao. Tuy nhiên, thực tế không có thể đo được vì ngoài việc xác định nhiệt độ bề mặt ta còn phải xác định sự phân bố nhiệt bên trong vật. Hơn nữa không thể đặt cho mỗi vật một hệ thống cảm biến nhiệt độ.

- Đo gián tiếp nhiệt độ vật nung: Phương án này ta tính toán nhiệt độ sản phẩm theo các phương trình truyền nhiệt và lấy đó làm căn cứ điều khiển. Từ nhiệt độ lò nhờ có mô hình tính toán ta suy ra nhiệt độ của bề mặt vật và sự phân bố nhiệt độ các lớp bên trong vật. Đây là phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này.

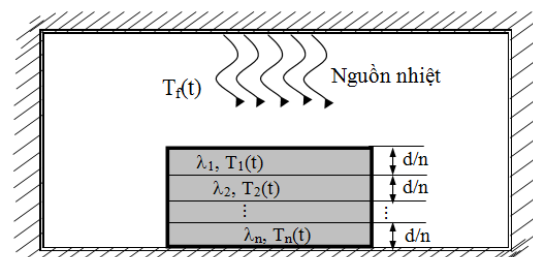
Đứng về mặt điều khiển, quá trình gia nhiệt (nung) các phôi kim loại trong lò là quá trình có tham số phân bố, tức là đối tượng điều khiển không chỉ được mô tả bằng phương trình vi phân thường mà còn được mô tả bằng phương trình vi phân đạo hàm riêng. Khi điều khiển các đối tượng này tất nhiên sẽ sinh

ra các bài toán xây dựng các hệ thống điều khiển sao cho vật nung phải thỏa mãn yêu cầu nào đó theo một tiêu chuẩn đặt ra.

Việc tính toán này có thể thực hiện bằng phương pháp phân ly biến số [1]; phương pháp mô hình [6]; phương pháp phân tử hữu hạn [7]. Tuy nhiên các phương pháp thiết kế bộ điều khiển hiện nay, ta thường căn cứ vào hàm truyền của đối tượng để tính ra bộ điều khiển. Như vậy, nếu ta có được mô hình toán học của phôi ở dạng hàm truyền thì việc xây dựng bộ điều khiển nhiệt độ phôi theo yêu cầu đặt trước sẽ rất thuận lợi. Mặt khác hiện nay, trong công nghệ gia công nhiệt thì phôi tẩm là dạng phôi rất phổ biến. Chính vì vậy, bài báo giới thiệu việc xây dựng bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử để có thể điều khiển nhiệt độ phôi trên cơ sở biết mô hình hàm truyền của phôi

MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA PHÔI TẮM

Theo [6], xét một lò gia nhiệt đốt một phía như hình 1 như sau



Hình 1. Mô hình truyền nhiệt của phôi tẩm mỏng

Sự truyền nhiệt trong lò gia nhiệt sẽ gồm có hai bước:

* Email: conghn@tmu.edu.vn

Bước 1: Bài toán truyền nhiệt bên ngoài, từ nhiệt độ lò ta tính được nhiệt độ bề mặt của vật. Tùy theo dạng truyền nhiệt đối lưu hay bức xạ, ở trong trường hợp này truyền nhiệt bức xạ là chủ yếu, sự truyền nhiệt đối lưu sẽ được tính đến bằng một hệ số hiệu chỉnh.

Bước 2: Bài toán truyền nhiệt trong phôi, nghĩa là sự truyền nhiệt từ mặt ngoài vào trong phôi nung. Sự truyền nhiệt ở đây chính là dẫn nhiệt.

Giả thiết thể tích buồng lò nhỏ, coi nhiệt độ trong lò là như nhau. Nếu bỏ qua sự truyền nhiệt qua đầu và cạnh của tấm kim loại phẳng, rộng đủ lớn với các thông số sau:

Hệ số dẫn nhiệt của tấm	λ : W/m.K
Hệ số truyền nhiệt của tấm	α : W/m ²
Chiều dài	a (mét)
Chiều rộng	b (mét)
Chiều dày	d (mét)
Khối lượng riêng	ρ : Kg/m ³
Nhiệt dung riêng	c : J/kg.K

Diện tích bề mặt tiếp xúc $A=a*b$ (m²)

Ta coi phôi là một đối tượng động học và được chia thành n lớp. Đối tượng động học này có lượng vào là nhiệt độ trong không gian lò; lượng ra là nhiệt độ của lớp dưới cùng. Việc chọn n bằng bao nhiêu tùy thuộc độ “Dày” của tấm và độ chính xác yêu cầu.

