

# **BỘ ĐIỀU KHIỂN TỶ LỆ-TÍCH PHÂN (PI) DÙNG KỸ THUẬT TINH CHỈNH MỜ.**

**Nguyễn Việt Hùng - Phạm Quang Huy**

Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật

(*Bài nhận ngày 16/03/1999*)

**TÓM TẮT :** Bài báo này giới thiệu vài sơ đồ điều khiển logic mờ để tinh chỉnh trực tuyến các tham số của bộ điều khiển tỷ lệ - tích phân PI nhằm nâng cao tính bền vững (robustness) của hệ thống. Khi áp dụng các sơ đồ điều khiển này vào các hệ thống, ta thấy đáp ứng xung được giảm chấn tốt hơn, khả năng chống nhiễu của hệ được tăng ngay cả khi các tham số của hệ bị thay đổi. Vì thế, các bộ điều khiển dùng kỹ thuật tinh chỉnh mờ còn có thể được áp dụng cho các hệ thống điều khiển nhiều vòng dùng các nguyên tắc nối tầng quy ước. Các kết quả đạt được khi mô phỏng trên máy tính cho thấy hệ thống có khả năng đáp ứng tốt khi có sự thay đổi của các tham số điều khiển và tải, và khe hở phi tuyến.

## **I. MỞ ĐẦU**

Bộ điều khiển tỉ lệ - tích phân (PI) đã được đưa vào sử dụng khá mạnh mẽ và hiệu quả trong công nghiệp. Tuy nhiên, các bộ điều khiển PI dùng các kỹ thuật cũ gặp khá nhiều khó khăn do chúng tỏ ra khá nhạy cảm đối với sự biến động [1] của các tham số điều khiển, sự thay đổi tải, và nhạy cảm với nhiễu.

Để khắc phục những khó khăn trên, xu hướng hiện nay là đưa vào áp dụng các kỹ thuật mới liên quan đến các lĩnh vực như: trí tuệ nhân tạo (AI), hệ chuyên gia (ES), logic mờ (Fuzzy logic), mạng thần kinh nhân tạo (ANN), [2],[3],... kết hợp với các kiến thức kinh nghiệm nhằm tinh chỉnh các tham số điều khiển để đạt được các chỉ tiêu điều khiển tốt nhất. Vì tinh chỉnh hệ số là quá trình chỉnh mịn các giá trị, do vậy ta có thể dùng logic mờ để thực hiện mục đích này.

Bài viết này nhằm mục đích giới thiệu một số sơ đồ logic mờ để tinh chỉnh độ lợi và thời hằng của bộ điều khiển tỉ lệ - tích phân (bộ PI) có cấu trúc mềm dẻo dùng nguyên lý điều khiển nối tầng.

## **II. TINH CHỈNH THAM SỐ BỘ PI**

### **1. Mô hình :**

Trong các hệ thống điều khiển tốc độ, hàm truyền thường có dạng :

$$H_p(s) = \frac{K_0}{(1+T_m s) \prod_{j=1}^{n-1} (1+\tau_j s) e^{s\tau_n}}$$
$$\equiv \frac{K_0}{(1+T_m s)(1+T_\mu s)} \quad (1)$$

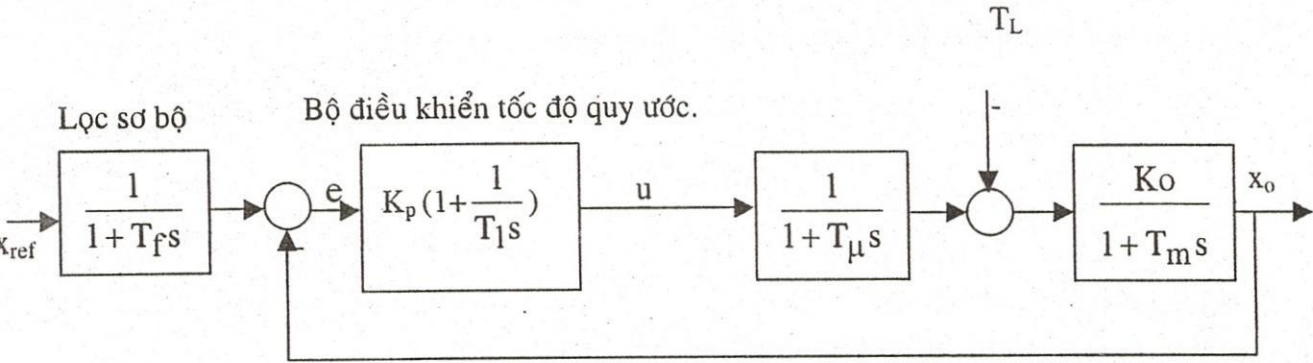
trong đó :

