

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TỰ CHỈNH ĐỊNH THAM SỐ PID CHO ĐỐI TƯỢNG Lò NHIỆT

Phùng Tiến Duy^{1*}, Nguyễn Đức Nhật¹, Nguyễn Đức Anh¹,
Trần Trung Dũng¹, Nguyễn Duy Hiền¹, Mai Văn Chung¹

¹Trường Đại học Hùng Vương, Phú Thọ

Ngày nhận bài: 27/02/2020; Ngày chỉnh sửa: 27/3/2020; Ngày duyệt đăng: 27/3/2020

Tóm tắt

Lò nhiệt là thiết bị khó điều khiển bởi hàm truyền là một hàm có hai thành phần gồm quán tính bậc nhất và khâu trễ. Vì vậy, một số phương pháp điều khiển truyền thống thường vẫn tồn tại ít nhiều khó khăn nhất định cho người thiết kế hệ thống điều khiển. Bài báo đã sử dụng phương pháp phân hồi âm lặp kết hợp với khâu rô-le đã khắc phục được phần nào các nhược điểm đó. Với phương pháp đề xuất sẽ có khả năng tự dò được hệ số PID của bộ điều khiển, làm cho đơn giản hóa trong việc tính toán thiết kế điều khiển lò nhiệt. Các kết quả mô phỏng của thuật toán trên phần mềm Matlab cho thấy thuật toán có thể ứng dụng trong thực tế.

Từ khóa: Bộ PID tự chỉnh định tham số, Điều khiển lò nhiệt, Điều khiển PID.

1. Đặt vấn đề

Lò điện trở là thiết bị biến đổi điện năng thành nhiệt năng thông qua dây đốt. Từ dây đốt, qua bức xạ, đối lưu và truyền nhiệt dẫn nhiệt, nhiệt năng được truyền tới vật cần gia nhiệt. Lò điện trở được dùng để nung, nhiệt luyện nấu chảy kim loại màu và hợp kim màu [1]... Vấn đề đặt ra là cần điều khiển nhanh và chính xác hay chính là thiết kế bộ điều khiển cho lò nhiệt.

Với điều khiển kiểu đóng - ngắt (ON-OFF), trong quá trình điều khiển nhiệt, rô-le nhiệt sẽ đóng ngắt khi nhiệt độ lò

thấp hoặc lớn hơn giá trị đặt [2]. Do quán tính của quá trình nhiệt, khi cắt điện đốt lò, nhiệt độ điều khiển vẫn còn tăng thêm một giá trị nào đó và khi đóng điện, nhiệt độ vẫn còn giảm. Do đó, phương pháp điều khiển ON-OFF thường độ lệch nhiệt độ điều khiển xấp xỉ từ vài đến 10% [3]. Trong khi đó, điều khiển kiểu tương tự là hệ thống điều nhiệt điện tử cho phép điều khiển liên tục quá trình đốt lò thông qua khóa điện tử. Như vậy lò được điều khiển đốt bằng các xung điện, có chu kỳ điều khiển được, tùy thuộc vào trạng thái nhiệt của lò. Do vậy, phương pháp điều nhiệt này

có độ chính xác cao so với phương pháp điều khiển ON-OFF [4]. Vấn đề đặt ra cần xác định được thông số của PID của bộ điều khiển.

Có hai phương pháp thông dụng được dùng để chỉnh định thông số cho bộ điều khiển PID. Phương pháp “Phản hồi đóng cắt kiểu rơ-le” [5] có ưu điểm là đơn giản và dễ thực hiện, tuy nhiên thông tin thu được chỉ ở tại tần số cắt của hệ thống. Phương pháp “Phản hồi dò lặp” [6], thì cho đáp ứng của hệ thống tối ưu, tuy nhiên việc thực hiện lại khó khăn. Nhằm loại bỏ nhược điểm và sự phức tạp của hai phương pháp trên, đồng thời kết hợp ưu điểm của từng phương pháp thì phương pháp “Tự chỉnh thông số PID sử dụng phản hồi âm lặp kết hợp với khâu rơ-le”

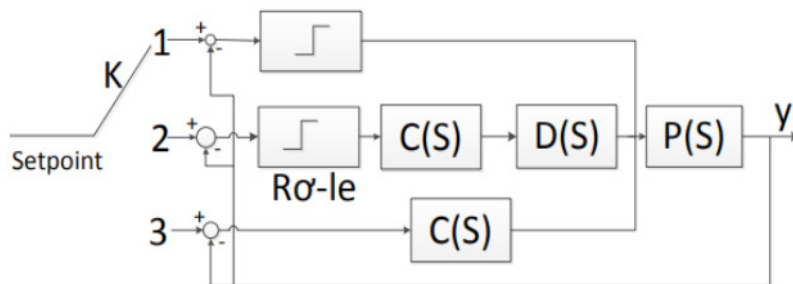
để chỉnh định tự động thông số của bộ điều khiển PID.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Xây dựng cấu trúc

Cấu trúc tổng quan của phương pháp “Tự chỉnh thông số PID sử dụng phương pháp phản hồi lặp kết hợp với khâu rơ-le” được mô tả ngắn gọn như trong Hình 1, trong đó:

- Rơ-le là khâu đóng cắt 2 vị trí.
- $C(s)$ là bộ điều khiển PID chuẩn
- $D(s)$ là thành phần trễ được thêm vào hệ thống để thực hiện thuật toán.
- $P(s)$ là hàm truyền của đối tượng cần điều khiển.