Theo [6] ta có thể mô tả phôi tấm n lớp ở dạng hàm truyền như sau

$$W_n(s) = \frac{1}{R_n C_n s + 1}$$

$$W_{n-1}(s) = \frac{1}{1 + R_{n-1} C_{n-1} s + \frac{R_{n-1}}{R_n} (1 - W_n(s))}$$

...

$$W_2(s) = \frac{1}{1 + R_2 C_2 s + \frac{R_2}{R_3} (1 - W_3(s))}$$

$$W_1(s) = \frac{1}{1 + R_1 C_1 s + \frac{R_1}{R_2} (1 - W_2(s))}$$

$$R_1 = \frac{1}{A\alpha}; R_2 = \frac{d/n}{\lambda_1 A}; R_3 = \frac{d/n}{\lambda_2 A}; \dots; R_n = \frac{d/n}{\lambda_{n-1} A}$$

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn thiết kế bộ điều khiển nhiệt độ phôi tấm dựa trên bộ suy luận xấp xỉ theo tiếp cận HA mà quy tắc điều khiển được cho bằng hệ luật ngôn ngữ [2], [3].

Phương pháp thiết kế

Giả sử ta có một tập các giá trị ngôn ngữ của một biến ngôn ngữ nào đó gồm

... < *Very Negative* < *Negative* < *Little Negative* < ... < *Zero* < ... < *Little Positive* < *Positive* < *Very Positive* < ...

Các giá trị ngôn ngữ này xuất hiện trong các luật ngôn ngữ (LRB – Linguistic Rule Base) của các bài toán suy luận xấp xỉ dựa trên tri thức. Như vậy cần có một cấu trúc tính toán chặt chẽ bảo toàn được quan hệ thứ tự vốn có của các giá trị ngôn ngữ. Từ đó tính toán được mối quan hệ ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ trong các luật.

HA [4] là một cấu trúc toán học có thứ tự của tập hợp các hạng từ ngôn ngữ, quan hệ thứ tự được xác định bởi ngữ nghĩa của các hạng từ ngôn ngữ trong tập hợp này. Việc lượng hoá giá trị ngữ nghĩa các hạng từ ngôn ngữ thông qua hàm ánh xạ ngữ nghĩa định lượng – SQMs [5] cho phép mô tả đầy đủ mô hình hệ luật và quá trình suy luận xấp xỉ một cách chặt chẽ và hợp lý [2].

Xét mô hình mờ được cho dưới dạng LRBS:

$$\begin{aligned} & \text{If } x_1 = A_{11} \text{ and } \dots \text{ and } x_m = A_{m1} \text{ then } y = B_1 \\ & \text{If } x_1 = A_{12} \text{ and } \dots \text{ and } x_m = A_{m2} \text{ then } y = B_2 \quad (1) \\ & \text{If } x_1 = A_{1n} \text{ and } \dots \text{ and } x_m = A_{mn} \text{ then } y = B_p \end{aligned}$$

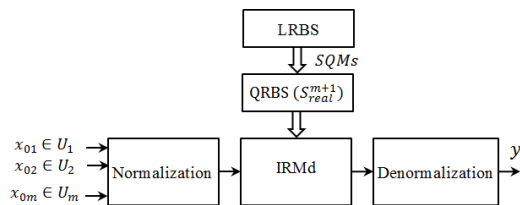
Với x_1, x_2, \dots, x_m và y là các biến ngôn ngữ, mỗi biến ngôn ngữ x_i thuộc không gian nền U_i và biến ngôn ngữ y thuộc không gian nền V ; A_{ij}, B_k ($i=1..m, j=1..n, k=1..p$) là các giá trị ngôn ngữ thuộc không gian nền tương ứng. Mỗi luật “If ... then”, xác định được một “điểm mờ” trong không gian $Dom(x_1) \times Dom(x_2) \times \dots \times Dom(x_m) \times Dom(y)$. Khi đó (1) có thể được xem như một “siêu mặt” S_{fuz}^{m+1} trong không gian này. Theo tiếp cận lý thuyết HA, ta xây dựng cấu trúc HA cho các biến ngôn

ngữ và sử dụng hàm SQMs để chuyển mỗi điểm mờ trên thành một điểm thực trong không gian ngữ nghĩa $[0,1]^{m+1}$. Khi đó, (1) được biểu diễn tương ứng thành một “siêu mặt” thực S_{real}^{m+1} . Có thể xem “siêu mặt” thực

