

XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐA NĂNG DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP THE BUILDING OF A MANYFUNCTION COLTROLER USING IN THE INDUSTRY

GS. TSKH. THÂN NGỌC HOÀN
ThS. NGUYỄN TRỌNG THẮNG
Đại học Dân lập Hải phòng

Tóm tắt

Xây dựng bộ điều khiển hiện đại đa năng, thân thiện với người sử dụng, dễ dàng cài đặt thiết bị điều khiển là rất cần thiết. Xuất phát từ thực tế trên bài báo này trình bày việc nghiên cứu và thiết kế bộ điều khiển hiện đại dùng trong công nghiệp nhằm giúp người dùng tổng hợp được một hệ thống điều khiển với chất lượng tốt.

Abstract

The article deal with design and building of a manyfunction of coltroler using in the insustry. In this articl was presented diferrent algorithms of coltrol, the choice of this algorith, and using the PISOC to build of the schem coltrol.

1. Mở đầu

Lý thuyết Điều khiển tự động đã trải qua hơn 3 thế kỷ hình thành và phát triển, ngày nay cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ đã cho phép ứng dụng được những kết quả của lý thuyết Điều khiển tự động hiện đại như điều khiển tối ưu [8], điều khiển mờ [6], trí tuệ nhân tạo [1]... để tạo nên các bộ điều khiển chất lượng cao sử dụng trong công nghiệp.

Trên thế giới đã có bán sẵn những bộ điều khiển số ứng dụng lý thuyết điều khiển kinh điển PID đáp ứng được phần lớn các yêu cầu điều khiển thực tế. Tuy nhiên sử dụng các bộ điều khiển này muốn đạt được chất lượng điều khiển cao yêu cầu người sử dụng cần phải có kiến thức tốt về kỹ thuật điều khiển và với mỗi đối tượng điều khiển thì tham số tối ưu của bộ điều khiển PID[6] là khác nhau, người sử dụng phải có hiểu biết tốt mới tìm được các giá trị của các tham số này. Đây chính là hạn chế của bộ điều khiển PID kinh điển, do đó xây dựng một bộ điều khiển hiện đại đa năng, thân thiện với người sử dụng, cài đặt thiết bị điều khiển dễ dàng là rất cần thiết. Bài báo trình bày việc nghiên cứu, thiết kế bộ điều khiển hiện đại đa năng ứng dụng trong công nghiệp.

2. Bộ điều khiển mờ

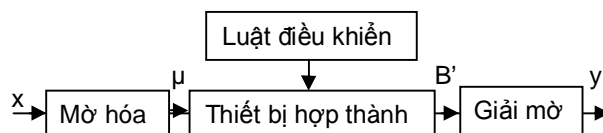
2.1. Khái niệm

Ứng dụng logic mờ người ta đã xây dựng bộ điều khiển mờ. Một bộ điều khiển mờ bao gồm 3 phần chính (H.1.1):

- **Khâu mờ hóa:** Làm nhiệm vụ chuyển đổi từ giá trị rõ đầu vào xác định sang trạng thái đầu vào mờ. Đây là giao diện đầu vào của bộ điều khiển mờ.

- **Thiết bị hợp thành:** Triển khai luật hợp thành trên cơ sở luật điều khiển **IF, THEN**.

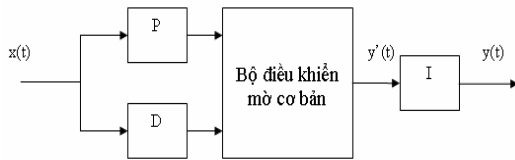
- **Khâu giải mờ:** Chuyển đổi từ giá trị mờ nhận được của thiết bị hợp thành sang giá trị thực để điều khiển đối tượng. Đây là giao diện đầu ra của bộ điều khiển mờ.



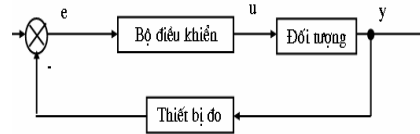
Hình 1.1 Cấu trúc bộ điều khiển mờ cơ bản.

Trong đó: x : Là tập giá trị thực cần điều khiển đầu vào, μ : Tập mờ của giá trị đầu vào, B : Tập giá trị mờ của giá trị điều khiển thực, y : Giá trị điều khiển thực.