$T_m$ : hằng số thời gian.  $T_m \gg T_\mu$

$T_\mu$ : tổng của các thời gian ký sinh của  $\tau_j$  và thời gian trễ  $\tau_n$

$$T_m \gg \sum_{j=1}^n \tau_j = T_\mu \quad (2)$$

Bộ điều khiển PI được dùng nhiều trong các hệ thống này do việc thiết kế chúng khá đơn giản. Hình 1 vẽ sơ đồ khối tiêu biểu của một bộ điều khiển tốc độ.



Hình 1: Bộ điều khiển tốc độ quy ước.

+ Bộ lọc sơ bộ được dùng để triệt tiêu điểm zero của bộ điều khiển tỉ lệ với giả sử  $T_m/4 \geq T_\mu \Rightarrow 1 + T_m s \equiv T_m s$  tương ứng với tần số  $\omega \geq 1/1 + T_\mu$ .

+ Các giá trị tỉ lệ  $K_p$  và thời hằng  $T_I$  có thể được xác định từ phương pháp tối ưu đối xứng, tối ưu biên độ, bằng tối ưu đối xứng, tối ưu biên độ, hay tối thiểu hóa sai số tuyệt đối thời gian tích phân ITEA [4] (xem bảng 1).

Bảng 1: Các tiêu chuẩn của bộ điều khiển tỉ lệ tích phân (bộ PI)

Tiêu chuẩn	Tham số điều khiển		Đáp ứng	
	Độ lợi $K_p$	Thời hằng $T_I$	Thời gian xác lập	Độ vọt lố %
Cân bằng tối ưu	$\frac{T_m}{2T_\mu K_o}$	$4T_\mu$	$16,5T_\mu$	4,3
Biên độ tối ưu	$\frac{T_m}{2T_\mu K_o}$	$T_m$	$8,4T_\mu$	4,3
ITAE	$\frac{0,7T_m}{T_\mu K_o}$	$3,76T_\mu$	$3,6T_\mu$	3

## 2. Sơ đồ logic mờ dùng tinh chỉnh:

Bài toán tinh chỉnh các tham số điều khiển để có những tính năng điều khiển tốt hơn là bài toán cổ điển nhưng

quan trọng. Các hướng nghiên cứu gần đây đề nghị phương pháp tự tinh chỉnh (auto-tuning) hay tự cân chỉnh (au-calibration). Các kỹ thuật này đòi hỏi phải chuyển sang quá trình nhận dạng để hiệu chỉnh các tham số điều khiển  $K_p$  và  $K_I$  bằng cách cập nhật liên tục các giá trị của  $T_\mu$ ,  $T_m$  và  $K_o$ .



Để cải thiện tính bền vững của hệ thống mà không cần biết chính xác về các tham số hệ thống, ta dùng logic mờ để sự thay đổi liên tục các hệ số  $K_p$  và  $T_I$  khi có sự thay đổi sai số và đạo hàm của sai số.

Tham số kỹ thuật X, có thể được mờ hóa theo luật sau:

XL khi X lớn

XS khi X nhỏ

với các hàm thành viên [5] được tính theo dạng mũ.

$$\left. \begin{aligned} \mu_{XS}(X) &= \exp\left(-\frac{|X|}{\sigma_X}\right) \\ \mu_{XL}(X) &= 1 - \exp\left(-\frac{|X|}{\sigma_X}\right) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$\sigma_X$  là hằng số dương nào đó.

Đặt tên cho ngõ ra K theo tập mờ singleton như sau :

KL khi K lớn

KS khi K nhỏ.

$$\left. \begin{aligned} \mu_{KL}(K) &= \begin{cases} 1 & \text{khi } K = K_{\max} \\ 0 & \text{khi } K \neq K_{\max} \end{cases} \\ \mu_{KS}(K) &= \begin{cases} 1 & \text{khi } K = K_{\min} \\ 0 & \text{khi } K \neq K_{\min} \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Với  $K_{\max}$  giá trị lớn nhất của K

và  $K_{\min}$  bé nhất của K.

(1) Nếu XS lớn thì KS, nếu XL nhỏ thì XL.

(2) Nếu XS lớn thì KL, nếu XL nhỏ thì KS.

