

## Thiết kế bộ điều khiển tự chỉnh thông số PID trên cơ sở hệ luật

Lê Bá Dũng  
Viện công nghệ thông tin

### I. Mở đầu

PID là bộ điều khiển được sử dụng rộng rãi trong điều khiển các quá trình công nghiệp nói chung và trong điều khiển các quá trình công nghệ nói riêng... Ví dụ như trong điều khiển các robot công nghiệp, các robot dùng trong y học, các cơ cấu chấp hành thông minh. Trong thực tế khi điều khiển, các thông số của hệ thống thường xuyên thay đổi, các bộ điều khiển PID thông thường không đáp ứng điều khiển được những trường hợp như vậy. Sử dụng bộ điều khiển PID thích nghi hay tự chỉnh đáp ứng được một số yêu cầu ở trên, nhưng trong trường hợp này ta cũng phải xuất phát từ một yêu cầu thực tế là phải xây dựng mô hình toán học của hệ thống thật chính xác. Thực tế nhiều khi không đáp ứng được các yêu cầu đó bởi lẽ hệ thống trong nhiều trường hợp khó mà mô tả bởi một mô hình toán học chính xác hoặc hệ chịu tác động nhiễu mà ta không thể xác định được.... Thiết kế bộ điều khiển tự chỉnh (ĐKTC) thông số PID trên cơ sở hệ luật (HL) thỏa mãn được những yêu cầu trên. Trong [5] đã thiết kế bộ ĐKTC thông số PID trên cơ sở HL được xây dựng theo sai lệch điều khiển và sự thay đổi của sai lệch trong hai thời điểm cắt mẫu liên tiếp nhau. Trong [6] cũng thiết kế bộ ĐKTC thông số PID trên cơ sở luật được xây dựng theo thay đổi của tín hiệu điều khiển ở thời điểm sau so với thời điểm trước. Nhìn chung các tác giả đều xây dựng các luật dưới dạng "if ... and ... then ...".

Trong bài báo này nêu việc thiết kế bộ ĐKTC thông số PID trên cơ sở HL sử dụng hệ mờ nhiều thông số (multivariable fuzzy system [8]) với ba đầu vào là độ quá điều khiển (overshoot) tỉ số (damper) xem hình 3, thời gian đạt ổn định đầu

tiên giá trị 2% tín hiệu chủ đạo (settling time) và ba đầu ra là các hằng số  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  của bộ ĐKTC, các luật của HL này có cấu trúc dạng "if ... and ... and ... then ... and ... and ...".

## II. Bộ ĐKTC thông số PID trên cơ sở hệ luật

Kinh nghiệm trong lĩnh vực điều khiển tự động rất là phong phú, những kinh nghiệm ấy càng nhiều lên trong những thập kỷ qua. Việc sử dụng những kinh nghiệm ấy vào điều khiển tự động là một hoài bão, mong muốn của các nhà làm việc trên lĩnh vực tự động. May mắn thay kỹ thuật máy tính phát triển, hệ chuyên gia ra đời đã giúp cho các nhà điều khiển học ứng dụng được nó [2,3] vào lĩnh vực điều khiển. Hơn thế nữa [3,4] đã đưa những kinh nghiệm của các chuyên gia vào điều khiển qua điều khiển mờ (fuzzy control) thông qua biến ngôn ngữ.

### 2.1 Cấu trúc của bộ ĐKTC thông số PID trên cơ sở HL

Thông thường muốn thiết kế bộ ĐKTC thông số cần phải xây dựng một cơ cấu nhận dạng thông qua một phương pháp nhận dạng nào đấy. Trong thiết kế bộ ĐKTC thông số PID trên cơ sở HL cơ cấu nhận dạng được xây dựng từ hành vi của đối tượng và những kinh nghiệm của các chuyên gia. Cơ cấu nhận dạng gồm các phần sau:

- + Cơ sở trí thức
- + Cơ chế nhận biết (Pattern recognition engine)
- + Cơ chế suy diễn (inference engine)
- + Cơ chế học (learning engine)

