

TỔNG HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ NHIỀU TẦNG VỚI ĐỐI TƯỢNG CÔNG NGHIỆP SYNTHESIS OF DISCRETE CASCADE CONTROL SYSTEM WITH INDUSTRIAL OBJECT

TS. Võ Huy Hoàn

Đại học Điện Lực

Ngày nhận bài: 12/08/2021, Ngày chấp nhận đăng: 14/09/2022, Phản biện: TS. Nguyễn Văn Tiềm

Tóm tắt:

Ngày nay có nhiều phương pháp để tổng hợp cấu trúc và tham số cho bộ điều khiển trong các hệ thống điều khiển với các đối tượng công nghiệp. Nhưng các phương pháp thường tập trung tính toán cho hệ thống điều khiển một tầng, trong khi đó, các hệ thống điều khiển trong công nghiệp thường là những hệ thống nhiều tầng. Một trong những vấn đề lớn mà người kỹ sư hiệu chỉnh hệ thống điều khiển trong công nghiệp thường gặp phải là tính bất định của đối tượng, nó làm cho thông số của hệ thống thay đổi, dẫn tới chất lượng thay đổi theo xu hướng xấu sau một thời gian hoạt động, nên cần phải chỉnh định lại thông số đó, để hệ thống làm việc đạt chất lượng yêu cầu. Vì thế, bài báo này trình bày một phương pháp tổng hợp để tính toán hệ thống điều khiển cho đối tượng công nghiệp bất định.

Từ khóa:

Đối tượng bất định; tối ưu; bền vững; quán tính; dự trữ ổn định; đặc tính tần số.

Abstract:

Nowadays, there are many methods for synthesizing structure and parameters for controllers in control systems with industrial objects. But the methods often focus computation for single-stage control systems, while industrial control systems are often multi-stage systems. One of the big problems that the control system calibration engineer in the industry often encounters is the uncertainty of the object, it causes the system parameters to change, leading to the quality change according to the trend bad after a period of operation, it is necessary to re-adjust that parameter, so that the system works with the required quality. Therefore, this paper presents a general method to calculate the control system for the uncertain industrial object.

Keywords:

Uncertain object; Optimal; robust; inertia; stable reserves; frequency characteristics.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Như ta đã biết, từ trước tới nay có rất nhiều phương pháp thiết kế và hiệu chỉnh hệ thống điều khiển, như phương pháp thiết kế của Ziegler-Nichols [6], của Benjamin C. Kuo [7], Kalman R.E [8], Morari M., Zafiriou E [9], ..., các phương pháp thường tập trung giải quyết bài toán tính toán thông số hiệu chỉnh cho hệ thống điều khiển có 1 tầng. Trong khi đó, trong công nghiệp có không ít các hệ thống điều khiển là hệ thống nhiều tầng, chẳng hạn như hệ thống điều khiển mức nước bao hơi, hệ thống điều khiển nhiệt độ hơi quá nhiệt, hệ thống điều khiển quá trình cháy, hệ thống điều khiển tốc độ tua bin, hệ thống điều khiển kích từ trong nhà máy điện, ... chúng đều là hệ thống điều khiển nhiều tầng. Vấn đề đặt ra là, bài toán thiết kế và hiệu chỉnh các hệ thống nhiều tầng trong công nghiệp là rất thiết thực, nhưng những phát triển về lý thuyết điều khiển trong nhiều năm qua ít có tác động đến thực tiễn sản

xuất. Thiết bị điều khiển vẫn được điều chỉnh theo kinh nghiệm hoặc dựa trên các sơ đồ điều chỉnh được cải tiến từ các luật điều chỉnh của Ziegler-Nichols đề xuất từ năm 1940. Các vấn đề phức tạp hơn chủ yếu được giải quyết bằng các thí nghiệm mô phỏng ngẫu nhiên và nghiên cứu điển hình. Nhìn lại quá trình chúng ta có thể thấy rằng, các kỹ thuật hiện tại chưa giải quyết triệt để được các vấn đề phức tạp làm cho người kỹ sư thường phải mày mò, chỉnh định theo kinh nghiệm để tìm kiếm các thông số của hệ thống. Cách làm đó thường mất rất nhiều thời gian và thông số tìm được có thể không làm cho hệ thống ổn định bền vững, bởi bản chất các đối tượng trong công nghiệp là bất định vì phụ tải và môi trường xung quanh chúng thay đổi thường xuyên.