S_{real}^{m+1} như là biểu diễn toán học của LRBS mà mỗi khái niệm mờ (giá trị ngôn ngữ) của các biến mờ (biến ngôn ngữ) đã được lượng hoá ra giá trị ngữ nghĩa của chúng (QRBS – Quantified Rule Base System).

Cho các đầu vào thực thuộc không gian nền tương ứng, là các giá trị đầu vào của bộ điều khiển $x_{01s}, x_{02s}, \dots, x_{0ms}$, sử dụng phép normalization các giá trị đó về miền giá trị của HA được $x_{01s}, x_{02s}, \dots, x_{0ms}$ tương ứng. Thực hiện giải bài toán suy luận xấp xỉ bằng phương pháp nội suy trên S_{real}^{m+1} . Giá trị nội suy nhận được trong miền $[0,1]$ là giá trị ngữ nghĩa định lượng của biến ngôn ngữ đầu ra y được chuyển về miền biến thiên thực (không gian nền của biến y) của giá trị điều khiển ở đầu ra bằng phép denormalization.

Mô hình bộ điều khiển theo tiếp cận HA được mô tả như trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ bộ điều khiển theo tiếp cận HA

Trong Hình 2, các thành phần bao gồm:

LRBS: Hệ cơ sở luật ngôn ngữ của bộ điều khiển.

QRBS: Hệ cơ sở luật theo ngữ nghĩa định lượng của các giá trị ngôn ngữ được tính toán bởi hàm ánh xạ SQM (S_{real}^{m+1}).

Normalization: chuẩn hoá giá trị của các biến vào về miền ngữ nghĩa.

IRMd (Interpolation Reasoning Method): Nội suy trên “siêu mặt” S_{real}^{m+1} .

Denormalization: Chuyển đổi giá trị điều khiển ngữ nghĩa về miền giá trị biến thiên thực của biến đầu ra.

Các bước thiết kế bộ điều khiển theo đại số gia tử như sau:

Bước 1: Xác định các biến vào/ra, miền biến thiên của chúng và hệ luật điều khiển với các hạng từ ngôn ngữ trong HA.

Bước 2: Lựa chọn cấu trúc các Ax_i ($i=1, \dots, m$) và Ay cho các biến x_i và y . Xác định tham số tính mờ của các phần tử sinh, các gia tử và mối quan hệ dấu giữa các gia tử.

Bước 3: Tính toán giá trị ngữ nghĩa định lượng cho các nhãn ngôn ngữ trong hệ luật. Xây dựng “siêu mặt” S_{real}^{m+1} .

Bước 4: Lựa chọn phương pháp nội suy trên “siêu mặt” S_{real}^{m+1} .

Bước 5: Tối ưu hoá tham số của bộ điều khiển.

Bộ điều khiển bằng ĐSGT

Để kiểm tra độ chính xác và tính đúng đắn của mô hình toán học dạng hàm truyền của phôi tấm, cũng như khả năng ứng dụng thuật toán HA vào xây dựng bộ điều khiển nhiệt độ phôi tấm, chúng tôi thực hiện thiết kế bộ điều khiển nhiệt độ phôi tấm (thép tấm).