Hình 1. Phương pháp phản hồi lặp kết hợp khâu rơ-le

Theo như Hình 1, toàn bộ phương pháp “Tự chỉnh thông số PID sử dụng phản hồi lặp kết hợp với khâu rơ-le” gồm ba bước chính sau:

- Bước 1: Xác định điểm biên giới ổn định của đối tượng (tức là xác định K_u và T_u). Từ

đó tìm được thông số khởi tạo cho bộ điều khiển PID theo Bảng 1.

- Bước 2: Ở bước này, thông số của bộ điều khiển PID sẽ được điều chỉnh lặp đi lặp lại nhiều lần để hệ thống có độ dự trữ pha và tần số cắt mong muốn. Bước này sẽ được phân tích chi tiết ở phần sau.

Bảng 1. Bảng thông số tính PID theo phương pháp Ziegler-Nichols 2

	Kc'	Ti	Td
Bộ điều khiển P	$Kc' = 0.5Ku$	-	-
Bộ điều khiển PI	$Kc' = 0.45Ku$	$Ti = \frac{Tu}{1.2}$	-
Bộ điều khiển PID	$Kc' = 0.6Ku$	$Ti = \frac{Tu}{2}$	$Td = \frac{Tu}{8}$

• Bước 3: Hệ thống lúc này chỉ có bộ điều khiển PID và đối tượng cần điều khiển, với thông số của bộ điều khiển PID được tìm theo phương pháp đã đề xuất.

2.2. Xây dựng công thức toán học

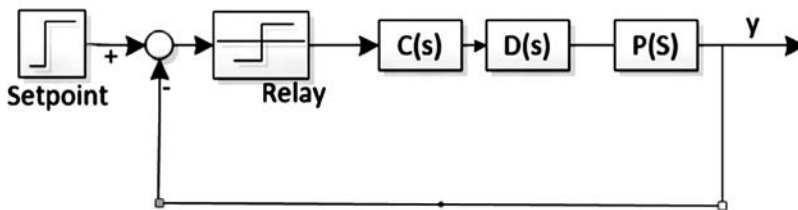
Xét hệ thống điều khiển như Hình 2, trong đó:

• Khâu trễ D(s) được xấp xỉ dưới dạng:

$$D(s) = e^{Ls} = \frac{1 - 0.5Ls}{1 + 0.5Ls} \tag{1}$$

Bộ điều khiển PID có dạng:

$$C(s) = Kc' \left(1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right) \tag{2}$$



Hình 2. Hệ thống thực hiện chỉnh định thông số bộ điều khiển PID

Do chỉ có 2 chỉ tiêu chất lượng là độ dự trữ pha và tần số cắt ω_b nên chỉ 2 thông số của bộ điều khiển được điều

chỉnh độc lập. Nếu chọn $T_d = T_i/4$ theo Ziegler-Nichols thì bộ điều khiển C(s) có thể được viết lại dưới dạng:

$$C(s) = Kc' \frac{Kc'}{sT_i} \left(1 + s\frac{T_i}{2} \right)^2 = Kc' \frac{Kc'}{s} \left(1 + s\frac{T_i}{2} \right)^2 \tag{3}$$

Giả sử đáp ứng của hệ thống được biểu diễn dưới dạng: $y = asin(\omega t)$

$$\frac{\partial y_i}{\partial \rho} = \frac{\partial a}{\partial \rho} \sin(\omega t) + \alpha t \frac{\partial \omega}{\partial \rho} \cos(\omega t) \quad (4)$$

Với cấu trúc hệ thống như trên Hình 2 theo phương pháp phản hồi Lelay phương trình có dạng:

$$\begin{aligned} \frac{4h}{\pi\alpha} C(j\omega)D(j\omega)P(j\omega) &= -1 \\ \mapsto \alpha &= R_e\left(\frac{-4h}{\pi\alpha} C(j\omega)D(j\omega)P(j\omega)\right) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \alpha}{\partial \rho} &= R_e\left(\frac{-4h}{\pi\alpha} C(j\omega)D(j\omega)P(j\omega)\right) \frac{1}{C(j\omega)} \frac{\partial C(j\omega)}{\partial \rho} \\ &= R_e\left(\alpha \frac{1}{C(j\omega)} \frac{\partial C(j\omega)}{\partial \rho}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

Thay C(s) từ (3) vào công thức (6) và lần lượt lấy $\rho = K_c$, $\rho = T_i$. Khi đó đạo hàm của a theo ρ được xác định như sau:

$$\begin{cases} \frac{\partial a}{\partial K_c} = \frac{a}{K_c} \\ \frac{a}{T_i} = \frac{2a\omega^2 T_i}{4 + \omega^2 T_i^2} \end{cases} \quad (7)$$