Bộ điều khiển mờ cơ bản là một bộ điều khiển mờ tĩnh, nó chỉ có khả năng xử lý các giá trị hiện thời. Để giải quyết được các bài toán điều khiển động, bộ điều khiển mờ cơ bản phải được nối thêm các khâu động học thích hợp. Ví dụ, khâu tỷ lệ, vi phân hoặc tích phân.



Hình 1.2 Cấu trúc bộ điều khiển mờ động.



Hình 1.3 Hệ thống điều khiển với bộ điều khiển mờ.

Hệ thống điều khiển mờ đảm nhiệm chức năng như một hệ thống điều khiển thông thường. Sự khác biệt chủ yếu ở chỗ: khi hệ thống điều khiển truyền thống dựa vào logic kinh điển $\{0,1\}$, thì hệ thống điều khiển mờ thực hiện chức năng điều khiển dựa trên kinh nghiệm và những kết luận theo tư duy của con người, quá trình xử lý đó thông qua bộ logic mờ.

Để thực hiện được quá trình điều khiển, đối tượng phải được điều khiển bằng các tín hiệu rõ. Do vậy, tín hiệu ra của bộ điều khiển mờ phải được giải mờ trước khi đưa vào đối tượng. Cũng tương tự như vậy, tín hiệu ra của đối tượng qua các bộ cảm biến đo lường phải được mờ hóa trước khi đưa vào bộ điều khiển mờ.

Nguyên tắc tổng hợp một bộ điều khiển mờ hoàn toàn dựa vào những phương pháp toán học trên cơ sở định nghĩa các biến ngôn ngữ vào ra, và sự lựa chọn những luật điều khiển trong bộ điều khiển mờ. Thiết bị hợp thành triển khai các luật điều khiển theo một nguyên tắc nhất định (MAX-MIN, MAX-PROD,...), đây là phần cốt lõi của bộ điều khiển mờ.

Để cho thiết bị thực hiện luật điều khiển làm việc đúng chế độ thì phải chọn các biến ngôn ngữ sao cho phù hợp. Các đại lượng vào ra chuẩn và phù hợp với luật điều khiển. Tất cả các vấn đề đó được hình thành trên quá trình thử nghiệm và thiết kế.

Tuy thiết bị hợp thành là bộ phận quan trọng nhất của bộ điều khiển mờ, nhưng khi giải quyết các bài toán động, lại cần các thông tin về đạo hàm hay tích phân của sai lệch. Khi đó tín hiệu vào phải được xử lý sơ qua bằng các khâu động học. Đối với một bài toán có độ phức tạp cao, còn cần đến nhiều bộ điều khiển mờ với các khâu mắc nối tiếp hoặc song song theo kiểu mạng. Dưới đây trình bày cơ sở của các bộ phận bộ điều khiển.

a) Quá trình mờ hoá

Để thực hiện xây dựng bộ điều khiển mờ, trước hết phải mờ hóa là thực hiện một ánh xạ từ một giá trị rõ $x \in U \in R^n$ sang một tập mờ A trong tập nền U. Mờ hóa phải đảm bảo: Độ phụ thuộc lớn nhất, đảm bảo tính khử nhiễu, tính toán đơn giản. Người ta chỉ quan tâm đến 3 kiểu mờ hóa cơ bản sau:

- Hàm Singleton, Hàm hình tam giác, Hàm hình thang.

Trong ba cách trên, mờ hóa theo kiểu Singleton là được sử dụng nhiều.

b) Thiết bị hợp thành

Thiết bị hợp thành được hiểu là sự ghép nối chung giữa bản thân nội dung luật hợp thành và thuật toán xác định giá trị mờ của luật hợp thành khi biết trước giá trị rõ của tín hiệu đầu vào. Trọng tâm của hệ mờ chính là mệnh đề hợp thành **IF – THEN**.

Gọi R là luật hợp thành chung cho các mệnh đề $R_i (i = 1 \div n)$ ở trên:

$$R = \bigcup_i^n R_i \text{ (phép tích hợp các tập mờ } R_i)$$

Thiết bị hợp thành được gọi bằng tên của quy tắc thực hiện luật hợp thành. Trong điều khiển có 4 thiết bị chính sau : Thiết bị hợp thành Max – Min, Thiết bị hợp thành Max –Prod, Thiết bị hợp thành Sum – Prod và Thiết bị hợp thành Sum - Min

c) Giải mờ

Thông thường đầu ra của các bộ điều khiển mờ thường là các tập mờ cho dù với một hay nhiều luật điều khiển (mệnh đề hợp thành), nên ta chưa thể áp dụng cho đối tượng điều khiển. Một bộ điều khiển mờ hoàn chỉnh cần phải có thêm khâu giải mờ (quá trình rõ hóa tập mờ đầu ra B').