Quá trình nhận dạng thông số ở đây chính là thông qua các hành vi của đối tượng điều khiển, các thông tin từ đáp ứng ra của hệ hở cũng như hệ kín. Đó là việc tính toán các giá trị ra của đáp ứng ra  $y(t)$  và sai lệch điều khiển  $e(t)$

$$e(t) = r(t) - y(t), \quad (1)$$

trong đó

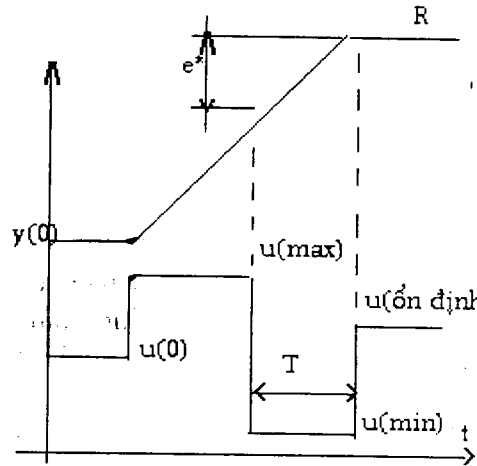
$r(t)$  là tín hiệu chủ đạo

$y(t)$  là tín hiệu ra

$e(t)$  là sai lệch điều khiển.

Trong thực tế điều khiển các quá trình công nghệ, khi thay đổi tín hiệu chủ đạo (giả sử theo chiều tăng) thì tín hiệu điều khiển lúc đó đang ở giá trị ổn định  $u(0)$  tăng lên giá trị  $u(\max)$  (giả sử tăng liên tục) cho đến khi sai lệch  $e(k)$  (sai lệch ở thời điểm  $k$ ) đạt giá trị  $e(k) = r(k) - y(k) \leq e^*$  thì  $u(\max)$  sẽ được biến đổi thành  $u(\min)$ , thời gian cắt mẫu  $T$  giữ giá trị  $u(\min)$  cho đến khi tín hiệu ra  $y(t)$  ổn định đến giá trị mới của tín hiệu chủ đạo  $r(t)$ , có nghĩa lúc đó  $dy/dt = 0$ , xem hình 1 và  $u(\min)$  sẽ được đổi thành  $u$  (ổn định). Kinh nghiệm của các nhà điều khiển học [7] cho thấy

- +  $\epsilon^*$  là quá nhỏ thì đầu ra có quá điều khiển (overshoot)
- + nếu  $\epsilon^*$  là quá lớn thì đầu ra chưa đạt được giá trị ổn định (undershoot)
- + nếu  $T$  không chính xác thì  $dy/dt \neq 0$

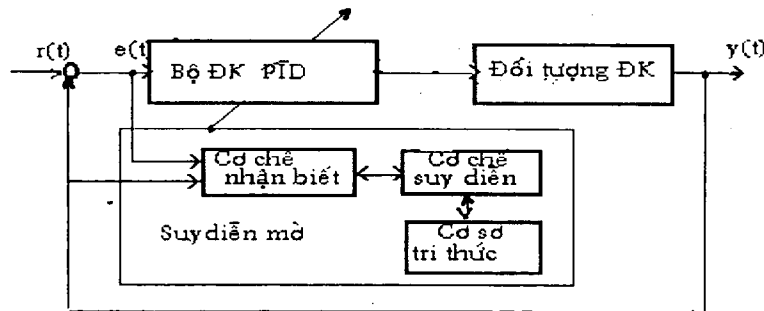


Hình 1. Sự thay đổi tín hiệu điều khiển khi thay đổi tín hiệu chủ đạo

## 2.2 Cơ sở trí thức

Thiết kế bộ ĐKTC thông số PID phải thỏa mãn những yêu cầu cơ bản sau:

- + Làm giảm sai lệch giữa tín hiệu ra và tín hiệu chủ đạo trên cơ sở chỉnh định các thông số của bộ điều chỉnh PID
- + Đáp ứng yêu cầu của người thiết kế theo đáp ứng mong muốn (user specification)
- + Tự chỉnh được thông số khi có nhiễu tác động



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc của bộ ĐKTC thông số PID

Phương trình bộ điều khiển PID có dạng:

$$u(k) = K \left\{ \epsilon(k) + T/T_i \sum e(k) + Td/T [e(k) - e(k-1)] \right\}, \quad (2)$$