Như vậy, chúng ta cần phải quan tâm nghiên cứu để có thêm phương pháp tính toán các thông số cho các hệ thống điều khiển trong công nghiệp.

Mặt khác, lĩnh vực kỹ thuật số đóng một vai trò rất quan trọng trong hầu hết các ngành công nghiệp, chẳng hạn như trong kỹ thuật truyền thông, trong kỹ thuật đo lường, trong kỹ thuật điều khiển, v.v... sở dĩ chúng được áp dụng rộng rãi và phát triển một cách nhanh chóng, bởi chúng có các ưu điểm lớn như: khả năng xử lý các thuật toán rất linh động, độ chống nhiễu cao, dễ truyền số liệu đi xa, thuận tiện trong việc cất giữ và xử lý số liệu, v.v... Vì vậy, mục tiêu của bài báo này là tìm một phương pháp tổng quát và hiệu quả để tổng hợp hệ thống điều khiển số nhiều tầng phù hợp với những thay đổi bất định vốn tiềm tàng ở trong nó. Sau đây sẽ trình bày phương pháp tổng hợp các hệ thống điều khiển số trên quan điểm bền vững tối ưu chất lượng cao [1], [2], [3], [4], [5].

Giả sử một hệ thống điều khiển số có cấu trúc như hình 1, trong đó $u(z)$ -giá trị

đặt; λ -tổ hợp các tác động nhiễu; $y(z)$ -đáp ứng ra của hệ thống; $R_1(z), O_1(z), L(z)$ - lần lượt là các hàm truyền của bộ điều chỉnh số tầng 1, của đối tượng 1 theo kênh điều chỉnh và kênh tác động nhiễu; $R_2(z), O_2(z)$ - lần lượt là các hàm truyền của bộ điều chỉnh số tầng 2, của đối tượng 2 theo kênh điều chỉnh và kênh tác động nhiễu; $z = e^{sT}$; $s = \alpha + j\omega$; $w_{ZOH}(z)$ là khâu giữ mẫu bậc không.

Bài toán đặt ra là: Với $O_1(z), O_2(z), L(z)$ đã biết. Hãy xác định cấu trúc và các tham số của các bộ điều chỉnh $R_1(z), R_2(z)$ sao cho dưới các tác động nhiễu λ thì độ sai lệch giữa đại lượng ra $y(z)$ và tín hiệu đặt $u(z)$ của hệ thống là nhỏ nhất.

2. Cơ sở của phương pháp

Ta đã biết rằng luật điều khiển bền vững tối ưu chất lượng cao [1], [2], [3] có cấu trúc là

$$R(z) = \frac{az}{z-1} [W_{DTQD}(z)]^{-1} \\ = \frac{az^2}{(z-1)^2} \cdot \left[z \left\{ \frac{O_{PT}(s)}{s} \right\} \right]^{-1} \quad (1)$$

Trong đó $a = \frac{1}{\theta}$;

$$W_{DTQD}(z) = W_{ZOH}(z)O(z), \quad (2)$$

$$O_{PT}(s) = \frac{A(s)}{B(s)} = \frac{a_0 + a_1s + \dots + a_ms^m}{1 + b_1s + \dots + b_ns^n} = \frac{W_o(s)}{e^{-\tau s}}$$

là phân phân thức trong hàm truyền mô tả đối tượng công nghiệp [1],

$$O(s) = e^{-\tau s} \cdot O_{PT}(s) = e^{-nTs} \cdot O_{PT}(s), \quad \tau = nT \quad (3)$$

T là chu kỳ cắt mẫu, ω là tần số, $O(Z)$ là chuyển đổi Z của $O(s)$

$W_o(s)$ là hàm truyền của đối tượng điều khiển; τ là thời gian trễ; $a_0, a_1, \dots, a_m, b_1, b_2, \dots, b_n$ là các hệ số; s -toán tử Laplace, z -toán tử rời rạc.

Ta đưa vào khái niệm chỉ số dao động mềm. Chỉ số dao động mềm được định nghĩa [3], [4]:

$$m = m_0(1 - e^{-\alpha|\omega|})/(\alpha|\omega|), \quad 0 \leq \alpha \leq \tau, \quad (4)$$

trong đó, $m_0 = \text{const}$ – giá trị đầu, có ý nghĩa như chỉ số dao động kinh điển [5]; α – hệ số mềm hóa, thường chọn $\alpha = 0,2\tau$, τ – thời gian trễ của đối tượng.