Tương tự như vậy thay C(s) từ phương trình (3) vào phương trình (5) ta thu được:

$$\frac{4h}{\pi\alpha} \frac{K_c}{j\omega} \left(1 + j\omega \frac{T_i}{2}\right)^2 D(j\omega)P(j\omega) = -1 \quad (8)$$

Hay:

$$\arg\left(\frac{1}{j\omega} \left(1 + j\omega \frac{T_i}{2}\right)^2 D(j\omega)P(j\omega)\right) = -1 \quad (9)$$

Từ (9) nhận thấy ω độc lập với $K_c \rightarrow \partial\omega/\partial K_c = 0$, đạo hàm của ω theo T_i có thể được tính gần đúng là:

$$\frac{\partial \omega}{\partial T_i} = \frac{\omega_j - \omega_{j-1}}{T_j - T_{j-1}}$$

Như vậy đạo hàm của ω theo ρ xác định được như sau:

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega}{\partial K_c} = 0 \\ \frac{\partial \omega}{\partial T_i} = \frac{\omega_j - \omega_{j-1}}{T_j - T_{j-1}} \end{cases} \quad (10)$$

Trong đó:

ω_j và ω_{j-1} lần lượt là tần số góc ở chu kỳ j và $j-1$.

T_{ij} và T_{j-1} lần lượt là hệ số tích phân ở chu kỳ j và $j-1$. Như vậy từ (7) và (10) ta tính được gradient $\partial y/\partial \rho$ như sau:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial \rho} &= \begin{pmatrix} \frac{\partial y}{\partial K_c} \\ \frac{\partial y}{\partial T_i} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \frac{\alpha}{\partial K_c} \sin(\omega t) \\ \frac{2\alpha\omega^2 T_i}{4 + \omega^2 T_i^2} \sin(\omega t) + \alpha t \frac{\omega_j - \omega_{j-1}}{T_j - T_{j-1}} \cos(\omega t) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

Khi đáp ứng của hệ thống bám theo tín hiệu chủ đạo $y_i^d = \frac{4}{\pi} \sin(\omega_b t)$ thì $a = 4h/ = (a) = 1$. Phương trình xác định cực trị có dạng:

$$\begin{aligned} C(j\omega)P(j\omega)e^{-j\omega_b L} &= -1 \\ \leftrightarrow \omega_b L &= -\pi + \arg(C(j\omega)P(j\omega)) \end{aligned} \quad (12)$$

Độ dự trữ pha của hệ thống gồm $C(s)$ và $P(s)$ được định nghĩa là:

$$\begin{aligned} \phi_m &= -\pi + \arg(C(j\omega)P(j\omega)) \\ \phi_m &= \omega_b L \end{aligned} \quad (13)$$

Trước khi kết thúc phần xây dựng các phương trình phục vụ cho việc thực hiện thuật toán, cần phải làm rõ thêm vai trò của thành phần trễ. Dead-time $D(s) = e^{-j\omega_b L}$ trong Hình 2. Như đã biết thì thành phần trễ chỉ

làm giảm đường đặc tính tần pha mà không làm ảnh hưởng đến đường đặc tính tần biên của hệ hở. Theo Nyquist, hệ thống sẽ làm việc ở biên giới ổn định với tần số cắt là ω_b khi điều kiện sau xảy ra:

$$\begin{aligned} N(\alpha)C(j\omega_b)D(j\omega_b)P(j\omega_b) &= -1 \\ \leftrightarrow \begin{cases} N(\alpha)|C(j\omega_b)||P(j\omega_b)| = 1 \\ \angle C(j\omega_b) + \omega_b L + \angle P(j\omega_b) = -\pi \end{cases} \end{aligned} \quad (14)$$

Như vậy khi bỏ thành phần trễ ra khỏi hệ thống thì góc pha của hệ hở sẽ tăng lên một lượng $\omega_b L$, điều này ngụ ý rằng: nếu hệ thống ở Hình 2 dao động ở biên giới ổn định với tần số cắt là ω_b (tại tần số này đường cong Nyquist của

hệ hở cắt trục hoành tại -1) mà ta loại bỏ thành phần trễ đi thì góc pha của hệ hở (lúc này chỉ có $C(s)$ và $P(s)$) sẽ là: $\angle C(j\omega_b) + \angle P(j\omega_b) - \pi = \omega_b L$, hay nói cách khác với L được tính theo công thức:

$$\frac{\partial y(\rho_i)}{\partial \rho} = \frac{1}{C(\rho_i)} \frac{\partial C(\rho_i)}{\partial \rho} y_2(\rho_i)$$

Với thông số bộ điều khiển PID tìm được theo thuật toán đề xuất thì hệ thống sẽ có độ dự trữ pha và tần số cắt như mong muốn.

$$P(s) = \frac{K_p e^{-sL}}{(1+sT)^2} \approx \frac{K_p (1-0.5Ls)}{(1+sT)^2 (1-0.5Ls)} \quad (15)$$

Điểm biên giới ổn định của $P(s)$ có thể được xác định theo công thức như sau:

$$\begin{cases} |P(j\omega_u)| = \frac{K_p}{1+(\omega_u T)^2} = \frac{1}{K_u} \\ \arg[P(j\omega_u)] = -2 \arctan(\omega_u T) - 2 \arctan\left(\frac{\omega_u L}{2}\right) = -\pi \end{cases} \quad (16)$$

