
HỆ THỐNG HIỆU CHỈNH THÍCH NGHI ÁP DỤNG CHO FMS

ADAPTIVE CONTROL ADJUSTMENT SYSTEM APPLY TO FMS

LÊ VĂN CƯƠNG

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: binhcuong1985@gmail.com

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu về tầm quan trọng của hệ thống điều chỉnh thích nghi áp dụng cho FMS. Từ chức năng của hệ thống đã làm rõ đối tượng và nguyên lý điều chỉnh chế độ cắt gọt cho tế bào gia công trong FMS, đồng thời cũng trình bày phương pháp tối ưu hóa điều chỉnh thích nghi giới hạn.

Từ khóa: Hệ thống FMS, điều khiển thích nghi, tối ưu hóa, chế độ cắt.

Abstract

This paper introduces the importance of the adaptive control adjustment system apply to FMS. From the function of the system, the object is clarified and the principle of adjusting the cutting mode for processing element in FMS. At the same time, also presented limited adaptive control adjustment method.

Keywords: FMS, adaptive control adjustment, optimization Method, Cutting mode.

1. Mở đầu

Hệ thống sản xuất linh hoạt FMS được thiết kế để sản xuất một nhóm sản phẩm cụ thể theo các nhóm chi tiết điển hình trong chế tạo cơ khí. Tính linh hoạt của hệ thống thể hiện ở khả năng thích ứng nhanh hay chậm với sự thay đổi của đối tượng sản xuất dù có kế hoạch hoặc không có kế hoạch định trước. Trong FMS thành phần trung tâm là các máy công cụ điều khiển số NCM hoặc các trung tâm gia công CNC, khi có sự thay đổi về đối tượng sản xuất một trong các yếu tố quan trọng đó là sự điều chỉnh kịp thời bộ thông số chế độ cắt cho phù hợp. Điều này sẽ đảm bảo hiệu quả hoạt động của các tế bào gia công và do đó sẽ đảm bảo độ tin cậy của FMS. Các bộ điều chỉnh chế độ cắt như vậy trong hệ thống sản xuất linh hoạt FMS được gọi là các bộ điều khiển thích nghi [2].

2. Chức năng của hệ thống điều chỉnh thích nghi

Hầu như với tất cả các máy công cụ điều khiển theo chương trình số, bộ thông số chế độ cắt của chúng luôn được xác định bằng phương pháp tối ưu hóa theo điều kiện công nghệ của hệ thống. Bộ thông số này được tính toán theo điều kiện ban đầu của hệ thống công nghệ bao gồm máy gia công, đồ gá, dụng cụ cắt và chi tiết (MGDC) và yêu cầu kỹ thuật của chi tiết [3]. Tuy vậy theo thời gian khai thác có hai vấn đề xảy ra là:

Thứ nhất là sự hao mòn của hệ thống công nghệ, đặc biệt là đối với dụng cụ cắt, các điều kiện bôi trơn, làm mát và sự ảnh hưởng của tích lũy phoi, ... sẽ làm thay đổi điều kiện ban đầu.

Thứ hai là sự thay đổi loại hình sản xuất, đối tượng sản xuất cũng làm thay đổi các thông số đầu vào để xác định chế độ cắt gọt.

Trong cả hai trường hợp như vậy đều yêu cầu sự thay đổi của bộ thông số chế độ cắt nhằm mục đích đảm bảo chất lượng của hệ thống công nghệ và độ chính xác gia công của chi tiết. Như ta đã biết chế độ cắt làm thay đổi rất mạnh lực cắt và chất lượng sản phẩm. Để thực hiện thay đổi chế độ cắt một cách nhanh chóng, chính xác và hiệu quả chính là chức năng của các hệ thống điều chỉnh thích nghi. Trong các FMS người ta thường sử dụng hệ thống điều chỉnh tốc độ cắt kiểu điều chỉnh thích nghi giới hạn.