Mô hình toán của đối tượng

Xét đối tượng là phôi tấm có thông số sau

Hệ số dẫn nhiệt của tấm $\lambda = 55.8 \text{ w/m.K}$ (Ở đây coi hệ số dẫn nhiệt của tấm là hằng số)

Khối lượng riêng: $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

Nhiệt dung riêng $c = 460 \text{ j/kg.K}$

Hệ số truyền nhiệt $\alpha = 335 \text{ w/m}^2$

Chiều dài tấm $a = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$

Chiều rộng tấm $b = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

Chiều dày tấm $d = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$

Diện tích bề mặt tấm: $A = a \cdot b = 0.18 \text{ m}^2$

- Giả sử coi tấm thép là 4 lớp

Khi đó chiều dày mỗi lớp là $d/4 = 0.015 \text{ m}$

Thể tích mỗi lớp thép tấm là: $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 0.6 \cdot 0.3 \cdot 0.015 = 0.0027 \text{ m}^3$

Khối lượng mỗi lớp thép tấm là: $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = V_1 \cdot \rho = 0.0027 \cdot 7800 = 21.06 \text{ kg}$

$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = m_1 \cdot c = 21.06 \cdot 460 = 9687.6$

$$R_1 = \frac{1}{A\alpha} = \frac{1}{0.18 \cdot 335} = 0.0166$$

$$R_2 = R_3 = R_4 = \frac{d/4}{\lambda A} = \frac{0.015}{55.8 * 0.18} = 0.001493$$

Hàm truyền từng lớp của đối tượng là :

$$W_4(s) = \frac{1}{R_4 C_4 s + 1} = \frac{1}{14.46s + 1}$$

$$W_3(s) = \frac{1}{1 + R_3 C_3 s + \frac{R_3}{R_4} (1 - W_4(s))}$$

$$= \frac{14.46s + 1}{209.19s^2 + 43.39s + 1}$$

$$W_2(s) = \frac{1}{1 + R_2 C_2 s + \frac{R_2}{R_3} (1 - W_3(s))}$$

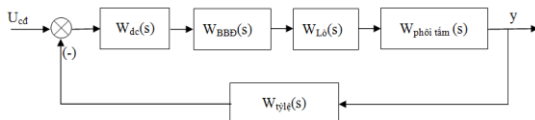
$$= \frac{209.19s^2 + 43.39s + 1}{3025s^3 + 1046s^2 + 86.78s + 1}$$

$$W_1(s) = \frac{1}{1 + R_1 C_1 s + \frac{R_1}{R_2} (1 - W_2(s))}$$

$$= \frac{3025s^3 + 1046s^2 + 86.78s + 1}{4.864 \cdot 10^5 s^4 + 2.048 \cdot 10^5 s^3 + 2.43 \cdot 10^4 s^2 + 730s + 1}$$

Xây dựng bộ điều khiển nhiệt độ

Để xây dựng bộ điều khiển nhiệt độ của phôi tấm, chúng tôi dựa trên mô hình phôi tấm 4 lớp theo cấu trúc điều khiển như sau



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển

Với BBD Tiristor có hàm truyền như sau:

$$W_{BBD}(s) = \frac{22}{0.0033s + 1} \quad [11]$$

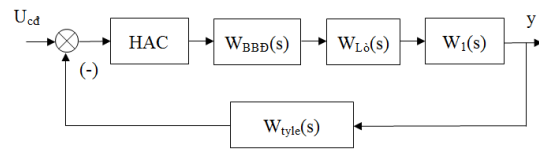
Hàm truyền của lò điện trở :

$$W_{Lo}(s) = \frac{5e^{-30s}}{500s + 1} \quad [11]$$

BBD tỷ lệ được mô tả bởi hàm truyền:

$$W_{tyle}(s) = 0.01 \quad [11]$$

Để đảm bảo điều khiển nhiệt độ phôi tấm đạt yêu cầu công nghệ, tác giả lựa chọn điều khiển nhiệt độ lớp thứ nhất của thép tấm và sử dụng bộ điều khiển đại số gia từ theo sơ đồ cấu trúc sau:



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển

Việc thiết kế bộ điều khiển đại số gia từ được thực hiện theo các bước đã giới thiệu trong phần trước như sau:

Bước 1: Xác định các biến vào/ra, miền biến thiên của chúng và hệ luật điều khiển với các hạng từ ngôn ngữ trong HA.

Bộ điều khiển có 02 biến vào là:

e (error) – sai lệch điều khiển. Được định nghĩa như là độ sai khác giữa nhiệt độ đặt và nhiệt độ hiện tại đo được, biến thiên trong khoảng [-4, 4].

ce (change error) – cho biết tốc độ biến thiên của e, Là giá trị tăng hay giảm của nhiệt độ hiện tại so với nhiệt độ trước đó trong khoảng thời gian lấy mẫu, biến thiên trong khoảng [-0.04, 0.04],

Đầu ra bộ điều khiển là đại lượng điều khiển u để điều khiển điện áp của nguồn, biến thiên trong khoảng = [-150, 150].