Nếu đặt $x = \omega_b/\omega_u$ thì phương trình (13) được viết lại thành:

$$\begin{aligned} \phi_m &= \frac{\pi}{2} - 2 \arctan(z \omega_u T) - 2 \arctan\left(\frac{z \omega_u d}{2}\right) \\ &+ 2 \arctan\left(\frac{z\pi}{2}\right) \\ \Leftrightarrow &\left(\frac{\pi \omega_u^2 T d}{4}\right) z^3 + \alpha \left(\frac{\omega_u^2 T d}{2} - \frac{\pi}{2} (\omega_u T + \frac{\omega_u d}{2})\right) z^2 \\ &+ (\omega_u T + \frac{\omega_u d}{2} - \frac{\pi}{2}) z - \alpha \end{aligned} \quad (17)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} \alpha &= \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_m}{2}\right); T = \frac{1}{\omega_u} \sqrt{|K_u K_p - 1|}; \\ d &= \frac{2}{\omega_u} \tan\left[\frac{\pi}{2} - \arctan(\omega_u T)\right] \end{aligned} \quad (18)$$

Từ z tìm được bằng cách giải phương trình (18) ta xác định được ω_b theo công thức: $\omega_b = z\omega_u$

3. Chỉnh định PID dùng phương pháp phản hồi lặp kết hợp với khâu ro-le

Từ những phân tích chứng minh trên có thể đưa ra các bước thực hiện thuật toán như sau:

2.3. Chọn tần số cắt và độ dự trữ pha

Độ dự trữ pha thường được khuyến cáo trong khoảng $\phi_m \in [30; 60]$. Tần số cắt ω_b có thể nhận được bằng cách xét đối tượng bậc hai $P(s)$ được điều khiển bởi bộ điều khiển PID

- Bước 1: Tìm hệ số khuếch đại tĩnh K_p của đối tượng thực hiện bằng cách tác động tín hiệu step (được ký hiệu là u) lên đối tượng và đo đáp ứng của đối tượng (được ký hiệu là y). Khi đối tượng ổn định (sai số giữa giá trị đo

ở thời điểm trước và ở thời điểm hiện tại nhỏ hơn 5% thì được gọi là ổn định) thì hệ số khuếch đại tĩnh của hệ thống được xác định theo công thức: $K_p = y/u$

- Bước 2: Thực hiện khâu rơ-le để xác định K_u và T_u , đồng thời tìm được thông số khởi tạo cho bộ điều khiển PID theo Bảng 1. Tiến hành giải phương trình (18) để tìm nghiệm z (z có thể được xác định trước mà không cần phải giải phương trình này), thay z tìm được vào công thức $\omega_b = z\omega_u$ để xác định được ω_b . Chọn tín hiệu tham chiếu chuẩn: $y_t^d = A_b \sin(\omega_b t)$. Trong đó: $A_b = 4h/\pi$, $\omega_b = z\omega_u$, $\omega_b = 2\pi/T_b$

- Bước 3: Chèn bộ điều khiển PID và khâu trễ vào hệ thống phản hồi có kiểu rơ-le để thu được hệ thống như Hình 2 và tiến hành thực hiện thuật toán “Chỉnh định thông số PID sử dụng phương pháp phản hồi âm lặp kết hợp với khâu rơ-le” để tìm thông số bộ điều khiển.

- Bước 4: Thu thập N mẫu đáp ứng của hệ thống. Sau mỗi nửa chu kỳ dao động, kiểm tra xem y_t đã bám theo y_t^d hay chưa? Nếu y_t đã bám theo y_t^d thì thoát khỏi thuật toán và thông số PID tìm được là thông số tối ưu đáp ứng của hệ thống tại tần số cắt và độ dự trữ pha mong muốn. Nếu y_t chưa bám theo y_t^d thì thực hiện các công việc sau:

- Tính sai lệch $y_t = y_t - y_t^d$ và tính ω_i ở mỗi nửa chu kỳ thứ i .

- Tính vector đạo hàm theo (11)

- Áp dụng công thức:

$$\rho_{i+1} = \rho_i - \gamma_i R_i^{-1} \frac{\partial J}{\partial \rho}(\rho_i)$$

Để tìm thông số bộ điều khiển cho lần lặp tiếp theo, quay lại thực hiện Bước 4.

4. Mô phỏng

Để có thể mô phỏng được đối tượng, gồm hai phần chính:

- Khảo sát đối tượng lò nhiệt, sử dụng kết quả cho phần mô phỏng.

- Mô phỏng phương pháp dựa trên đối tượng đã được khảo sát.