Dùng phương pháp điểm trọng tâm (centroid) để giải mờ (defuzzyfication), ta xác định được quan hệ phi tuyến của K theo X :

$$K(X) = \frac{\mu_{XS}K_{\min} + \mu_{XL}K_{\max}}{\mu_{XS} + \mu_{XL}} \quad \text{cho dạng 1 (5a) hay}$$

$$K(X) = \frac{\mu_{XS}K_{\max} + \mu_{XL}K_{\min}}{\mu_{XS} + \mu_{XL}} \quad \text{cho dạng 2 (5b)}$$

Sau khi phân tích đặc tính tần số vòng hở của hệ thống, bao gồm cả bộ PI. Ta dùng sơ đồ (1) cho việc tinh chỉnh  $K_p$  và sơ đồ (2) cho việc tinh chỉnh  $T_T$  theo sai số điều khiển e. Khi tính cả đạo hàm của sai số, việc tinh chỉnh cần có tính thêm hệ số tỉ lệ  $\omega_e$ . Giá trị của  $\omega_e$  được thay đổi liên tục trong sơ đồ (1) theo công thức:

$$d[e(K)] = e(K) - e(K-1)$$

với K là thời gian rời rạc.

đưa vào sai số chuẩn hóa  $\varepsilon$  và  $\delta\varepsilon$  ta có:

$$\varepsilon = \text{sat} \left( \frac{e}{e^{\text{sat}}} \right)$$

$$\delta\varepsilon = \begin{cases} \text{sign} [-e(k-1)] & \text{nếu } e(k) = 0 \\ \frac{de(k)}{e(k)} & \text{nếu } e(k) \neq 0 \end{cases} \quad (6)$$

m có được trong kỹ thuật, ta cần tinh chỉnh K theo X

với  $\text{sat}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 1 \\ x & -1 \leq x \leq 1 \\ -1 & x \leq -1 \end{cases}$

và  $e^{\text{sat}}$  là giá trị biên độ lớn nhất của sai số tương ứng khi bão hoà.

Chọn các giá trị lớn nhất và bé nhất của  $K_p$ ,  $T_I$ , và  $\omega_c$ . ( $K_{p\text{max}}$ ,  $K_{p\text{min}}$ ,  $T_{I\text{min}}$ ,  $\omega_{c\text{max}}$  và  $\omega_{c\text{min}}$ ). Hệ thức để tinh chỉnh  $K_p$  và  $T_I$  rút ra từ (5) là:

$$K_p = \omega_c \left[ K_{p\text{max}} - (K_{p\text{max}} - K_{p\text{min}}) \exp\left(-\frac{|\varepsilon|}{\sigma_\varepsilon}\right) \right] \quad (7)$$

$$T_p = \omega_c \left[ T_{p\text{max}} - (T_{p\text{max}} - T_{p\text{min}}) \exp\left(-\frac{|\varepsilon|}{\sigma_\varepsilon}\right) \right] \quad (8)$$

với

$$\omega_c = \left[ \omega_{c\text{max}} - (\omega_{c\text{max}} - \omega_{c\text{min}}) \exp\left(-\frac{|\delta\varepsilon|}{\sigma_\varepsilon}\right) \right] \quad (9)$$

biết rằng  $\sigma_\varepsilon$  và  $\sigma_{\delta\varepsilon}$  là các hằng số dương.

Điều kiện ổn định cho hình 1 khi:  $1+T_{ms} \equiv T_{ms}$  là:  $T_I > T_\mu$ .

Vậy, khi dùng tinh chỉnh mờ thì hệ thống sẽ ổn định nếu thỏa điều kiện:

$$T_{I\text{min}} > T_{\mu\text{max}} \quad (10)$$

### 3. Dùng tinh chỉnh mờ để cải thiện tính bền vững

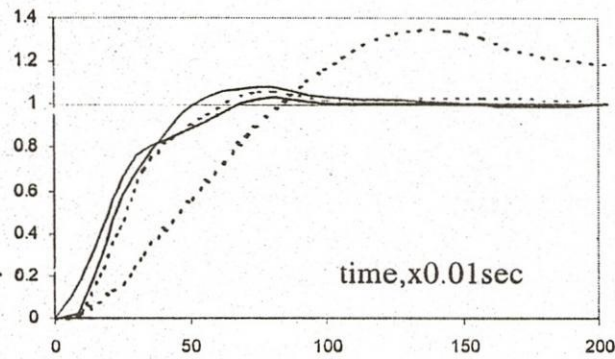
Trong phần này, ta dùng hình 1 để kiểm tra lại sự cải thiện tính bền vững khi dùng tinh chỉnh mờ. Các giá trị  $T_{I\text{nom}}$  và  $K_{p\text{phụ}}$  được tính từ các giá trị danh định của hệ thống. Các giá trị  $K_o$ ,  $T_{I\text{nom}}$ , và  $T_{\mu\text{nom}}$  được tính theo phương pháp tiêu chuẩn đối xứng tối ưu.