Giả sử, $s_i = \beta_i + j\omega_i$ ($\omega_i \geq 0$) là nghiệm đa thức đặc tính của hệ thống điều khiển bền vững tối ưu [1], [2] khi đó nghiệm của phương trình đặc tính luôn có $\beta_i < 0$.

Đặt $\beta_i = m\omega_i$; thay β_i vào nghiệm phương trình đặc tính của hệ thống ta được

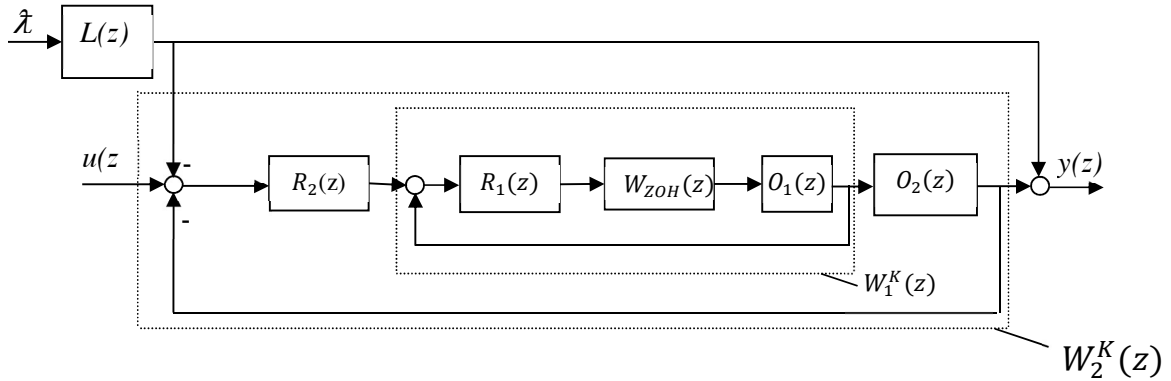
$$s_i = -m\omega_i + j\omega_i \quad (\omega_i \geq 0) \quad (5)$$

Thay (5) vào hệ hở tương ứng, khi đó hệ hở được tính theo m và ω và ta gọi là đặc tính mềm của hệ hở.

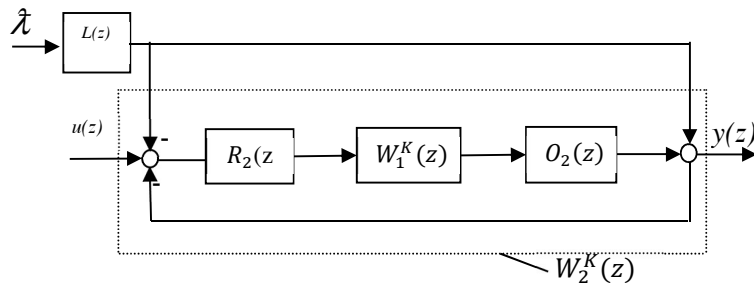
3. Tổng hợp cấu trúc bộ điều khiển số chất lượng cao cho hệ nhiều tầng

Theo phương pháp biến đổi sơ đồ cấu trúc thông thường, ta có thể biến đổi hệ thống điều khiển nhiều tầng về hệ thống điều khiển một tầng, vì thế, cách đặt vấn đề ở mục 1 là đảm bảo tổng quát cho

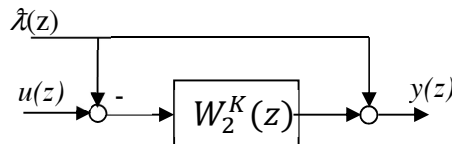
hệ thống điều khiển nhiều tầng. Chẳng hạn, ta xét một hệ thống điều khiển 2 tầng như hình 1, trong đó $R_1(z)$ - bộ điều khiển tầng trong; $R_2(z)$ - bộ điều khiển tầng ngoài; $O_1(z)$ - đối tượng điều khiển của tầng trong; $O_2(z)$ - đối tượng của tầng ngoài; $W_1^K(z)$ hàm truyền đạt hệ kín của tầng 1; $W_2^K(z)$ - hàm truyền đạt kín của tầng 2. Khi đó, từ sơ đồ hình 1 ta có thể biến đổi cấu trúc đưa về sơ đồ cấu trúc hình 2 và hình 3.