Toàn bộ phần mô phỏng này sẽ được thực hiện trên Matlab Simulink và chi tiết các bước và kết quả được thể hiện như sau:

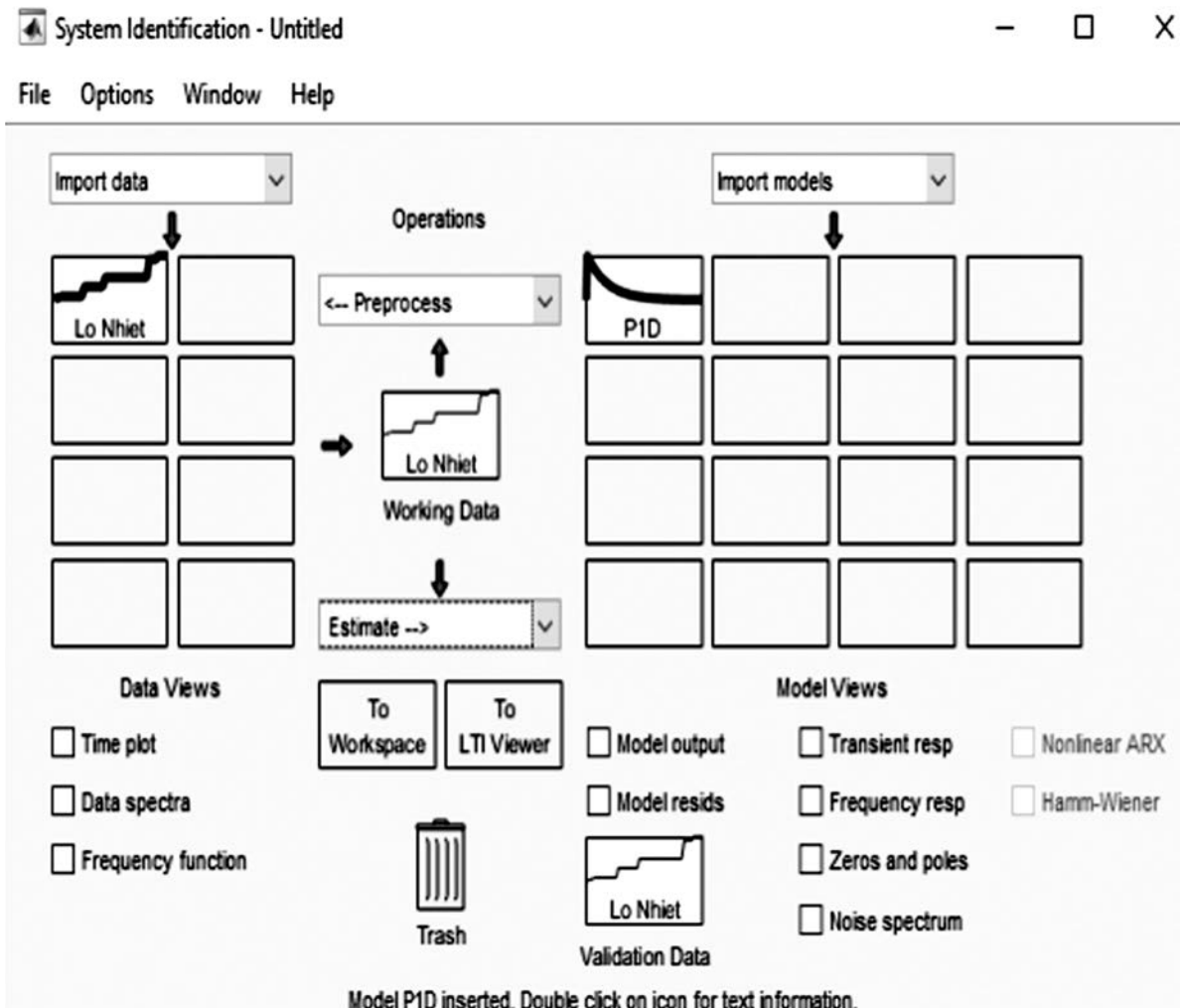
Khảo sát mô hình lò nhiệt

Mục đích: Xác định hàm truyền lò nhiệt để phục vụ cho việc thực hiện mô phỏng quá trình hoạt động của hệ thống trên Matlab ở phần sau.

Công cụ cần dùng: Mô hình lò nhiệt có thể điều khiển nhiệt độ và gửi dữ liệu lên máy tính, phần mềm nhận dạng trên Matlab Simulink là System Identification.

4.1. Quá trình khảo sát

- Bước 1: Đặt giá trị điện áp tới lò nhiệt ở một mức cố định đảm bảo công suất của lò nhiệt là không thay đổi trong suốt quá trình khảo sát. Cảm biến nhiệt độ sẽ đọc giá trị nhiệt độ tại các thời điểm khác nhau (chu kỳ trích mẫu 1100ms). Nhiệt độ đọc được sẽ



Hình 3. Cửa sổ System Identification

được gửi trực tiếp lên máy tính thông qua phần mềm Arduino IDE.

- Bước 2: Sử dụng phần mềm System Identification để nhận dạng đối tượng. Nhập số liệu đã thu thập của giá trị phần trăm điện áp và nhiệt độ lò trong toàn bộ thời gian khảo sát vào file mới trong cửa sổ Variables. Trong cửa sổ System Identification chọn Import data nhập file số liệu điện áp

ở Input và bảng nhiệt độ ở Output. Sau đó chọn mục Estimate rồi chọn Process Models và chọn dạng hàm truyền của lò nhiệt. Thu được giá trị các tham số $K=140$, $T_{p1}=201$, $T_d=6.6$ như hình 4.

