

ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI HỆ THỐNG KHÍ ĐỘNG HỌC QUẠT GIÓ - CÁNH NHÔM

VŨ CHẤN HUNG, VŨ NHƯ LÂN, ĐẶNG THÀNH PHU

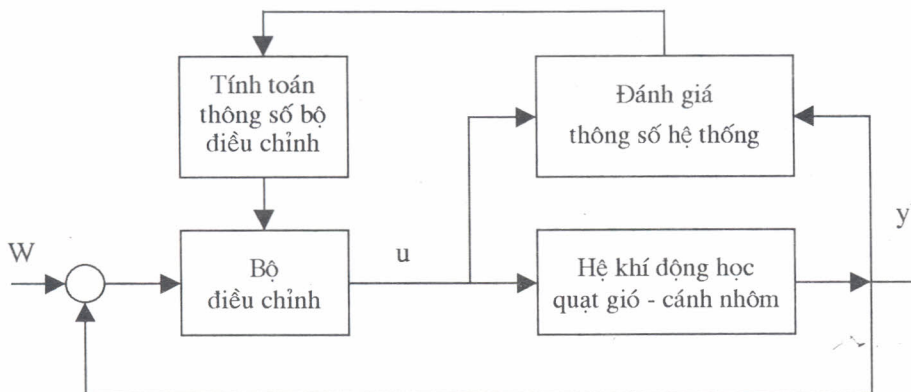
Abstract. The paper presents a modern adaptive control algorithm suitable for the on-line control of different physical objects.

1. MỞ ĐẦU

Hệ thống khí động quạt gió - cánh nhôm, một đối tượng động học có đặc tính động học phong phú và phức tạp và đại diện cho một lớp các đối tượng vật lý cùng loại, là đối tượng đáng quan tâm để nghiên cứu và ứng dụng thử nghiệm các phương pháp điều khiển hiện đại [2, 7]. Trong hệ thống này, cũng như trong nhiều hệ thống vật lý khác, thường có các bộ khuếch đại khác nhau. Xét về khía cạnh thực tế kỹ thuật nếu các hệ thống này hoạt động trong một thời gian dài thì hệ số khuếch đại nói riêng và chế độ làm việc nói chung sẽ bị thay đổi, đôi khi là rất lớn và có thể ảnh hưởng lớn đến hoạt động ổn định của toàn hệ thống. Trong điều kiện phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin ngày nay, việc nghiên cứu và ứng dụng các phương pháp điều khiển thích nghi hiện đại trên cơ sở máy tính điện tử và điều khiển trực tuyến các hệ thống loại này cũng như các hệ thống công nghệ khác là một điều cần thiết.

2. PHÂN TÍCH VÀ TỔNG HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI HỆ KHÍ ĐỘNG HỌC QUẠT GIÓ - CÁNH NHÔM

Hệ thống điều khiển thích nghi được xây dựng theo mô hình điều khiển thích nghi có nhận dạng và tự chỉnh định thông số (hình 1). Toàn bộ quá trình nhận dạng, tự chỉnh định thông số và tính toán điều khiển được thực hiện bằng máy tính điện tử. Hệ thống điều khiển loại này được xây dựng trên cơ sở nguyên lý phân tách, trong đó quá trình đánh giá thông số hoặc trạng thái hệ thống được thực hiện tách biệt với quá trình tính toán thông số bộ điều chỉnh.



Hình 1

Các phương pháp đánh giá thông số hệ thống và tính toán thông số của bộ điều chỉnh được dùng ở đây phải là các phương pháp truy hồi, ví dụ như phương pháp bình phương cực tiểu [1, 3] hoặc các phương pháp đánh giá thông số mới được phát triển sau này [5, 6].