Hình 1: Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển 2 tầng



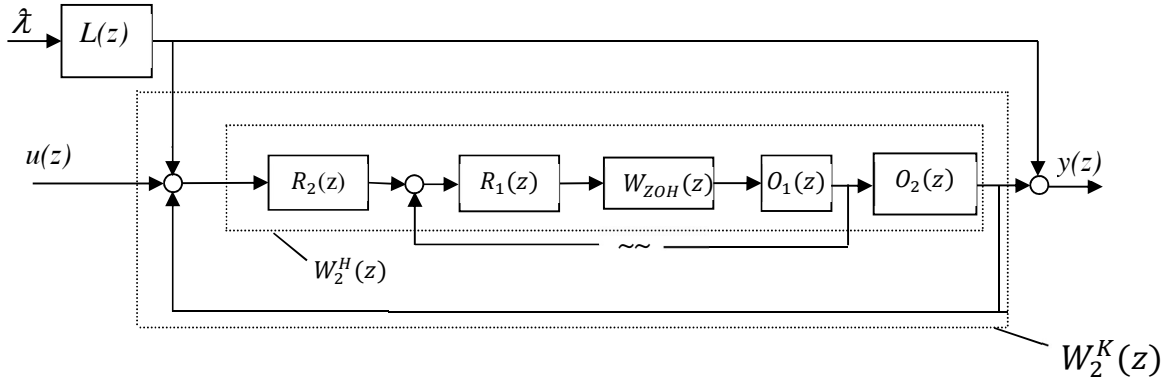
Hình 2: Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển tương đương hình 1



Hình 3: Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển tương đương hình 2

Tuy nhiên, do hệ thống nhiều tầng thường có độ quán tính các tầng cách nhau một khoảng thời gian khá dài, nên khi tầng trong đã xử lý xong dữ liệu, đang ở trạng thái chờ để đến lượt xử lý sau, trong

lúc đó, tầng ngoài đang sẵn sàng nhận tín hiệu để xử lý. Do vậy, lúc này tầng trong coi như bị hở, nên ta có sơ đồ cấu trúc trên quan điểm độ quán tính cách nhau 1 khoảng thời gian dài là:



Hình 4: Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển tầng 2

Điều kiện để hệ thống điều khiển trở thành hệ thống điều khiển tối ưu bền vững chất lượng cao [1],[2],[4], [5] thì hệ hờ phải thỏa mãn $\frac{az}{z-1}$; với $a = \frac{1}{\theta}$; θ - là tham số tối ưu của bộ điều khiển.
(6)

Xét với hệ nhiều tầng ta có, điều kiện để hệ thống điều khiển nhiều tầng trở thành hệ thống điều

khiển tối ưu bền vững chất lượng cao thì từng tầng trong hệ thống phải thỏa mãn (1).

Như đã phân tích ở trên, với hệ thống nhiều tầng thì độ quán tính của tầng ngoài thường lớn hơn rất nhiều so với tầng trong, quá trình quá độ của tầng trong tắt rất nhanh so với tầng ngoài. Do đó, ta có thể tách riêng và tính toán hiệu chỉnh cho từng tầng.

Kết hợp với các hình 1 và hình 2 ta có:

$$\begin{cases} R_1(z) \cdot W_{ZOH}(z) \cdot O_1(z) = \frac{a_1 z}{z-1} \\ R_2(z) \cdot W_1^H(z) \cdot O_2(z) = \frac{a_2 z}{z-1} \end{cases} \quad (7)$$

từ hệ (7) suy ra

$$R_1(z) = \frac{a_1 z}{(z-1)W_{ZOH}(z)O_1(z)} \quad (8)$$

$$R_2(z) = \frac{\frac{a_2 z}{(z-1)}}{[W_1^H(z)O_2(z)]} \quad (9)$$

Ở đây $O_1(z)$, $O_2(z)$ là các đối tượng công nghiệp bất kỳ thuộc tầng trong và tầng ngoài, trong đó:

$$W_1^H(z) = R_1(z)W_{ZOH}(z)O_1(z) = R_1(z)W_{ĐTQĐ1}(z)$$

Áp dụng (2) vào (8) và (9) ta viết được cấu trúc bộ điều khiển của tầng 1 và tầng 2 như sau:

$$R_1(z) = \frac{a_1 z}{(z-1)} [W_{ĐTQĐ1}(z)]^{-1} \quad (10)$$

$$R_2(z) = \frac{a_2 z}{(z-1)} [W_1^H(z)O_2(z)]^{-1} = \frac{a_2 z}{(z-1)} [R_1(z)O_2(z)W_{ĐTQĐ1}(z)]^{-1} \quad (11)$$