Vậy đối tượng lò nhiệt được viết thành như sau: $(S) = (140/201s+1)-6.6s$ với mức điện áp được đặt ở mức 50% so với giá trị max.



Hình 4. Kết quả nhận dạng hàm truyền lò nhiệt

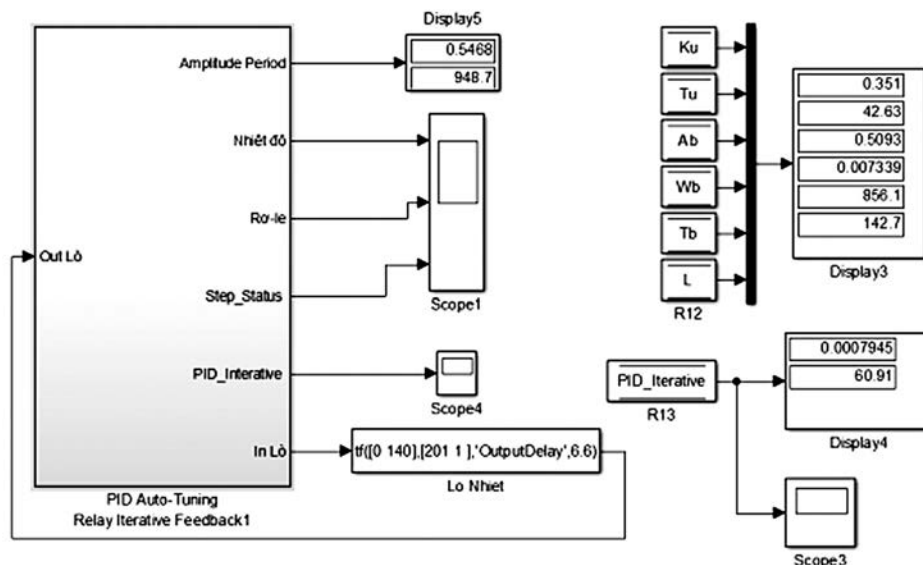
4.2. Mô phỏng quá trình hoạt động của hệ thống trên Matlab

Việc mô phỏng thuật toán trên phần mềm Matlab Simulink trước khi triển khai thuật toán trên vi điều khiển là rất cần thiết. Đối tượng được điều khiển là mô hình

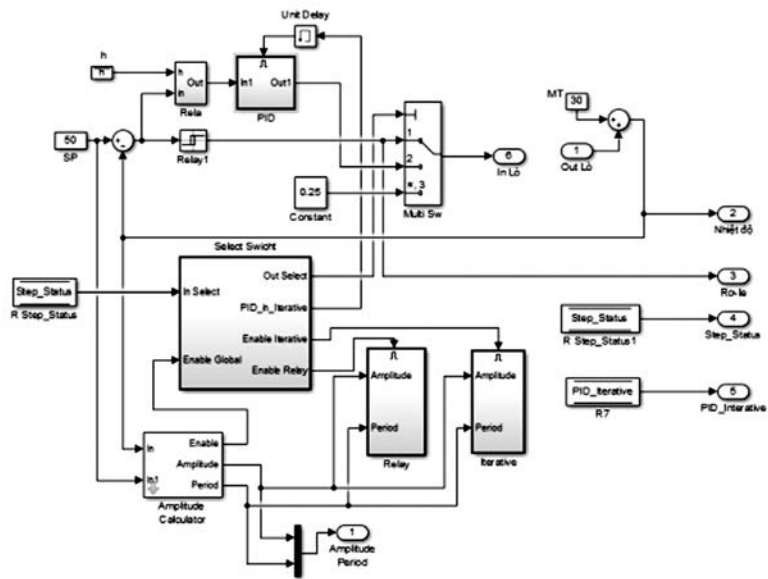
lò nhiệt đã được khảo sát mô hình ở phần trên:

$$G(s) = \frac{140}{201s + 1} e^{-6.6s} \tag{19}$$

Áp dụng thuật toán được đề xuất cho đối tượng với sơ đồ kết nối trong Simulink như Hình 5, 6.