Hệ khí động học quạt gió - cánh nhôm là một hệ có cấu trúc biết trước và có hàm truyền đạt, nhận được từ phân tích cấu trúc vật lý, như sau [2]

$$G(s) = \frac{\varphi(s)}{\nu(s)} = \frac{K_1}{1 + sT_1} \frac{e^{-s\tau_2} A l_p \cos \Psi_{ss}}{J s^2 + b s + M g l_M \cos \Psi_{ss} + P_{ss} A l_p \sin \Psi_{ss}}, \quad (1)$$

trong đó:

T_1 là hằng số thời gian,

K_1 là hệ số khuếch đại ở trạng thái bình hòa (steady state gain),

P_{ss} là áp suất khí,

Ψ_{ss} là góc của cánh nhôm,

Mg là trọng lượng của cánh (kể cả đối trọng),

A là diện tích hữu ích của cánh,

l_p là khoảng cách từ bản lề tới điểm dòng khí đập vào,

τ_2 là đại diện cho độ lớn của sự trễ,

b là hệ số suy giảm,

J là quán tính quay (rotational inertia) của cánh quay bản lề,

l_M là khoảng cách từ trọng tâm của cánh nhôm tới bản lề.

Hệ thống khuếch đại K_1 có thể bị thay đổi theo thời gian.

Mô hình hệ thống có cấu trúc phức tạp như trên không thích hợp cho việc tổng hợp và điều khiển hệ thống bằng máy tính điện tử. Để có thể tổng hợp và điều khiển hệ thống bằng máy tính điện tử cần mô tả hệ thống này bằng mô hình ARMA:

$$A(s^{-1}) y(k) = B(s^{-1}) u(k) + w(k), \quad (2)$$

trong đó

$$A(s^{-1}) = 1 + a_1 s^{-1} + \dots + a_n s^{-n},$$

$$B(s^{-1}) = b_1 s^{-1} + \dots + b_m s^{-m},$$

s^{-1} là toán tử dịch ngược,

$y(k)$ là tín hiệu đầu ra,

$u(k)$ là tín hiệu điều khiển,

$w(k)$ là nhiễu hệ thống.

Trên thực tế các hệ số Ψ , Mg và J là rất nhỏ nên hệ khí động học quạt gió - cánh nhôm có bậc $n = 1$, $m = 1$.

Để xây dựng và tổng hợp hệ điều khiển thích nghi cho hệ thống (2) ta có thể chọn phương pháp điều khiển theo đặt cực hoặc điều khiển có phản hồi trạng thái. Phương pháp điều khiển theo đặt cực tỏ ra rất thích hợp vì nó có khả năng tổng hợp hệ điều khiển vòng kín có chất lượng theo yêu cầu đặt trước.

Cho bộ điều chỉnh:

$$L(s^{-1}) u(k) = -G(s^{-1}) y(k) + M(s^{-1}) r(k), \quad (3)$$

trong đó

$$L(s^{-1}) = 1 + l_1 s^{-1} + \dots + l_l s^{-l},$$

$$G(s^{-1}) = g_1 s^{-1} + \dots + g_g s^{-g},$$

$r(k)$ là tín hiệu đầu vào hệ kín.

Điều kiện để nhận dạng được hệ thống (2) trong quá trình nhận dạng trực tuyến là bậc của bộ điều chỉnh (3) phải thỏa mãn điều kiện [1, 3]:

$$l \geq n, \quad g \geq m. \quad (4)$$

Từ (2) và (3) ta nhận được phương trình đặc trưng của hệ kín:

$$A(s^{-1})L(s^{-1}) + B(s^{-1})G(s^{-1}) = 0. \quad (5)$$

Tổng hợp hệ thống điều khiển theo phương pháp đặt cực thực chất là tìm các thông số của bộ điều chỉnh (3) thỏa mãn phương trình:

$$A(s^{-1})L(s^{-1}) + B(s^{-1})G(s^{-1}) = T(s^{-1}), \quad (6)$$

trong đó $T(s^{-1})$ là đa thức phản ánh đặc tính cần có của hệ kín, có bậc là $\max[n + l, m + g]$.