Tương tự, nếu mở rộng cho hệ 3, tầng, 4 tầng, ta có:

$$R_3(z) = \frac{a_3 z}{(z-1)} [R_2(z)R_1(z)O_3(z)O_2(z)W_{ĐTQĐ1}(z)]^{-1}$$

$$R_4(z) = \frac{a_4 z}{(z-1)} [R_3(z)R_2(z)R_1(z)O_4(z)O_3(z)O_2(z)W_{ĐTQĐ1}(z)]^{-1}$$

Áp dụng (1) vào (10) và (11) thì (10) và (11) trở thành:

$$R_1(z) = \frac{a_1 z^2}{(z-1)^2} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} \quad (12)$$

$$R_2(z) = \frac{a_2 z^2}{(z-1)^2} [R_1(z)O_2(z)]^{-1} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} \quad (13)$$

Mở rộng cho hệ 3 tầng, 4 tầng ta có:

$$R_3(z) = \frac{a_3 z^2}{(z-1)^2} [R_2(z)R_1(z)]^{-1} [O_3(z)O_2(z)]^{-1} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1}$$

$$R_4(z) = \frac{a_4 z^2}{(z-1)^2} [R_3(z)R_2(z)R_1(z)]^{-1} [O_4(z)O_3(z)O_2(z)]^{-1} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1}$$

Do đó, tổng quát hoá cho hệ thống điều khiển nhiều vòng (n tầng) thì cấu trúc bền vững chất lượng cao của bộ điều khiển trong hệ thống là:

$$\text{Tầng 1: } R_1(z) = \frac{a_1 z^2}{(z-1)^2} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} \quad (14)$$

Từ tầng thứ 2 trở ra, cấu trúc của bộ điều khiển là:

$$R_{i+1}(z) = \frac{a_{i+1} z^2}{(z-1)^2} \prod_{i=1}^n [R_i(z)O_{i+1}(z)]^{-1} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} \quad \text{với } i \geq 1$$

$$\text{Hoặc } R_{i+1}(z) = \frac{z^2}{\theta_{i+1}(z-1)^2} \prod_{i=1}^n [R_i(z)O_{i+1}(z)]^{-1} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} \quad \text{với } i \geq 1 \quad (15)$$

4. TỔNG HỢP THAM SỐ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NHIỀU TẦNG

Ta thấy rằng, nếu tách từng tầng riêng rẽ hay xét gộp theo cách biến đổi sơ đồ cấu trúc thì cấu trúc từng tầng đều phải thỏa mãn điều kiện hàm truyền của hệ hở có cấu trúc bền vững chất lượng cao [1], [2], [4] và thỏa mãn tiêu chuẩn Nyquist mở rộng [10]: Điều kiện cần và đủ để hệ kín bảo tồn độ dự trữ ổn định của hệ hở là đặc tính mềm của hệ hở đi qua và không bao điểm tới hạn $(-1, j0)$ trên hệ tọa độ phức. Vậy điều kiện để θ đạt cực tiểu là hệ kín nằm trên biên dự trữ ổn định:

$$W_*^H(z) = \frac{az}{z-1} = \frac{a}{1-z^{-1}} = \frac{a}{1-e^{-Ts}} = \frac{a}{1-e^{-T(-m\omega + j\omega)}} = \frac{a}{1-e^{Tm\omega}e^{-j\omega T}}$$

$$\text{Đặt } e^{Tm\omega} = b \text{ suy ra } W_*^H(z) = \frac{a}{1-be^{-j\omega T}} = \frac{a}{1-\frac{b}{\cos(\omega T) + j\sin(\omega T)}}$$

$$W_*^H(z) = \frac{a[\cos(\omega T) + j\sin(\omega T)]}{\cos(\omega T) - b + j\sin(\omega T)} = \frac{U}{P + jQ} + \frac{jAQ}{P + jQ};$$

với $P = \cos(\omega T) - b$; $Q = \sin(\omega T)$; $U = a \cos(\omega T)$ $W_*^H(z)$.

Biến đổi $W_*^H(z)$ ta được $W_*^H(z) = \frac{UP + aQ^2}{P^2 + Q^2} + j \frac{Q(aP - U)}{P^2 + Q^2}$.