Có hai phương pháp giải mờ chính: *Phương pháp cực đại*, *Phương pháp trung bình trọng tâm*.

Tư tưởng chính của phương pháp này là tìm trong tập mờ có hàm thuộc $\mu_R(y)$ một phần tử rõ y_0 với độ phụ thuộc lớn nhất: $y_0 = \underset{y}{\operatorname{argmax}} \mu_R(y)$

Việc giải mờ theo phương pháp cực đại sẽ bao gồm hai bước:

Bước 1: Xác định miền chứa giá trị rõ y_0 . Giá trị rõ y_0 là giá trị mà tại đó hàm thuộc đạt giá trị cực đại, tức là miền.

$$G = \{y \in Y \mid \mu_R(y) = H\}; \text{ với } H \text{ là độ thỏa mãn đầu vào.}$$

Bước 2: Xác định y_0 có thể chấp nhận được từ G.

Luật hợp thành R_i nào chứa miền y_0 thì gọi là luật hợp thành quyết định. Trong trường hợp có nhiều luật hợp thành cùng có hàm thuộc đạt giá trị bằng nhau thì chúng ta phải chọn một trong số các luật hợp thành làm luật hợp thành cho bài toán. Chúng ta có các phương pháp giải mờ sau:

- Phương pháp điểm trọng tâm.
- Phương pháp điểm trọng tâm với luật hợp thành SUM- MIN.

2.2. Các nguyên tắc chung thiết kế bộ điều khiển mờ.

Khi đã thu thập đủ các kinh nghiệm cũng như ý kiến của các chuyên gia và muốn chuyển nó thành các bộ điều khiển thì phải tiến hành các bước sau đây:

- Định nghĩa tất cả các biến ngôn ngữ vào ra.
- Thực hiện công việc mờ hóa.
- Xây dựng luật hợp thành.
- Chọn quy tắc thực hiện lệnh hợp thành hay còn gọi là động cơ suy diễn.
- Chọn các phương pháp giải mờ.

2.3. Một số phương pháp thiết kế bộ điều khiển mờ tiêu biểu

Điều khiển mờ có hai lớp bài toán đó là:

- *Ước lượng mờ:* được áp dụng cho các bài toán điều khiển mà đối tượng điều khiển có mô hình không chính xác hoặc không tường minh hay nói một cách khác là lượng thông tin về đối tượng không đầy đủ.

- *Mô hình mờ:* là bài toán xây dựng mô hình cho đối tượng theo phương pháp mờ.

Có nhiều thuật toán mờ đang được áp dụng và gặt hái nhiều thành công trong công nghiệp như: *Điều khiển Madani*, *Điều khiển mờ trượt*, *Điều khiển Tagai/Sugeno*, *Điều khiển tra bảng* và *Điều khiển Takagi/Sugeno với phương pháp tuyến tính hóa của Lyapunov*.

3. Bộ điều khiển PID số [6]

3.1. Luật điều khiển PID

PID là gồm ba thành phần cơ bản trong bộ điều khiển: Khuếch đại (P), tích phân (I) và vi phân (D). Ba thành phần này phối hợp với nhau, tạo thành bộ điều khiển hoàn chỉnh để điều khiển đối tượng.

Thành phần khuếch đại (P) có tốc độ xử lý tín hiệu nhanh, có tính ổn định cao, thời gian điều khiển ngắn, song có nhược điểm như: hệ thống khi ở trạng thái xác lập luôn tồn tại sai lệch tĩnh.

Thành phần tích phân (I) triệt tiêu được sai lệch tĩnh nhưng tốc độ xử lý tín hiệu còn chậm.

Thành phần vi phân (D) làm tăng tốc độ tác dụng của tín hiệu điều khiển nhưng hệ thống có độ quá điều chỉnh lớn.