3. Hệ thống điều chỉnh thích nghi giới hạn

Hệ thống điều chỉnh thích nghi giới hạn là hệ thống thực hiện điều chỉnh theo các giới hạn của quá trình cắt gọt kim loại tại các tế bào gia công. Chính vì vậy các tiêu chuẩn giới hạn lựa chọn phải có tính phổ quát cao cả về hiện tượng và tầm ảnh hưởng đến hệ thống công nghệ cũng như chất lượng của sản phẩm. Việc sử dụng các bộ điều chỉnh thích nghi sẽ giúp cho quá trình vận hành FMS luôn đảm bảo yếu tố năng suất và chất lượng, đóng góp lớn cho việc nâng cao hiệu quả kinh tế và độ tin cậy của FMS [2].

Phần lớn các bộ điều khiển thích nghi giới hạn áp dụng cho tế bào gia công của FMS trong thực tế hiện nay thực hiện đánh giá quá trình cắt gọt thông qua yếu tố lực cắt. Đó là do hai lý do cơ bản sau:

Một là lực cắt là thông số biểu hiện rất tốt và rõ ràng của các thông số chế độ cắt (v , t , S), bản chất vật liệu gia công, đặc trưng hình học của lớp phoi cắt, sự mài mòn của dụng cụ cắt, ...

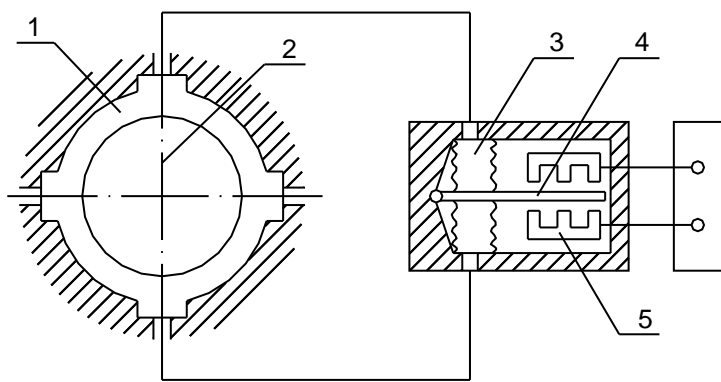
Hai là trong sản xuất hàng loạt lớn, lực cắt là yếu tố vật lý cần phải giới hạn chính xác do tác động trực tiếp của nó đến độ bền, độ cứng vững của hệ thống công nghệ. Trong rất nhiều trường hợp

lực cắt được đo một cách đơn giản theo lượng chạy dao, áp lực dầu thủy lực, dòng và pha của hệ thống điện.

Trên cơ sở yếu tố lực cắt tức là sự gắn liền của nó với các thông số chế độ cắt, các hệ thống điều chỉnh thích nghi thường điều chỉnh lượng chạy dao khi cắt cho phù hợp với thay đổi của quá trình sản xuất. Với tư cách là điều chỉnh sự thay đổi của yếu tố lượng chạy dao khi cắt gọt trong phần lớn các trường hợp đã chỉ ra sự thay đổi đáng kể của lực cắt mà nó góp phần vào đảm bảo yếu tố tuổi bền của dụng cụ cắt gọt. Đối với yếu tố tốc độ cắt thường chỉ thực hiện sự điều chỉnh theo kết quả đo đặc của sự mài mòn dụng cụ cắt. Với chiều sâu cắt khi gia công ta có thể có sự điều chỉnh đáng kể theo số lượt chạy dao ngay khi thiết kế sản phẩm [3].

Việc đo đạc và hiển thị thông số lực cắt thường được sử dụng các bộ đo lường tích cực tại các vị trí nhạy cảm nhất của hệ thống công nghệ, ví dụ trục chính của máy gia công.