Kết hợp với điều kiện (16), ta suy ra hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \frac{UP + aQ^2}{P^2 + Q^2} = -1 \\ \frac{Q(aP - U)}{P^2 + Q^2} = 0 \end{cases}$$

$$W_i^H(-m\omega + j\omega) = -1. \quad (16)$$

Mặt khác, đối với hệ thống nhiều tầng thì độ quán tính của tầng ngoài thường lớn hơn rất nhiều so với tầng trong, quá trình quá độ của tầng trong tắt rất nhanh so với tầng ngoài. Do đó, ta có thể tách riêng và tính toán hiệu chỉnh cho từng tầng. Vì vậy, phương pháp tổng hợp tham số của hệ thống nhiều tầng cũng giống như phương pháp tổng hợp hệ thống một tầng. Khi đó tham số tối ưu của các tầng trong cùng của hệ thống điều khiển được tính như sau:

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{U P + a Q^2}{P^2 + Q^2} = -1 \\ \begin{cases} Q = 0 \\ a = \frac{U}{P} \end{cases} \end{cases} \quad (17)$$

1) Xét với $a = \frac{U}{P}$, hệ phương trình (17) trở thành:

$$\begin{cases} \frac{U P + a Q^2}{P^2 + Q^2} = -1 \\ a = \frac{U}{P} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{U P + a Q^2}{P^2 + Q^2} = -1 (*) \\ U = a P (**) \end{cases}$$

thay (**) vào (*) và giản ước ta được $a = -1$ vô lý,

vậy trong trường hợp này hệ (17) vô nghiệm.

2) Xét với $Q = 0$, hệ phương trình (17) trở thành:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} \frac{U}{P} = -1 \\ Q = 0 \end{cases} \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{a \cos(\omega T)}{\cos(\omega T) - e^{Tm\omega}} = -1 \\ \sin(\omega T) = 0 \end{cases} \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} a = \frac{1}{\theta} = \frac{e^{Tm\omega} - \cos(\omega T)}{\cos(\omega T)} \\ \sin(\omega T) = 0 \end{cases} \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} a = \frac{1}{\theta} = \frac{e^{Tm\omega} - \cos(\omega T)}{\cos(\omega T)} \\ \omega T = k\pi, \forall k \text{ nguyên dương} \end{cases} \end{aligned}$$

Ta thấy giá trị $k = 0$ làm cho tham số tối ưu $\theta \rightarrow \infty$; k lẻ làm cho phương trình $\theta < 0$. Do đó k phải chẵn. Vậy chọn $k = 2$.

$$\text{Ta suy ra } \theta = \frac{\cos(2\pi)}{e^{2\pi m} - \cos(2\pi)} = \frac{1}{e^{2\pi m} - 1}. \quad (18)$$

Để ý rằng, đối với đối tượng không có trễ, tức là $\tau = 0$, khi đó dễ thấy chỉ số dao động mềm $m \rightarrow m_0$. Tham số tối ưu các bộ điều khiển trong các

tầng của hệ thống nhiều tầng trở thành

$$\theta = \frac{1}{e^{2\pi m_0} - 1}, \quad (19)$$

Như vậy, bài toán tổng hợp hệ thống điều khiển khiển số nhiều tầng theo phương pháp tối ưu bền vững được viết gọn lại như sau:

- Tìm biến đổi z của phần phân thức $\frac{O_1^{PT}}{s}$ của đối tượng điều khiển tầng 1
- Tìm cấu trúc tầng 1 của hệ thống theo công thức (14)
- Tìm cấu trúc tầng thứ i (với $i_{\min} = 1$) của hệ thống theo công thức (15)
- Nếu đối tượng không có trễ, thông số θ của các tầng tính theo phương trình (19)
- Nếu đối tượng có trễ, thông số θ của các tầng tính theo phương trình (18).

5. KIỂM CHỨNG PHƯƠNG PHÁP

Ta sẽ kiểm chứng phương pháp đề xuất thông qua ví dụ sau:

Giả sử hệ thống điều khiển nhiệt độ hơi quá nhiệt có sơ đồ cấu trúc như hình 1, trong đó:

$$O_1(s) = k_1 s; \quad O_2(s) = \frac{k_2}{s+b};$$

bộ giữ mẫu bậc không $W_{ZOH}(s) = \frac{1-e^{-Ts}}{s}$.

Hãy xác định cấu trúc và tham số của các bộ điều khiển để hệ thống ổn định bền vững?

Biết $k_1 = 3$; $k_2 = 7$; $b = 9$; $T = 0,5$.