ở đây

$u(k)$  là tín hiệu điều khiển ở thời điểm  $k$



PL	0	0	0	0	0	0	.3	.7	1.
----	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Biểu diễn hàm thuộc của các tập mờ PL, PM, ZO cho hằng số DP

	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
PL	0	0	0	0	0	0	.3	.7	1.
PM	0	0	0	.3	.7	1.0	.7	.3	0
ZO	0	0	.3	.7	1.0	.7	.3	0	0

Bảng 1. Hàm thuộc của các biến ngôn ngữ

Hệ luật trên được biểu diễn qua lý thuyết tập mờ trong đó quan hệ mờ được tính theo [8]:

$$R = \bigvee_{i=1}^5 (OV_i \wedge DP_i \wedge QR_i \wedge K_i \wedge Ti \wedge Td_i). \quad (3)$$

Vậy nếu ta do được các giá trị vào  $OV_i, DP_i, QR_i$  ta có thể tính được đầu ra  $y$  là vector

$$y_t = [K, Ti, td]^T = OV_t . DP_t . QR_t . R \quad (4)$$

$$y_t = \{ \bigvee_{OV} OV_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 OV_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{DP} DP_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 DP_{(i)} \wedge K_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{QR} QR_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 QR_{(i)} \wedge K_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{OV} OV_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 OV_{(i)} \wedge T_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{DP} DP_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 DP_{(i)} \wedge T_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{QR} QR_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 QR_{(i)} \wedge Td_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{OV} OV_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 OV_{(i)} \wedge Td_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{DP} DP_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 DP_{(i)} \wedge Td_{(i)} \} \wedge \{ \bigvee_{QR} QR_t \wedge \bigvee_{i=1}^5 QR_{(i)} \wedge Td_{(i)} \} \quad (5)$$

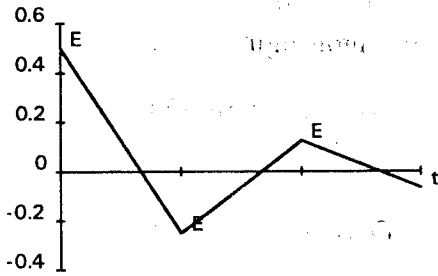
Các thành phần của vector  $y_t$

$$\begin{aligned} K &= OV_t \circ R_{11} \wedge DP_t \circ R_{21} \wedge QR_t \circ R_{31} \\ T_i &= OV_t \circ R_{12} \wedge DP_t \circ R_{22} \wedge QR_t \circ R_{32} \\ Td &= OV_t \circ R_{13} \wedge DP_t \circ R_{23} \wedge QR_t \circ R_{33} \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó

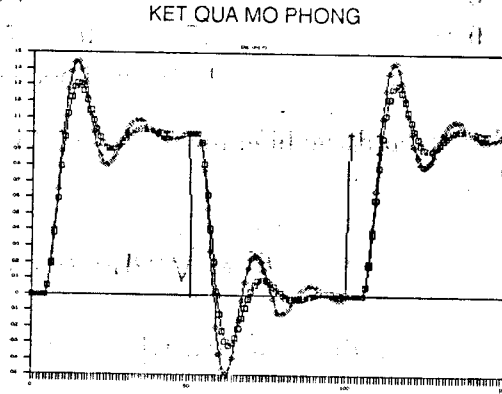
$$\begin{aligned} R_{11} &= \bigvee_{i=1}^5 OV_{(i)} \wedge K_{(i)}; \quad R_{21} = \bigvee_{i=1}^5 DP_{(i)} \wedge K_{(i)}; \quad R_{31} = \bigvee_{i=1}^5 QR_{(i)} \wedge K_{(i)} \\ R_{12} &= \bigvee_{i=1}^5 OV_{(i)} \wedge T_{(i)}; \quad R_{22} = \bigvee_{i=1}^5 DP_{(i)} \wedge T_{(i)}; \quad R_{32} = \bigvee_{i=1}^5 QR_{(i)} \wedge T_{(i)} \\ R_{13} &= \bigvee_{i=1}^5 OV_{(i)} \wedge Td_{(i)}; \quad R_{23} = \bigvee_{i=1}^5 DP_{(i)} \wedge Td_{(i)}; \quad R_{33} = \bigvee_{i=1}^5 QR_{(i)} \wedge Td_{(i)} \end{aligned}$$

và  $\nabla$  lấy giá trị max  
 $\wedge$  lấy giá trị min  
 $\circ$  lấy giá trị maxmin



Hình 3 Tín hiệu sai lệch điều khiển

$$\text{Damping} = \frac{E0-E1}{E1-E2}$$



Hình 4.