Các biến ngôn ngữ đầu vào/ra gồm các giá trị ngôn ngữ sau:

$$e, ce = \{VN < LN < ZE < LP < VP\}$$

$$u = \{VN < N < LN < ZE < LP < P < VP\}$$

Trong đó:

VN=Very Negative; N= Negative; LN=Little Negative; ZE = Zero; LP= Little Positive; P= Positive; VP = Very Positive.

Quy tắc điều khiển được cho là một LRBS, được biểu diễn dưới dạng bảng sau:

Bảng 1. Hệ luật điều khiển

		ce				
		VN	LN	ZE	LP	VP
e	VN	VN	VN	N	LN	ZE
	LN	VN	N	LN	ZE	LP
	ZE	N	LN	ZE	LP	P
	LP	LN	ZE	LP	P	VP
	VP	ZE	LP	P	VP	VP

Bước 2: Lựa chọn cấu trúc các Ax_i , ($i=1, \dots, m$) và Ay cho các biến x_i và y . Xác định tham số tính mờ của các phần tử sinh và các gia từ.

Tập phần tử sinh $G = \{N < P\}$.

Tập các gia tử được chọn: $H^- = \{L\}$ và $H^+ = \{V\}$.

Tham số mờ của ĐSGT cho các biến e, ce và u bao gồm độ đo tính mờ của các phần tử sinh, độ đo tính mờ của các gia tử. Theo cấu trúc đại số gia tử cho các biến được xây dựng như trên thì ta cần lựa chọn độ đo tính mờ của phần tử sinh âm $fm(c^-) = fm(N)$ ($fm(c^+) = 1 - fm(c^-) = fm(P) = 1 - fm(N)$)

và độ đo tính mờ của gia tử âm $\alpha = \mu(L)$ ($\beta = \mu(V) = 1 - \alpha$). Các tham số mờ được chọn ban đầu theo trục giác như trong Bảng 2.

Bảng 2. Tham số tính mờ của các HA

	e	ce	u
$fm(N)$	0.5	0.5	0.5
$\alpha = \mu(L)$	0.5	0.5	0.5

Dấu của các phần tử sinh, gia tử và mối quan hệ dấu giữa các gia tử được xác định dựa trên bản chất ngữ nghĩa của các hạng tử ngôn ngữ. Ví dụ, ta có $sgn(N) = -1$, $sgn(P) = 1$. Ngoài ra, có thể thấy rằng $VVN < VN \Rightarrow sgn(V, V) = 1$, $LVN > VN \Rightarrow sgn(L, V) = -1$

Xét tương tự với các hạng tử ngôn ngữ khác, ta xác định được mối quan hệ dấu như trong

Bảng 3. Mối quan hệ dấu

	V	L	N	P
V	+	+	-	+
L	-	-	-	-

Bước 3: Tính toán giá trị ngữ nghĩa định lượng cho các nhãn ngôn ngữ trong hệ luật. Xây dựng “siêu mặt” S_{real}^{m+1} .

Bước 4: Lựa chọn phương pháp nội suy: Phương pháp nội suy trên S_{real}^3 được lựa chọn là bi-linaer interpolation.

Bước 5: Tối ưu hoá các tham số mờ của bộ điều khiển

Có thể thấy rằng miền biến thiên của các biến vào/ra là đối xứng. Bản thân ngữ nghĩa của

hạng tử ngôn Zero là bằng 0. Khi ánh xạ về miền ngữ nghĩa trong đoạn $[0,1]$, giá trị ngữ nghĩa $v(ZE) = 0.5$. Vậy ta chọn cố định cho các biến giá trị $fm(N) = 0.5$. Ta chỉ cần tối ưu các độ đo tính mờ của các gia tử. Tập các gia tử trong các đại số gia tử được xây dựng chỉ gồm 2 gia tử là V (Very) và L (Little). Ta có: $\alpha = \mu(L)$ ($\beta = \mu(V) = 1 - \alpha$). Vậy ta chỉ cần tối ưu độ đo tính mờ của gia tử âm $\alpha = \mu(L)$ thì sẽ suy ra được độ đo tính mờ của gia tử dương. Ta có 3 cấu trúc HA cho 3 biến e, ce và u . Tương ứng ta có 3 tham số cần tối ưu, ký hiệu là alfa_e, alfa_ce và alfa_u. Về lý thuyết thì độ đo tính mờ có thể biến thiên từ 0 đến 1. Tuy nhiên, để phù hợp với sự mô tả về ngôn ngữ, chúng tôi lựa chọn tìm kiếm giá trị của các tham số này trong khoảng $[0.1, 0.8]$.