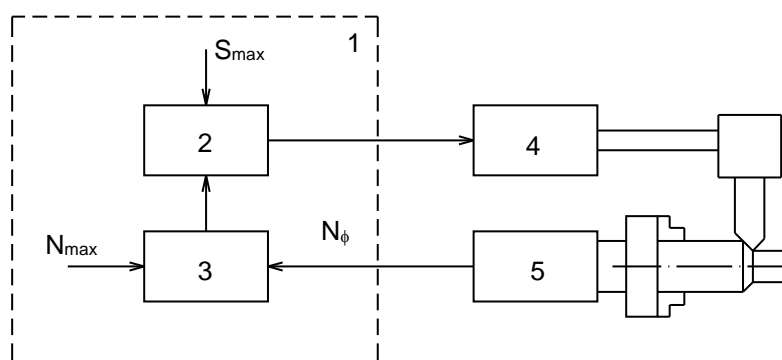
Dưới đây là một ví dụ về hệ thống đo và hiển thị lực cắt sử dụng trong các hệ thống điều khiển thích nghi (Hình 1). Khi trục (2) của máy công cụ quay trong ổ trượt bôi trơn thủy lực dưới tác dụng của lực cắt sẽ có sự thay đổi đáng kể lên sự phân bố áp lực dầu bôi trơn lên kênh đo (1). Các thay đổi này thông qua cơ cấu đo (3) được kết nối với kênh đo (1). Khi có sự thay đổi của áp lực dầu bôi trơn từ tín hiệu thay đổi của (3) thông qua cơ cấu chuyển đổi điện từ (4) và hệ thống điện từ chuyển sang tín hiệu số sẽ xuất ra tín hiệu số để điều chỉnh lại lực cắt theo giới hạn cho trước thông qua việc thay đổi bước tiến dao (S).



Hình 1. Sơ đồ đo các thành phần lực cắt P_y , P_z sử dụng ổ trượt bôi trơn thủy lực

- 1, Kênh nhận tín hiệu thay đổi; 2, Trục chính;
- 3, Cơ cấu đo sự thay đổi áp lực dầu bôi trơn;
- 4, Bộ chuyển đổi điện từ; 5, Hệ thống điện từ chuyển sang tín hiệu số.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển thích nghi khi tiện được chỉ ra trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống điều khiển thích nghi giới hạn khi gia công tiện

- 1, Khối điều chỉnh thích nghi; 2, Cơ cấu điều chỉnh; 3, Cơ cấu so sánh
- 4, Điều chỉnh lượng chạy dao; 5, Trục chính máy tiện.

Quá trình điều chỉnh thích nghi được diễn ra như sau: Với thông số ban đầu, lượng chạy dao của quá trình cắt gọt được tính toán là $S = S_{max}$ và công suất cắt là $N = N_{max}$. Ở điều kiện giới hạn của lực cắt cho phép hệ thống làm việc ổn định, khi có sự thay đổi của lực cắt do sự thay đổi của đối tượng sản xuất và điều kiện sản xuất, cơ cấu so sánh (3) sẽ cấp thông tin thay đổi về cơ cấu

điều chỉnh (2). Cơ cấu điều chỉnh thực hiện điều chỉnh lượng chạy dao thông qua điều chỉnh bước tiến trên trục tiến dao tạo ra công suất cắt và lực cắt phù hợp (N_{ϕ}).

Sự điều chỉnh liên tục và tích cực trong mọi thời điểm của bộ điều khiển thích nghi giới hạn sẽ đảm bảo độ tin cậy cao cho hệ thống công nghệ và do đó tính linh hoạt của hệ thống được nâng cao. Tuy vậy một yếu tố rất quan trọng trong hệ thống sản xuất linh hoạt đó là tính kinh tế, do đó các hệ thống điều chỉnh thích nghi cũng phải đáp ứng yêu cầu này. Muốn đạt được điều đó cần phải tối ưu hóa với hệ thống điều chỉnh thích nghi.