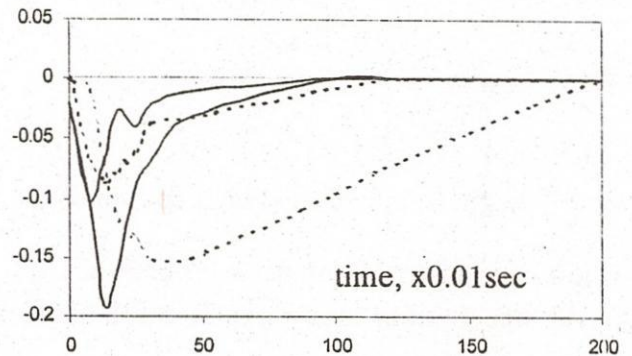
Đặt thời hằng của bộ lọc ban đầu là  $T_f = T_{inom}, K_p, T_i, \omega_c$  ở tại các giá trị giữa và gấp 2 lần so với giá trị danh định thì đáp ứng xung nhận được như hình 2(a) tương ứng cho giá trị danh định: ( $K_o = K_{onom}, T_o = T_{onom}, T_\mu = T_{\mu nom}$ ) (đường đậm).

Trong trường hợp tối hạn của các tham số hệ thống :( $K_o = 0,5K_{onom}, T_m = 2T_{mnom}, T_\mu = 2T_{\mu nom}$ ) ta có đường đứt nét. Sau khi mô phỏng trên máy tính [6],[7], ta có: đáp ứng xung tương ứng khi có nhiễu vẽ ở hình 2(b), khi có hiệu chỉnh mờ (đường 1) và khi không có hiệu chỉnh mờ (đường 2). Rõ ràng là, khi có hiệu chỉnh mờ thì đáp ứng xung của hệ thống đủ nhanh và độ giảm chấn tốt ngay cả khi có sự biến động lớn của các tham số (từ 0.5 đến 2 lần danh định), đồng thời sai lệch cực đại đã giảm xuống 50%.

Hình 2(a)



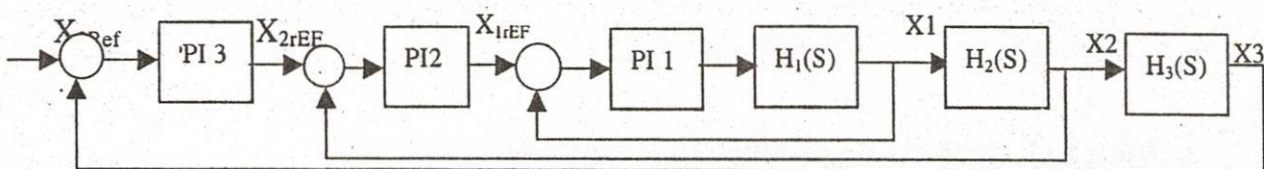
Hình 2(b)



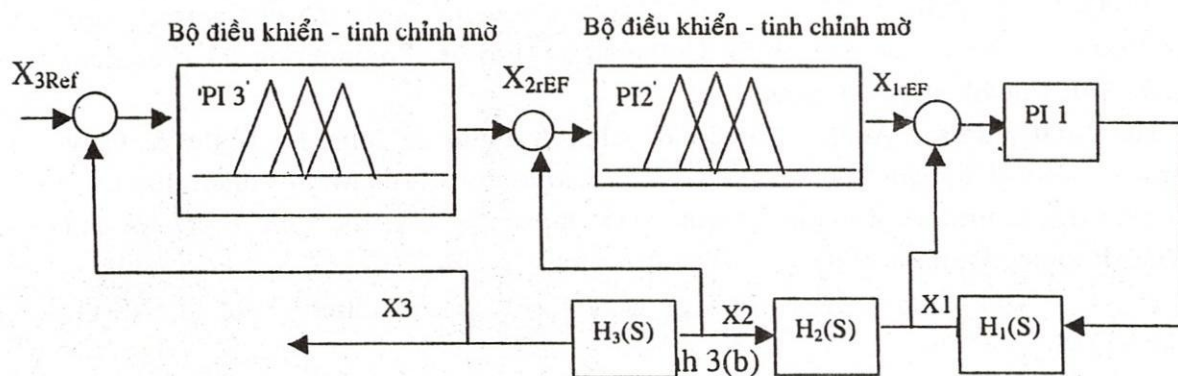
hình 3, trong đó  $X_{1ref}, X_{2ref}, X_{3ref}$ , là các ngõ vào chuẩn của vòng 1, vòng 2, vòng 3 và chúng có thể là các giá trị đặc trưng cho dòng điện, tốc độ hoặc vị trí của hệ thống truyền động. Nếu biết được cấu trúc của hệ thống và giả thiết rằng các tham số là bất biến, thì các tham số của PI là PI1, PI2, PI3 có thể được xác định bằng cách xấp xỉ.