Trong môi trường Matlab, GA là một hàm sẵn có như một công cụ giúp chúng ta chỉ việc sử dụng nó. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng hàm `ga()` trong Matlab với mã hoá gen bằng số thực kiểu double. Các giá trị thiết lập cho GA gồm: Kích thước quần thể, PopulationSize = 150; Generation = 450. Hàm mục tiêu được sử dụng như trong công thức sau

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

Trong đó: $e(k) = x_d(k) - y(k)$ là mẫu dữ liệu sai lệch tại chu kỳ mô phỏng thứ k , l là tổng số mẫu dữ liệu của một lần chạy chương trình mô phỏng. $x_d(k)$ là giá trị tham chiếu ở đầu vào, trong nhiều bài toán thì đại lượng này là hằng số. $y(k)$ là giá trị đáp ứng thật của đầu ra trên đối tượng điều khiển.

Kết quả thu được bộ tham số cho bộ điều khiển như trong Bảng 4.

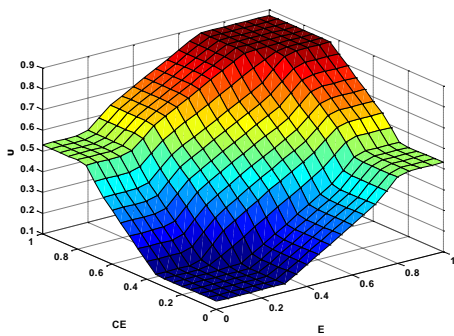
Bảng 4. Các tham số tối ưu của bộ điều khiển HAC theo GA

	e	ce	u
$\alpha = \mu(L)$	0.30185	0.391122	0.484335

Từ các tham số mờ tối ưu tìm được như trong Bảng 4, ta tính toán giá trị định lượng ngữ nghĩa của các hạng tử ngôn ngữ trong bảng luật ta thu được bảng QRBS của bộ điều khiển HAC tối ưu như trên Bảng 5 và mặt quan hệ vào/ra tương ứng trên Hình 3.

Bảng 5. QRBS của bộ điều khiển HAC tối ưu

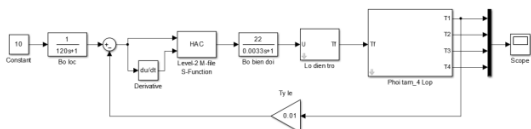
ce	0.2437	0.3491	0.5	0.6509	0.7563	
c	0.1854	0.1411	0.1411	0.2737	0.4062	0.5307
	0.3044	0.1411	0.2737	0.4062	0.5307	0.6408
	0.5000	0.2737	0.4062	0.5307	0.6408	0.7580
	0.6956	0.4062	0.5307	0.6408	0.7580	0.8752
	0.8146	0.5307	0.6408	0.7580	0.8752	0.8752



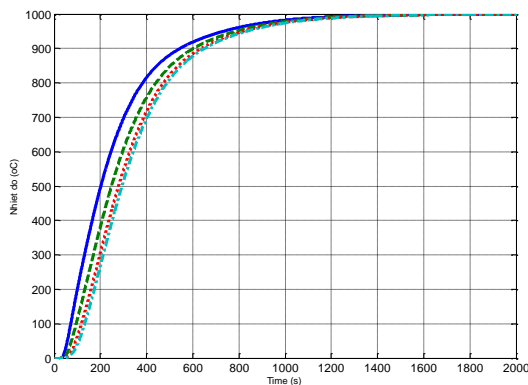
Hình 5. Mặt quan hệ vào ra S^3_{real} của bộ điều khiển HAC tối ưu

Sử dụng bộ điều khiển HAC để điều khiển nhiệt độ phôi tấm, chúng tôi thu được kết quả như sau.