4. Hệ thống điều chỉnh thích nghi tối ưu

Trong sản xuất lớn trên FMS, giá thành của một sản phẩm có tác động lớn đến tính kinh tế của hệ thống. Khi tiến hành điều chỉnh thích nghi sự thay đổi của các thông số chế độ cắt sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất gia công tức là tác động đến giá thành của sản phẩm. Chính vì vậy việc điều chỉnh thích nghi để đảm bảo yếu tố kỹ thuật là bắt buộc nhưng cũng phải đảm bảo cả yếu tố kinh tế.

Gọi giá thành sản phẩm phụ thuộc vào tốc độ cắt (n) và lượng chạy dao (S) là $\tau_{(n,S)}$ ta có hàm phụ thuộc giữa giá thành sản phẩm vào bộ thông số chế độ cắt như sau [1]:

$$\tau_{(n,S)} = \frac{a_1 + \frac{a_u}{T_{(n,S)}}}{q.n.S} \quad (1)$$

Với:

a_1 : Giá thành một phút gia công của dụng cụ cơ bản (đ/phút);

a_u : Chi phí dụng cụ trong một chu kỳ tuổi bền (đ);

$T_{(n,S)}$: Chu kỳ tuổi bền với chế độ cắt cho trước (phút);

q : Tiết diện mặt cắt gia công (mm^2).

Ở đây [1]:

$$a_u = a_1.t_{CM} + \frac{a_2.t_n.Z}{Z+1} + \frac{b}{Z+1} \quad (2)$$

t_{CM} : Thời gian thay thế dụng cụ (phút);

a_2 : Giá thành một phút làm việc của dụng cụ (đ);

t_n : Thời gian làm việc của dụng cụ (phút);

Z : Số dụng cụ sử dụng hoặc số lưỡi cắt của dụng cụ;

b : Giá thành của dụng cụ (đ);

Quá trình sản xuất luôn mong muốn là đạt giá trị $\tau_{(n,S)}$ là nhỏ nhất. Và do đó tối ưu hóa quá trình điều chỉnh thích nghi là sao cho giá trị n, S đảm bảo yêu cầu kỹ thuật (điều chỉnh theo lực cắt) đồng thời phải đảm bảo $\tau_{(n,S)}$ là nhỏ nhất. Khi gia công kim loại bằng cắt gọt, tuổi bền của dụng cụ cắt cũng phụ thuộc vào các yếu tố chế độ cắt, khi cố định giá trị chiều sâu cắt ta có sự ảnh hưởng của n và S đến tuổi bền dụng cụ T như sau [1]:

$$T = \frac{C}{n^z.S^y} \quad (3)$$

Với: C, y, z là các hệ số thực nghiệm.

Kết hợp phương trình (1) và (3) ta có hàm mục tiêu dưới dạng sau [1]:

$$\tau_{(n,S)} = \frac{a_1 + \frac{a_u}{C}.n^z.S^y}{q.n.S} \quad (4)$$

Hệ thống điều chỉnh thích nghi sẽ phải tối ưu hóa các giá trị n, S trong miền giới hạn được phép thay đổi sao cho đạt giá trị $\tau_{y(n,S)}$ là nhỏ nhất.

Các giá trị giới hạn của n và S được xác lập dựa vào hệ thống công nghệ. Ví dụ trong trường hợp tiện trục trơn ta có thể tính các giá trị giới hạn như sau:

1. Xác định $S = S_{\max}$ cho phép theo độ bền động học của máy;
2. Xác định giá trị $S = S_{\min}$ theo điều kiện chất lượng bề mặt gia công;
3. Xác định giá trị vòng quay trục chính $n = n_{\min}$ cho phép trên máy công cụ;

4. Xác định giá trị $n = n_{max}$ có thể đạt được của máy gia công;
5. Xác định công suất dẫn động của động cơ chính N_{CT} ;
6. Xác định giá trị mô men uốn lớn nhất M ;
7. Xác định độ bền dụng cụ cắt;
8. Xác định lượng mòn giới hạn của dụng cụ cắt;
9. Xác định lượng biến dạng đàn hồi của chi tiết;
10. Xác định yêu cầu chất lượng bề mặt chi tiết (R_a, R_z);
11. Xác định giới hạn lực P_x ;
12. Xác định giới hạn lực P_y .