Việc thiết kế dùng phương pháp nối tầng liên tiếp thì tương đối đơn giản nhưng có yếu điểm là dễ bị ảnh hưởng của nhiễu. Chẳng hạn như, do chưa biết một cách chính xác ảnh hưởng của moment tải, và phương pháp xấp xỉ sẽ không áp dụng được nếu tồn tại các yếu tố bất định trong sự thay đổi của tham số hay khi tồn tại tham số phi tuyến. Vì thế, khi sử dụng bộ PI có tính chỉnh mờ thì có thể cải thiện được tính bền vững của hệ điều khiển nối tầng liên tiếp.

Trong phần mô phỏng ta chọn một hệ thống có cấu trúc mềm dẻo có khe hở phi tuyến và có sự hiện diện của lực xoắn bánh răng.



Hình 3(a)



#### IV. KẾT LUẬN

Phần trình bày trên đây là một trong những giải pháp của tác giả trong việc đề xuất một trong các hướng nghiên cứu triển khai trên các hệ thống điều khiển PI dùng tinh chỉnh mờ. Tất nhiên, hiện nay trên thế giới nhiều

nhóm nghiên cứu đã và đang tiến hành

việc nghiên cứu, ứng dụng dựa trên các kỹ thuật hiện đại khác (Ví dụ như điều khiển trượt-mờ, mạng thần kinh, các thuật toán di truyền nhân tạo,...) nhằm giải quyết các vấn đề khó khăn mà tác giả đã nêu ra trong bài viết này.

#### PI-CONTROLLERS WITH FUZZY TUNING

Nguyen Viet Hung – Pham Quang Huy

**ABSTRACT:** This paper presents some simple fuzzy logic schemes for on-line tuning proportional - integral controller parameters to improve system robustness. It is show that with fuzzy tuning the reference response is well damped and the maximum deviation of the disturbance response is reduced even in the case of changing plant parameters. The fuzzy-tuned controller can then be applied to multi-loop control system using the conventional cascade principles. Simulation result indicates that good performance can be achieved in presence of parameter and load variations, and backlash nonlinearity.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. RobertH. Bishop: *Modern Control Systems: Analysis & Design* Addison-Wesley 1997
- [2]. Bart Kosko : *Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamic Systems Approach to Machine Intelligence* Prentice-Hall Inc 1992
- [3]. Kazuo Tanaka: *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Application* Springer 1991.
- [4]. Unland,JW., and Safiuddin, M., "Magnitude and Symmetric optimum criterion for the design of linear control systems; What is it and how does it compare with the others?" IEEE.Trans.Ind.Appl.,Vol.1A-26, No.3, pp.489-497,Jun.1990



[5]. Ha. Q.P. and Palis, F. "Fuzzy Logic Application in a Robust Modal Controller for Position Drive, in Proc. of the 30th Universities Power Engineering Conference, London,UK, Vol.1 pp 85-89-1044, Sept. 1995

[6]. The MathWorks : Andrew Grace & Alan J. Laub & John N. Little & Clay M.Thompson: *Control Systems Toolbox For Use with Matlab* - The MathWorks 1994

[7]. Jerzy Mōscinski & Zbigniew Ogoniowski: *Advanced Control with MATLAB and SIMULINK* Prentice-Hall Inc 1995

[8]. Ha. Q.P. "PI-Controllers with fuzzy tuning, Electronic letters, Vol.32, No.11, pp1043-1044,May 1996

[9]. Chin-Teng Lin & C.S George Lee: *Neural Fuzzy Systems; A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*. Prentice-Hall Inc 1996

[10].Timony J. Ross: *Fuzzy Logic with Engineering Applications* Mc Graw Hill International 1995