Hệ thống được xây dựng là một hệ điều khiển tự thích nghi, với các thông số được ước lượng trong quá trình điều khiển, nên phương trình (6) được thay bởi phương trình sau:

$$A^{\wedge}(k-1, s^{-1})L(s^{-1}) + B^{\wedge}(k-1, s^{-1})G(s^{-1}) = T(s^{-1}), \quad (7)$$

trong đó $A^{\wedge}(k-1, s^{-1})$ và $B^{\wedge}(k-1, s^{-1})$ là các đa thức với các hệ số là các ước lượng thông số của (2) tại bước $k-1$.

Việc giải trực tiếp phương trình (7) để tìm các hệ số của $L(s^{-1})$ và $G(s^{-1})$ đòi hỏi phải giải một hệ phương trình có $\max[n + l, m + g]$ ẩn số trong điều kiện điều khiển trực tuyến. Đây là một việc làm khá khó khăn. Để tránh khó khăn này ta có thể đánh giá các hệ số của $L(s^{-1})$ và $G(s^{-1})$ của bộ điều chỉnh (3) bằng phương pháp truy hồi [4].

Định nghĩa hai chuỗi giá trị thay đổi theo thời gian:

$$\begin{aligned} S(k) &= T(s^{-1})h(k), \\ Q(k) &= [A^{\wedge}(k-1, s^{-1})L(s^{-1}) + B^{\wedge}(k-1, s^{-1})G(s^{-1})]h(k), \end{aligned} \quad (8)$$

trong đó $h(k)$ là một chuỗi giá trị bất kỳ.

Ký hiệu

$$\begin{aligned} \Phi(k) &= [A^{\wedge}(k-1, s^{-1})h(k-1), \dots, A^{\wedge}(k-1, s^{-1})h(k-l), \\ &\quad B^{\wedge}(k-1, s^{-1})h(k), \dots, B^{\wedge}(k-1, s^{-1})h(k-g)], \\ \Theta_r &= \{l_1, l_2, \dots, l_l, g_1, g_2, \dots, g_g\}, \end{aligned}$$

với $l_0 = 1$ thì có thể biểu diễn (8) dưới dạng:

$$Q(k) = \Phi(k)\Theta_r + A^{\wedge}(k-1, s^{-1})h(k). \quad (9)$$

Từ (7), (8), (9) ta thấy có thể chuyển bài toán giải trực tiếp phương trình (7) để tìm các thông số L, G của bộ điều chỉnh (3) thành bài toán đánh giá thông số quá trình sau:

$$S(k) = \Phi(k)\Theta_r + A^{\wedge}(k-1, s^{-1})h(k). \quad (10)$$

Nếu với mọi $h(k)$ mà tìm được Θ_r sao cho thỏa mãn (10) thì Θ_r cũng thỏa mãn (7).

Bài toán đánh giá thông số quá trình (10) có thể giải được bằng phương pháp bình phương cực tiểu truy hồi (BPCTTH) hoặc các phương pháp truy hồi khác. Từ kết quả đánh giá thông số của quá trình (10) ta nhận được ước lượng véc tơ thông số $\Theta_r^{\wedge}(k)$:

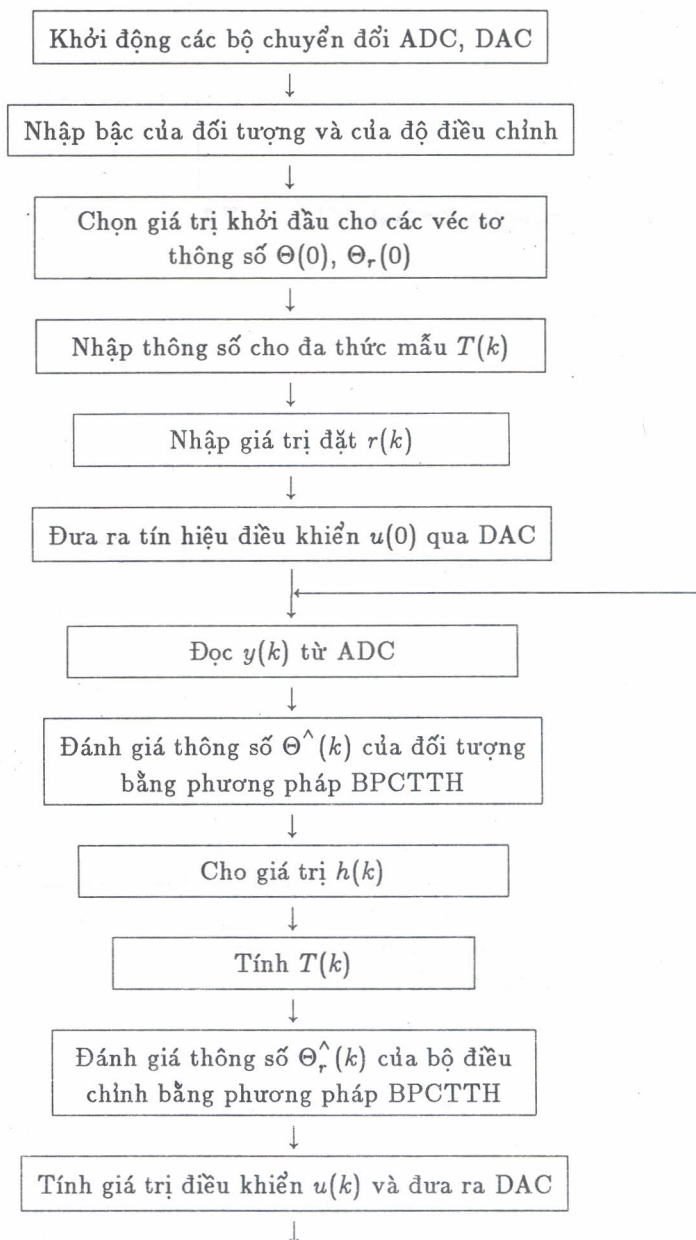
$$\Theta_r^{\wedge}(k) = \{\hat{l}_1, \hat{l}_2, \dots, \hat{l}_l, \hat{g}_1, \hat{g}_2, \dots, \hat{g}_g\}. \quad (11)$$

Quá trình đánh giá thông số của (10) bằng phương pháp bình phương cực tiểu truy hồi là một quá trình hội tụ và hội tụ đến véc tơ thông số thật [1, 3], nên véc tơ thông số (11) sẽ hội tụ đến thông số của bộ điều chỉnh (3).

3. CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN TỰ THÍCH NGHI HỆ THỐNG KHÍ ĐỘNG HỌC QUẠT GIÓ - CÁNH NHÔM

Chương trình điều khiển tự thích nghi được viết để thực hiện điều khiển trực tuyến hệ thống khí động học quạt gió - cánh nhôm bằng máy tính. Chương trình này cũng được xây dựng theo

hướng tổng quát để có khả năng điều khiển được cả các đối tượng vật lý khác.