Trước hết, chuyển đổi $O_2(s)$ sang miền ảnh z ,

$$O_2(z) = \frac{k_2 z}{z - b_1}, \quad b_1 = e^{-bT}$$

Hàm truyền của đối tượng $O_1(s)$ không có trễ nên $O_1^{PT}(s) = k_1 s$

$$\text{Nên } \frac{O_1^{PT}}{s} = k_1 \text{ suy ra } \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} = \frac{1}{k_1}$$

Áp dụng công thức (14) ta tính được cấu trúc bộ điều khiển tầng 1 là:

$$\begin{aligned} R_1(z) &= \\ \frac{a_1 z^2}{(z-1)^2} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} &= \frac{a_1 z^2}{(z-1)^2} \frac{1}{k_1} = \\ \frac{\theta_1 k_1 (z-1)^2}{z^2} \end{aligned}$$

Áp dụng công thức (15) cho trường hợp $i = 1$ ta tính được cấu trúc bộ điều khiển tầng 2 là:

$$R_2(z) = \frac{a_2 z^2}{(z-1)^2} [R_1(z) O_2(z)]^{-1} \left[z \left\{ \frac{O_1^{PT}}{s} \right\} \right]^{-1} = \frac{a_2 z^2}{(z-1)^2} \frac{k_1(z-1)^2}{a_1 z^2} \frac{z-b_1}{k_2 z} \frac{1}{k_1}$$

$$R_2(z) = \frac{a_2(z-b_1)}{a_1 k_2 z} = \frac{\theta_1(z-b_1)}{\theta_2 k_2 z}$$

Tính thông số tối ưu của bộ điều khiển:

Do các đối tượng đã cho không có trễ, áp dụng phương trình (19) ta có thông số tối ưu của từng tầng là:

$$\theta_1 = \theta_2 = \frac{1}{e^{2\pi m_0} - 1} = 0,1107$$

Vậy bộ điều khiển tìm được của các tầng là:

$$W_{DTQD1}(z) = W_{ZOH}(z) O_1(z) = \frac{k_1(z-1)}{z} = \frac{3(z-1)}{z}$$

$$W_1^H(z) = R_1(z) W_{DTQD1}(z) = \frac{z}{\theta_1(z-1)} = \frac{z}{0,1107(z-1)}$$

$$W_2^H(z) = R_2(z) W_1^H(z) O_2(z) = \frac{\theta_1(z-b_1)}{\theta_2 k_2 z} \frac{z}{\theta_1(z-1)} \frac{k_2 z}{z-b_1} = \frac{z}{\theta_2(z-1)} = \frac{z}{0,1107(z-1)} \quad (20)$$

$$W_2^K(z) = \frac{W_2^H(z)}{1+W_2^H(z)} = \frac{z}{\theta_2(z-1)} \frac{\theta_2(z-1)}{\theta_2(z-1)+z} = \frac{z}{\theta_2(z-1)+z} = \frac{z}{1,1107z + 1,107} \quad (21)$$

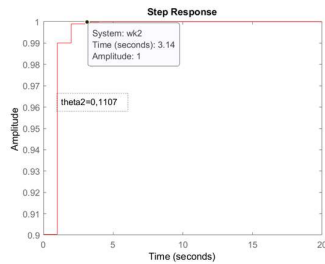
Vẽ đặc tính mềm của hệ hở (20) và đặc tính quá độ của hệ thống kín (21) trong phần mềm Matlab, đồng thời thay đổi hệ số tối ưu của bộ điều khiển theo xu hướng tăng dần, ta thu được các đường đặc tính quá độ hình 5, hình 6, hình 7, đặc tính mềm của hệ hở hình 8.

$$R_1(z) = \frac{z^2}{0,3321(z-1)^2}; \quad R_2(z) = \frac{z-0,01}{7z}$$

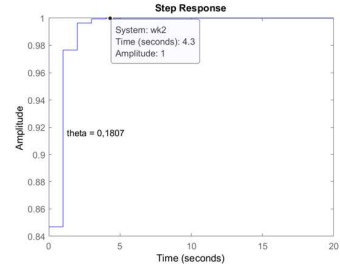
Kiểm chứng tính đúng đắn và hiệu quả của phương pháp đề xuất:

Để tiện kiểm chứng tính đúng đắn và chất lượng điều chỉnh của phương pháp, ta tính hàm truyền của hệ hở và hệ kín của hệ thống, khi đó ta có:

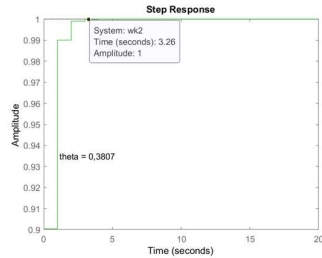
Các đường đặc tính quá độ không có độ quá điều chỉnh và thời gian điều chỉnh ngắn mà vẫn đảm bảo dự trữ ổn định. Đường đặc tính mềm của tầng 2 của hệ cho ta thấy hệ kín điều chỉnh đảm bảo dự trữ ổn định $m_0 = 0,367$.