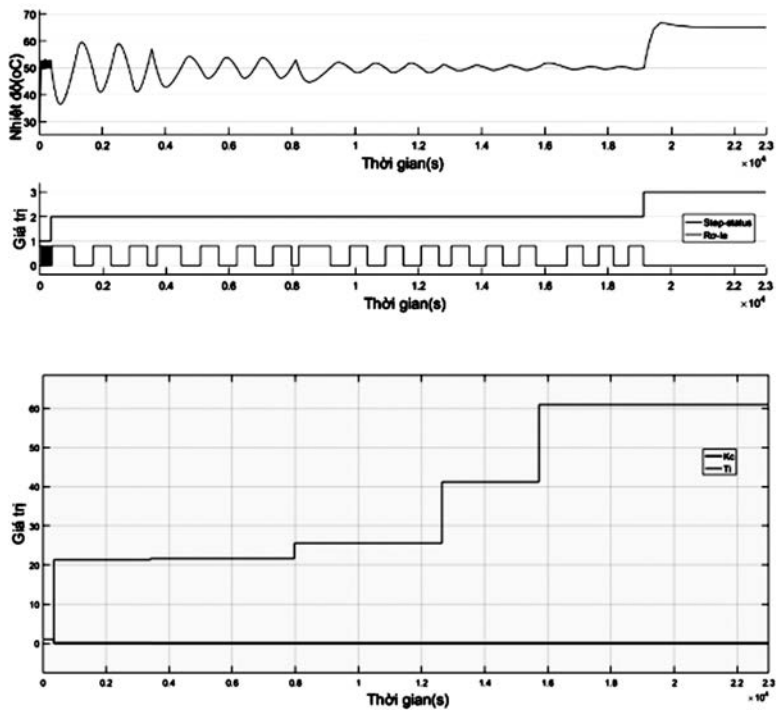


Hình 5. Sơ đồ mô phỏng của lò nhiệt trên Matlab Simulink



Hình 6. Sơ đồ của khối PID Auto-Tuning Relay Interative Feedback

4.3. Kết quả sau khi thực hiện mô phỏng



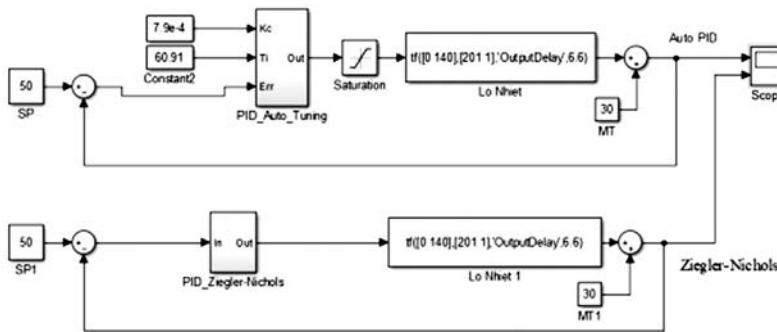
Hình 7. Kết quả mô phỏng của phương pháp tự chỉnh định PID

Quá trình mô phỏng sẽ gồm ba giai đoạn:

- Giai đoạn 1 là bộ điều khiển rơ-le được thực hiện trong khoảng thời gian 380s, và thu được $K_u = 0,3510$ và $T_u = 42,6300s$. Đối tượng tham chiếu là $y_t^d = 0,5093 \sin(0,0073t)$, thời gian trễ $L=142,7s$, bộ điều khiển PID tìm được theo phương pháp Ziegler-Nichols $K_c = 0,0099$, $T_i = 21,3150$.

- Giai đoạn 2 là quá trình thực hiện chỉnh định PID từ 380s-19100s thu được $K_c = 0,0008$ và $T_i = 60,9100$. Sau quá trình này thì đã tìm được bộ PID tối ưu.

- Giai đoạn 3 là quá trình thực hiện bộ PID tối ưu đã tính toán ở giai đoạn 2. Để nhìn rõ quá trình dùng bộ điều khiển PID đã tìm được và so sánh với bộ điều khiển dùng phương pháp Ziegler-Nichols 1 ta sẽ thực hiện sơ đồ mô phỏng bên dưới.

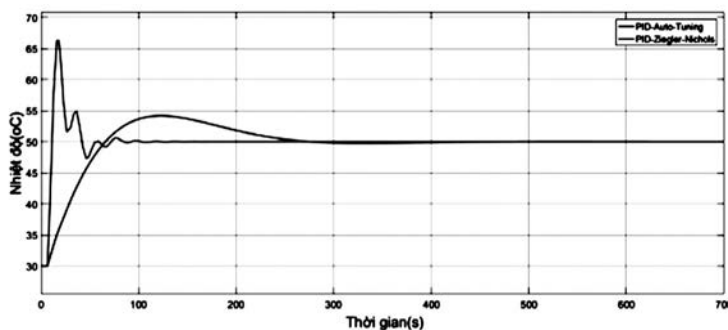


Hình 8. Sơ đồ mô phỏng và so sánh phương pháp chỉnh định PID và Ziegler-Nichols 1

Với phương pháp Ziegler-Nichols 1 dùng cho bộ điều khiển PID ta tính toán các thông số như sau:

$$\begin{cases} K_p = 1.2 * \frac{201}{140 * 6.6} = 0.26 \\ T_i = 2 * 6.6 = 13.2 \\ T_d = 0.5 * 6.6 = 3.3 \end{cases} \quad (20)$$

Sau khi đã tính toán ra được tham số bộ điều khiển PID, thực hiện mô phỏng theo sơ đồ Hình 7.



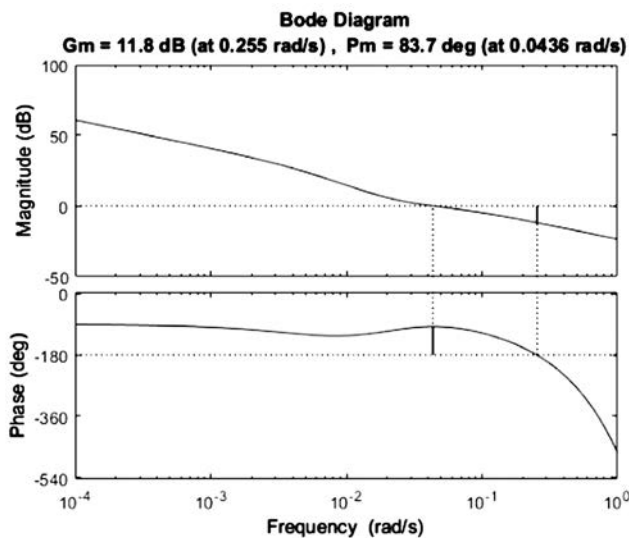
Hình 9. Kết quả mô phỏng đối tượng lò nhiệt dùng tự chỉnh định PID và Ziegler