Mỗi một giới hạn như vậy (từ 1 đến 12) sẽ được mô tả bởi một phương trình giới hạn có dạng [1]:

$$n \leq C_i \cdot S^{\beta_i} \quad (5)$$

Với $i = (1 \div 12)$ số tự nhiên của giới hạn ràng buộc C_i, β_i là các hệ số.

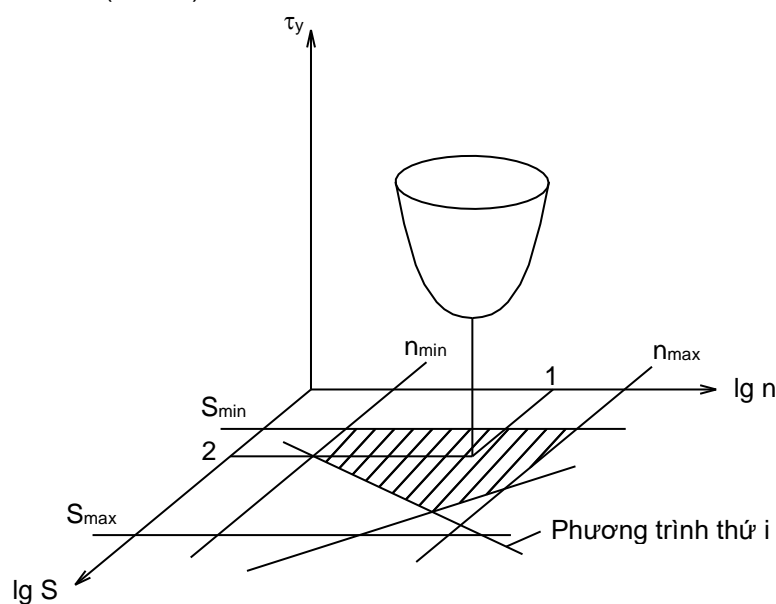
Lấy Logarit hai vế ta có [1]:

$$\lg n \leq \lg C_i + \beta_i \lg S \quad (6)$$

Đặt $\lg n = x_1$; $\lg C_i = b_i$; $\beta_i = -a_i$ và $\lg S = x_2$ ta có phương trình [1]:

$$x_1 + a_i x_2 \leq b_i \quad (7)$$

Từ phương trình (7) trên mặt phẳng $\lg n - \lg S$ ta có miền giới hạn của (n) và (S) có thể điều chỉnh. Kết hợp với phương trình (4) tìm được hình chiếu của $\tau_{y(n,S)}$ trên miền giới hạn. Đó là giá trị (n, S) tối ưu để điều chỉnh (Hình 3).