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG



Hình 6. Sơ đồ Simulink mô phỏng hệ thống



Hình 7. Nhiệt độ các lớp của phôi tấm

Nhận xét: Dựa vào kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển thép tấm sử dụng bộ điều khiển đại số gia tử cho thấy

+ Thời gian quá độ là 833s; lượng quá điều chỉnh 0%; Số lần dao động là 0 lần; sai lệch tĩnh $S_r\% = 0\%$.

+ Sau thời gian 1400s nhiệt độ của bốn lớp của thép tấm đều đạt gần bằng nhau.

Như vậy, sử dụng bộ điều khiển đại số gia tử ta có thể điều khiển nhiệt độ thép tấm đạt nhiệt độ mong muốn (nhiệt độ đặt) với sai lệch tĩnh bằng không, không có quá điều chỉnh.

KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu một phương pháp ứng dụng đại số gia tử để thiết kế bộ điều khiển trường nhiệt độ thép tấm có tính đến việc tối ưu hóa các thông số của bộ điều khiển. Các kết quả mô phỏng hệ thống điều khiển nhiệt độ thép tấm theo đại số gia tử cho thấy tính đúng đắn của mô hình toán học dạng hàm truyền của phôi tấm và bộ điều khiển gia tử. Để kiểm nghiệm khả năng ứng dụng thực tế của nghiên cứu này ta cần thí nghiệm trên mô hình thực khi đó kết quả nghiên cứu sẽ có ý nghĩa thực tế rất cao.

Lời cảm ơn

Bài báo này được tài trợ bởi đề tài KHCN-TB.12C/13-18, trong Chương trình Khoa học Công nghệ phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Bắc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Hải và Trần Thế Sơn, *Kỹ Thuật Nhiệt*, Nxb Khoa học và kỹ thuật Hà Nội
2. Dinko Vukadinović, Mateo Bašić, Cat Ho Nguyen, Nhu Lan Vu, Tien Duy Nguyen, “Hedge-Algebra-Based Voltage Controller for a Self-Excited Induction Generator”, *Control Engineering Practice*, vol. 30, pp. 78-90, 2014.
3. Hai-Le Bui , Cat-Ho Nguyen, Nhu-Lan Vu, Cong-Hung Nguyen, “General design method of hedge-algebras-based fuzzy controllers and an application for structural active control”, *Applied Intelligence*. DOI 10.1007/s10489-014-0638-6. © Springer Science+Business Media New York 2015.

4. Ho N.C., Wechler W. (1990), "Hedge algebra: An algebraic approach to structures of sets of linguistic truth values", *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 35, pp. 281-293.
5. N. C. Ho, N. V. Long (2007), "Fuzziness measure on complete hedge algebras and quantifying semantics of terms in linear hedge algebras", *Fuzzy Sets and Systems*, 158(4), pp. 452-471.
6. Ngô Minh Đức (2009), Thiết kế bộ quan sát và điều khiển nhiệt độ trong phôi tấm. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật- Đại học Thái Nguyên
7. Nguyễn Hữu Công, Điều khiển tối ưu cho đối tượng có tham số phân bố, biến đổi chậm, Luận án tiến sỹ kỹ thuật 2003.

ABSTRACT**RESEARCH CONTROL TEMPERATURE FIELD OF PLATE SLAB APPLYING HEDGE-ALGEBRA**

Nguyen Huu Cong^{1*}, Vu Ngoc Kien², Nguyen Tien Duy²

¹*Thai Nguyen University,*

²*University of Technology - TNU*

The control of the temperature of plate slab, as the control of the temperature field in slab when only measuring the temperature in the furnace, is a highly applicable problem in many industries. In this paper we present the design of the plate slab temperature controller applying hedge – algebra that mentioning the optimization of the controller parameters by GA assuming the mathematical model of the slab is as the transfer function model. The results of the research have been verified through simulation and have shown the possibility of being able to apply in practice.

Keywords: *Plate slab, transfer function model, hedge – algebra, temperature field, GA, controller*

Ngày nhận bài: 23/3/2018; Ngày phản biện: 10/5/2018; Ngày duyệt đăng: 31/5/2018

* Email: conghn@tu.edu.vn