Từ trên đồ thị thấy rằng:

Phương pháp Ziegler-Nichols 1 cho thời gian quá độ là 100s và độ quá điều chỉnh 30%. Ta thấy ưu điểm là thời gian đáp ứng của hệ thống là khá nhanh nhưng tồn tại nhược điểm khi độ quá điều chỉnh còn khá lớn. Một bộ điều khiển được gọi là tối ưu thì độ lọt võ không được phép quá 20%. Vì vậy phương pháp điều khiển có thể được áp dụng cho những yêu cầu đơn giản, cần sự nhanh chóng và đặc biệt không cần độ chính xác cao. Mặt khác đối với phương pháp tự chỉnh định PID thì mất 275s cho quá trình ổn định

và độ quá điều chỉnh của nhiệt độ là 9%. Đối với đối tượng là lò nhiệt có tính quán tính lớn thì thời gian quá độ có thể chấp nhận được. Tuy nhiên độ quá điều chỉnh đã được giảm xuống còn khá thấp đáp ứng tốt yêu cầu. Nhược điểm duy nhất là thời gian tự chỉnh định tìm thông số bộ điều khiển PID tối ưu tốn khá nhiều thời gian. Phương pháp sẽ ứng dụng những thiết bị cần độ chính xác, không bị ảnh hưởng nhiều khi nhiệt độ tăng cao hơn nhiều so với nhiệt độ mong muốn. Kiểm tra độ dự trữ pha và băng thông hệ hở. Trong m-file nhập dòng lệnh:

```
Kc = 7.9e-4; Ti = 60.91;
Td = Ti/4;
s = tf('s');
G = tf([0 140], [201 1], 'OutputDelay', 6.6);
R = Kc*Ti*(1 + 1/(s*Ti) + 1/(1 + 1/(s*Td)));
margin(G*R)
```



Hình 10. Kiểm tra độ dự trữ pha và tần số của hệ hở

Từ Hình 10, kết hợp với tiêu chuẩn ổn định Bode thì hệ thống đã mô phỏng ổn định. Như vậy với thông số bộ điều khiển

tìm được theo thuật toán được đề xuất thì hệ thống có các chỉ tiêu chất lượng đúng như thiết kế mong muốn.

5. Kết luận

Bộ điều khiển tự chỉnh định tham số PID cho đối tượng lò nhiệt đã đạt được những kết quả: Hệ thống ổn định theo yêu cầu công nghệ, độ quá điều chỉnh thấp hơn phương pháp Ziegler, hệ số PID được dò tự động làm đơn giản hóa trong tính toán, thiết kế bộ điều khiển. Thuật toán đưa ra đã được chứng minh trên phần mềm Matlab. Có thể ứng dụng phương pháp đề xuất ở những hệ nhiệt cần độ chính xác cao nhưng không yêu cầu quá cao về thời gian quá độ.

Tài liệu tham khảo

- [1] Sobota J. & Schlegel M. (2004). Iterative feedback tuning of PID controller. Proceedings of the conference: Process control 2004 (pp. 1-16). 08-11 June 2004, University of Pardubice, Pardubice.
- [2] Nguyễn Doãn Phước (2009). Lý thuyết điều khiển tuyến tính. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Yu C. C. (2006). Autotuning of PID controller: A relay feedback approach. Springer, Taipei-Taiwan.
- [4] Ho W. K., Hong Y., Hansson A., Jalmansson H. & Deng J. W. (2003). Relay auto-tuning of PID controller using iterative feedback tuning. *Automatica*, 39, 149-157.
- [5] Vimala A., Manikandan S., Aravindh T. S., Birundha Devi S. & Sathiya Gopika S. (2019). Microcontroller Based Floor Cleaning Robot. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8, 446-448.
- [6] Manya Jain, Pankaj Singh Rawat & Jyoti Morbale (2017). Automatic floor cleaner. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4, 303-307.

AUTOTUNING OF PID CONTROLLER FOR HEAT SYSTEM

Phung Tien Duy¹, Nguyen Duc Nhat¹, Nguyen Duc Anh¹,
Tran Trung Dung¹, Nguyen Duy Hien¹, Mai Van Chung¹

¹Hung Vuong University, Phu Tho

Abstract

The furnace is a device that is difficult to control because the transfer function is a function of two components including superlative inertia and hysteresis. Therefore, some traditional control methods often still have some difficulties for the control system designers. The article used the feedback method combined with the relay stage to overcome some of these disadvantages. With the proposed method, it is possible to automatically detect the PID coefficient of the controller, making it simpler to calculate the design of the furnace control. The simulation results of the algorithm on Matlab software show that the algorithm can be applied in practice.

Keywords: *Autotuning of PID controller, heat system, PID controller.*