+ Đặt giá trị ban đầu  
 □ Quá trình tự chỉnh

### 2.3. Các bước thực hiện và kết quả mô phỏng

Để bộ điều khiển có thể tự chỉnh các thông số  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  cần phải thực hiện các bước sau:

- Đặt giá trị ban đầu  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  cho quá trình điều khiển theo [9]
- Từ đáp ứng ra của hệ điều khiển, xác định các thông số như số lượng quá điều khiển, các đỉnh của quá điều khiển chưa đạt, thời gian đạt ổ định đầu tiên (khoảng 2% tín hiệu chủ đạo)
- Mờ hóa các thông số đã được xác định theo các tập mờ PL, PM, ...
- Tính toán các hằng số mờ  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  theo hệ luật trên và chuyển đổi ra giá trị thực
- Thực hiện một tác động  $u(k)$  theo (2) với các hằng số mới được tạo ra từ các bước trên

Kết quả mô phỏng được viết trên ngôn ngữ C. Cho đối tượng có hàm truyền

$$F(p) = K \exp(-Tz p) / (T_0 p + 1), \quad (7)$$

với  $T_0 = 1$ ;  $Tz = 0.5$ ;  $K = 1$ .

Hình 4 là kết quả mô phỏng của hệ. Qua các đáp ứng trên ta thấy quá trình tự chỉnh các thông số được thực hiện sau khi đã ác định được các giá trị về lượng

quá điều khiển, thời gian đạt ổn định. Từ đó cho phép ta đạt những yêu cầu về thời gian đạt giá trị ổn định đầu tiên sao cho ngắn nhất, độ sai lệch y điều khiển khi ổn định là không.

### III. Kết luận

Bộ DKTC thông số PID trên cơ sở HL đã được thiết kế và kiểm nghiệm qua mô phỏng. Kết quả trên cho thấy có thể sử dụng thuật điều khiển này vào các đối tượng công nghệ khác nhau của nhiều ngành công nghiệp.

#### Tài liệu tham khảo

1. Lê Bá Dũng & Phạm Thượng Cát, *Một số vấn đề cơ bản trong việc thiết kế bộ điều khiển trên cơ sở hệ luật*, Tạp chí tin học và điều khiển học số 1 1992, p. 1-9.
2. Astrom K.J., Anton J. & Azen K.E., *Expert Control*, IFAC Congress, Budapest 1984.
3. Liu Limin, *Knowledge-based Adaptive fuzzy Control*, IFAC-ITAC, Singapore-90.
4. King P.J. & Madami E.H., *The application of fuzzy Control Systems to Industrial Processes*, Automatica, v. 13, 1977, p. 235-242.
5. Lee K.B., *Selp-tunning PID Controller: An Expert Systems Approach*, IFAC-ITAC, Singapore-90.
6. Walter H.B., Robert J. ..., *Design of a Selp-Tunning Rule Based Controller for a Gasoline Refinery Catalytic Reformer*, IEEE Trans. on Autom. Control, v. 15, 1990, n. 2, February.
7. Sripada N.R., Fisher D.G. & Morris A.J., *AI application for process and servo control*, IEE proc. v. 134, 1987, July.
8. Some properties of Expert Control Systems, *Approximate Reasoning in Expert Systems* Elsevier Science Publ., North-Holland 1985.
9. Liesleko J. ..., *An Expert System for Tunning PID Controllers*, IFAC-CAD in Control Systems, Beijing, PRC 1988.
10. Phạm Thượng Cát, ..., *Đo và điều khiển sử dụng máy vi tính*, Sê xuất bản.

#### Abstract

Some problems design-tunning PID controllers based on Rule-Based control

*An implimentation of a selp-tunning PID Controller using Rule-besed fuzzy expert systems approached is described in this paper. The algorithm uses fuzzy logic inferencing to adaptivity tune the parameters of the PID Controllers.*