Bộ điều khiển PID có nhiệm vụ đưa sai lệch $e(t)$ của hệ thống về 0 sao cho quá trình quá độ thỏa mãn các yêu cầu cơ bản về chất lượng:

+ Nếu sai lệch $e(t)$ càng lớn thì thông qua thành phần tỷ lệ, tín hiệu điều chỉnh $u(t)$ càng lớn (vai trò khuếch đại).

+ Nếu sai lệch $e(t)$ chưa bằng 0 thì thông qua thành phần tích phân, bộ điều khiển PID vẫn còn tín hiệu điều chỉnh (vai trò của tích phân).

+ Nếu có sự thay đổi của sai lệch $e(t)$ càng lớn thì thông qua thành phần vi phân, phản ứng thích hợp của tín hiệu điều chỉnh $u(t)$ sẽ càng nhanh (vai trò của vi phân).

Luật điều khiển PID được biểu diễn bằng phương trình sau đây:

$$u(t) = k_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

Trong đó $e(t)$ là tín hiệu đầu vào, $u(t)$ - tín hiệu đầu ra, k_p hệ số khuếch đại, T_I và T_D tương ứng là hằng số thời gian tích phân và vi phân. Chất lượng của hệ thống phụ thuộc vào các tham số k_p , T_I , T_D . Để chọn các tham số này phải phân tích đối tượng rồi mới chọn cho phù hợp.

Hàm truyền của PID biểu diễn dưới dạng cộng:

$$W_{PID^+}(s) = k_p \left[1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right] \quad (2)$$

Hàm truyền biểu diễn dưới dạng nhân:

$$W_{PID.MUL}(s) = \frac{k_p^* (1 + T_I^* s)(1 + T_D^* s)}{T_I^* s} \quad (3)$$

Dạng (13) dùng cho việc tính toán tham số của bộ điều khiển, còn luật cộng (12) là luật được cài đặt trong các bộ PID số. Ở dạng (12) nhà chế tạo dễ dàng cung cấp giải pháp lựa chọn luật điều khiển khác như luật P, I, luật PI, luật PD trên nền luật PIKD. Quan hệ của các tham số giữa hai luật được biểu diễn bằng các phương trình dưới đây:

$$k_p = \frac{k_p^* (T_I^* + T_D^*)}{T_I^*} \quad (14), \quad T_I = T_I^* + T_D^* \quad (15), \quad T_D = \frac{T_I^* \cdot T_D^*}{T_I^* + T_D^*} \quad (4)$$

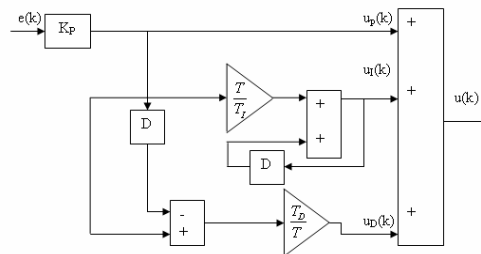
Luật PID có khả năng bù các hằng số thời gian lớn của đối tượng điều khiển làm cho hệ kín chuyển trạng thái nhanh và làm giảm sai số tĩnh của hệ ở chế độ xác lập.

3.2. Bộ điều khiển PID số

Yêu cầu đặt ra là bộ PID số phải có tính linh hoạt cao, giao diện thân thiện với người sử dụng. Thông qua HMI, người sử dụng có thể chọn luật điều khiển dễ dàng, có thể điều khiển các đối tượng công nghiệp theo luật P, I, PI, PD và có thể lựa chọn tham số của các luật phù hợp với đối tượng thiết kế.

Luật điều khiển PID số

Trên H.1.13 biểu diễn cấu trúc của PID số, từ cấu trúc PID số trong Hình 1.13, ta có:



$$\begin{aligned}
 u(k) &= k_p \left\{ e(k) + \frac{T}{T_I} e(k) + u_I(k-1) + \frac{T_D}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \\
 u(k) &= k_p \left\{ \left(1 + \frac{T_D}{T}\right) e(k) - \frac{T_D}{T} e(k-1) + \frac{T}{T_I} e(k) + u_I(k-1) \right\} \\
 u(k) &= k_p \left\{ \left(1 + \frac{T_D}{T} + \frac{T}{T_I}\right) e(k) - \frac{T_D}{T} e(k-1) + u_I(k-1) \right\}
 \end{aligned} \tag{5}$$