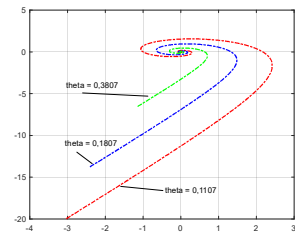
Hình 5: Đặc tính quá độ với $\theta = 0,1107$



Hình 6: Đặc tính quá độ với $\theta = 0,1807$



Hình 7: Đặc tính quá độ với $\theta = 0,3807$



Hình 8: Đặc tính mềm hệ với các hệ số bộ điều

6. KẾT LUẬN

- Phương pháp tổng hợp cấu trúc và tham số bộ điều khiển bền vững tối ưu chất lượng cao của hệ

thống điều khiển nhiều tầng trình bày trong bài báo này là phương pháp tổng quát, phù hợp với đối tượng công nghiệp bất định và không bất định. - Có thể áp dụng phương pháp tác giả đề xuất để tính toán và hiệu chỉnh các hệ thống điều khiển trong công nghiệp một cách thuận lợi, cho ra kết quả nhanh và chất lượng điều chỉnh đảm bảo độ

dự trữ ổn định. Thời gian điều chỉnh nhanh và đảm bảo không có độ quá điều chỉnh.

- Phương pháp tác giả đề xuất, cho ta xác định tham số tối ưu của bộ điều khiển số nhiều tầng đảm bảo hệ thống có dự trữ ổn định cho trước đối với toàn bộ dải thay đổi bất định của đối tượng và cách tính toán đơn giản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] **Nguyễn Văn Mạnh, Võ Huy Hoàn (2005).** Tổng hợp tối ưu bền vững hệ thống điều khiển số đối tượng thay đổi bất định, tạp chí khoa học công nghệ nhiệt, số 65, tr. 24-28, 2005.
- [2] **Vo Huy Hoan, Nguyen Van Manh.** The new method for synthesizing industrial robust control system, The 1st South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, 2006.
- [3] **Nguyễn Văn Mạnh, Võ Huy Hoàn (2006).** Về hiệu quả và chất lượng điều chỉnh của một số phương pháp tổng hợp và thiết kế hệ thống điều khiển tự động, tạp chí khoa học công nghệ nhiệt, số 67, tr. 18-22, 2006
- [4] **Nguyễn Văn Mạnh, Võ Huy Hoàn (2006).** Phương pháp bền vững tối ưu tổng hợp hệ thống điều khiển số với đối tượng không đổi, tạp chí khoa học và công nghệ nhiệt, số 70, tr. 15-19, 2006.
- [5] **Võ Huy Hoàn.** "Phương pháp thiết kế hệ thống điều chỉnh số trong nhà máy điện", Tạp chí Khoa Học và Công nghệ Năng lượng, số 1, tr. 15-20, năm 2010
- [6] **Nguyễn Doãn Phước (2002).** Lý thuyết điều khiển tự động tuyến tính, nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
- [7] **Benjamin C. Kuo.** Automation control systems. Prentice-Hall International, Inc
- [8] **Kalman R.E. (1963),** Liapunov functions for the problem of Lure in automatic control. – Proc. Nat. Acad. Sci. U.S., V.49. № 2.
- [9] **Morari M., Zafriou E. (1989),** Robust process control, NewYork: Prentice Hall.
- [10] **Дудников Е.Г.** Основы автоматического регулирования тепловых процессов. – М.: Госэнергоиздат, 1956.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Võ Huy Hoàn sinh ngày 03 tháng 9 năm 1973 tại Nghệ An, tốt nghiệp khoa Năng Lượng trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Bảo vệ thành công luận án tiến sĩ năm 2006. Quá trình công tác: có hơn 10 năm giảng dạy và nghiên cứu tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội và nhiều năm giảng dạy và nghiên cứu ở trường Đại học Điện lực. Tác giả chuyên nghiên cứu về kỹ thuật điện và điều khiển tự động.