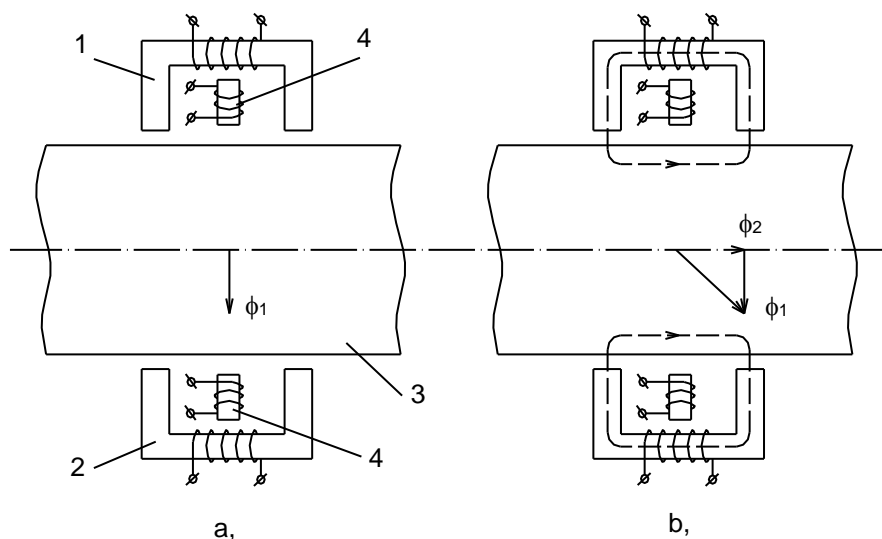


Hình 3. Mô tả thuật toán tối ưu hóa hệ thống điều chỉnh thích nghi
1, $\lg n$ điều chỉnh; 2, $\lg S$ điều chỉnh

Việc giải hệ phương trình (5) kết hợp với phương trình (4) được thực hiện dễ dàng, trực tiếp trên các máy công cụ điều khiển số hệ CNC và DNC do đó quá trình điều chỉnh sẽ rất hiệu quả cả về kỹ thuật và kinh tế.

5. Ứng dụng

Thiết kế sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển điện tử để thực hiện hiệu chỉnh thích nghi theo áp lực dầu bôi trơn trong ổ trục chính máy công cụ.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý bộ điều chỉnh thích nghi điện từ

Các cuộn dây lõi thép (1) và (2) có kết cấu giống nhau với lõi di động (4).

Khi trục làm việc ở điều kiện ổn định (Hình 4a) véc tơ từ thông $\vec{\phi}_1$ vuông góc với trục của máy công cụ và khi đó tín hiệu thay đổi để điều chỉnh bằng không.

Khi áp lực dầu thay đổi, trục thay đổi vị trí, khoảng cách đến các cuộn dây thay đổi làm mất sự cân bằng từ thông và xuất hiện thành phần từ thông hướng trục $\vec{\phi}_2$ (Hình 4b). Lúc đó véc tơ từ thông tổng cộng sẽ tạo một góc khác 90° với trục của máy và biến thành tín hiệu điều khiển.

6. Kết luận

Các hệ thống điều chỉnh thích nghi là thành phần cực kỳ quan trọng trong khai thác hiệu quả hệ thống sản xuất linh hoạt FMS. Có thể nói nếu thiếu điều khiển thích nghi thì chưa phải là FMS hoàn hảo do chưa thể đảm bảo tính linh hoạt.

Các bộ điều chỉnh thích nghi trong FMS luôn sử dụng loại điều chỉnh thích nghi giới hạn, do đó khi xây dựng hoặc khai thác một FMS luôn phải có đầy đủ các thông tin về các giới hạn của hệ thống công nghệ.

Thuật toán tối ưu hóa điều chỉnh thích nghi không quá phức tạp, do đó khi thiết kế, xây dựng hoặc khai thác một FMS cụ thể nên theo kho dữ liệu của hệ thống để xây dựng các phương trình giới hạn dạng (7) để làm cơ sở cho tính toán điều chỉnh đạt hiệu quả cao nhất cả về kinh tế và kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.I.Kochegin, M.Iu.Lykus, V.I.Sagun, *Gia công kim loại trên dây chuyền và dụng cụ cắt gọt*, NXB VusaiaSkola, 2001.
- [2] PGS.TS. Trần Văn Địch, *Hệ thống sản xuất linh hoạt FMS và sản xuất tích hợp CIM*, NXB Khoa học Kỹ thuật, 2001.
- [3] Nguyễn Tiến Đào, Nguyễn Tiến Dũng, *Công nghệ cơ khí và ứng dụng CAD - CAM - CNC*, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1999.

Ngày nhận bài: 04/04/2019
 Ngày nhận bản sửa: 19/04/2019
 Ngày duyệt đăng: 24/04/2019