3.3. Chỉnh định mờ bộ điều khiển PID

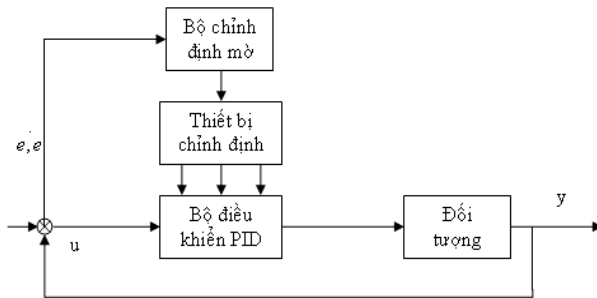
Trong lý thuyết điều khiển tuyến tính, có nhiều phương pháp hữu hiệu để xác định tham số k_R , T_I , T_D cho bộ điều khiển PID. Tuy nhiên, hạn chế chung của các phương pháp này là chỉ tổng hợp được một bộ điều khiển (PID) cho một đối tượng xác định. Với một đối tượng khác cần phải tổng hợp một bộ điều khiển khác. Phương pháp chỉnh định mờ tham số bộ điều khiển PID cho phép một bộ điều khiển (PID) có thể làm việc với nhiều đối tượng khác nhau. Tư tưởng cơ bản của phương pháp là ứng dụng lý thuyết tập mờ vào chỉnh định tham số k_R , T_I , T_D của bộ điều khiển PID sao cho phù hợp với đối tượng hiện tại.

Có hai phương pháp chỉnh định mờ tham số bộ điều khiển PID:

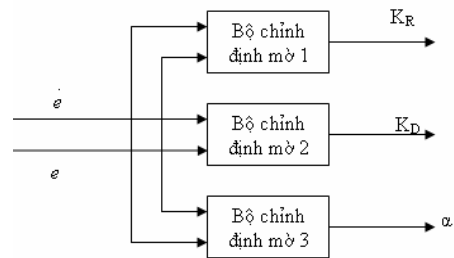
- Phương pháp chỉnh định mờ của Zhao, Tomizuka và Isaka.
- Phương pháp chỉnh định mờ tham số α .

3.3.1. Phương pháp chỉnh định của Zhao, Tomizuka và Isaka.

Các tham số k_R , T_I , T_D hay K_R , K_I , K_D của bộ điều khiển PID được chỉnh định mờ trên cơ sở phân tích tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra của hệ thống, chính xác là sai lệch $e(t)$ và đạo hàm của sai lệch $\frac{de(t)}{dt}$. Sơ đồ hệ thống sử dụng bộ điều khiển PID có các tham số được chỉnh định theo phương pháp mờ được chỉ ra ở hình sau:



Hình 1.5. Phương pháp chỉnh định mờ tham số bộ điều khiển PID của Zhao, Tomizuka và Isaka.



Hình 1.6. Cấu trúc bên trong bộ chỉnh định mờ.

Bộ chỉnh định mờ trong sơ đồ trên có hai đầu vào là sai lệch $e(t)$, đạo hàm sai lệch $\frac{de(t)}{dt}$ và ba

đầu ra là K_R , K_I và α . Trong đó: $\alpha = \frac{T_I}{T_D} \Rightarrow K_I = \frac{K_R^2}{\alpha K_D}$

Có thể xem bộ chỉnh định mờ gồm ba bộ chỉnh định mờ nhỏ, mỗi bộ có hai đầu vào và một đầu ra. Bộ chỉnh định mờ là thành phần quan trọng trong sơ đồ Hình 1.6. Thiết kế bộ chỉnh định như sau:

3.3.2. Bộ chỉnh định mờ I (chỉnh định K_R).

Bộ chỉnh định mờ 1 có đầu vào là sai lệch $e(t)$ và đạo hàm sai lệch $\frac{de(t)}{dt}$. Ra là chỉnh định K_R .

+ Đầu vào 1 (sai lệch $e(t)$): Chọn dải sai lệch và tập mờ như hình sau (H.1.6):

+ Đầu vào 2 (tốc độ sai lệch $\frac{de(t)}{dt}$): Chọn dải tốc độ sai lệch và tập mờ như hình H.1.7.

+ Đầu ra bộ chỉnh định K_R có giá trị từ 0 đến 1000 và có hai tập mờ như hình sau:

(Kỳ sau đăng tiếp)

Người phản biện: TS. Nguyễn Tiến Ban