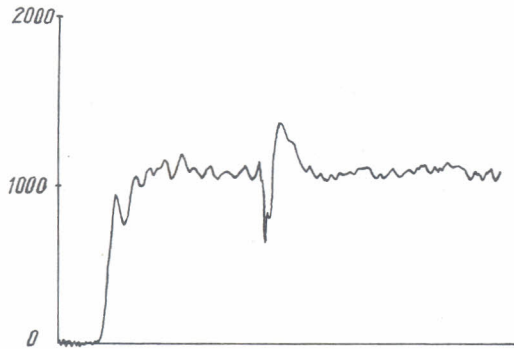


4. KẾT LUẬN

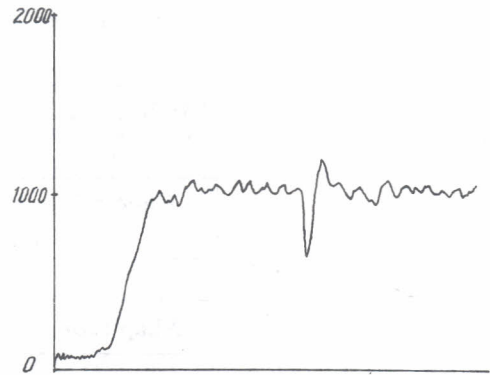
Quá trình điều khiển hệ thống khí động học quạt gió - cánh nhôm được thực hiện theo hai quá trình: điều khiển kinh điển PID theo phương pháp Takahashi và phương pháp điều khiển thích nghi trình bày trong bài báo này. Kết quả các quá trình điều khiển được thể hiện trên các hình: hình 2 là quá trình điều khiển theo luật PID, hình 3 là quá trình điều khiển tự thích nghi. Trong điều kiện thông số không đổi và có nhiễu dạng tải đầu thì phương pháp điều khiển theo PID có chất lượng điều khiển tốt hơn.

Khi thông số hệ thống thay đổi, khoảng 15% thì hệ điều khiển PID bị mất ổn định (hình 4). Cũng trong điều kiện thông số bị thay đổi như thế thì hệ thống điều khiển thích nghi đã tự chỉnh

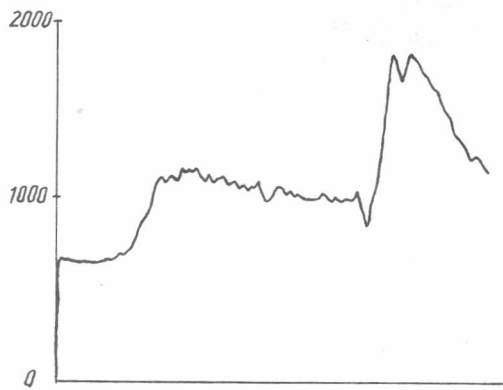
định được các thông số điều khiển và vẫn đảm bảo điều khiển hệ thống ổn định (hình 5).



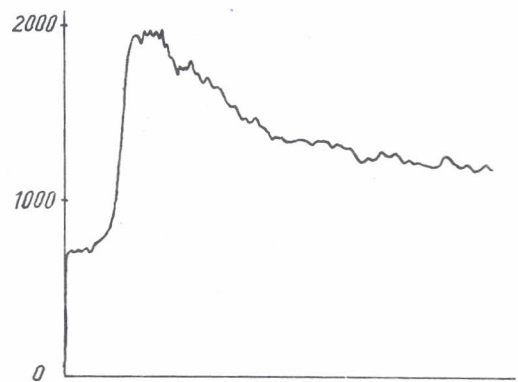
Hình 2. Điều khiển PID, trường hợp có tải



Hình 3. Điều khiển thích nghi, trường hợp có tải



Hình 4. Điều khiển PID, trường hợp thông số hệ thống thay đổi



Hình 5. Điều khiển thích nghi, trường hợp thông số hệ thống thay đổi

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Astrom K. J., Wittenmark B., *Computer Controlled Systems: Theory and Design*, Prentice-Hall, 1990.
- [2] Fan & Plate Control Apparatus (Model PP200), KentRidge Instrument Pte Ltd, 1996.
- [3] Isermann R., *Digital Control Systems*, New York, 1981.
- [4] Li Mo, Bayoumi M. M., A novel approach to the explicit pole assignment self-tuning controller design, *IEEE Trans. AC* **34** (1989).
- [5] Loan N. T., Son H. H., Adaptive parameter identification method in controlled cantamination industries system, *Proc. 5th World Filtration Congres*, Vol. 3, Nice, France.
- [6] V. C. Hưng, Điều khiển tự thích nghi hệ thống lực tuyến tính có cấu trúc và thông số không thay đổi, *Tin học và Điều khiển học* **10**, số 3 (1994).
- [7] V. C. Hưng, C. V. Hỷ, V. N. Lân, Đ. T. Phú, Điều khiển số hệ thống khí động học quạt - cánh nhôm, *Khoa học và Công nghệ XXXVIII*, số 2 (2000).

Nhận bài ngày 18-1-1998

Nhận lại sau khi sửa ngày 22-4-1999