

ĐIỀU KHIỂN CÁC DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT LINH HOẠT

NGUYỄN VĂN CHAU

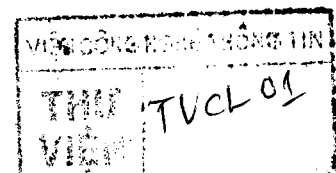
Abstract. *In the maner of system theory the manufacturing systems will be seen as a complexity of technological process with some more or less flexible control strategies. In this paper a general concept for achieving the flexibility of the structure as well as the control of a complexity of technological process is considered. Some basic configurations and adjustement possibilities of flexible manufacturing systems are also provid.*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời kì hiện đại cùng với sự phát triển công nghiệp hóa và chuyển dịch đầu tư tiến đến gần thị trường tiêu thụ, khi mà chỉ tiêu tập trung hóa sản xuất cao độ không còn có ý nghĩa kinh tế hàng đầu nữa thì sự phát triển các tiến bộ công nghệ có thể được phân loại theo ba hướng sau:

- a. Khai thác có hiệu quả nhất nguồn tài nguyên thiên nhiên, nhân lực và đa dạng hóa sản phẩm với chất lượng cao nhằm thỏa mãn nhu cầu tiêu dùng xã hội ngày càng tăng cũng như tạo thêm nhu cầu mới cho tiêu dùng xã hội với chi phí đầu tư cơ bản và chi phí sản xuất lưu thông thấp nhất.
- b. Giải quyết hợp lí các vấn đề tích hợp và phân tán, chuyên dùng và vạn năng.

Typeset by AMS-TEX



c. giải quyết hợp lí quan hệ NGƯỜI - MÁY đồng thời với việc nâng cao tỉ trọng và chất lượng tự động hóa.

Các hướng nói trên thường được phối hợp và giải quyết cụ thể ở từng ngành kinh tế quốc dân cũng như đối với từng trường hợp. Việc ra đời các dây chuyền sản xuất linh hoạt (Flexible Manufacturing Systems) là một trong các giải pháp tổng hợp về tổ chức sản xuất và về công nghệ có nhiều triển vọng và là bước chuyển về chất của nền sản xuất hiện đại. Đầu tiên từ các ngành chế tạo ô tô, cơ khí chế tạo máy và công nghệ điện tử xuất hiện ở các dây chuyền sản xuất linh hoạt có ứng dụng kỹ thuật tay máy và robot (chủ yếu trong các dây chuyền lắp ráp - Assembly Line) cho phép trên cùng một hệ thống các thiết bị công nghệ có thể gia công nhiều chi tiết máy khác nhau với chất lượng cao để thực hiện một vài sản phẩm nhất định. Thành công này mở đường cho việc xây dựng các dây chuyền sản xuất linh hoạt trong nhiều ngành kinh tế quốc dân khác. Về nguyên lí những hệ thống như thế cho phép vượt xa những khả năng của các máy công nghệ vạn năng về mức độ đa dạng sản phẩm mà vẫn đảm bảo chất lượng cần thiết. Nó cho phép giảm đáng kể chi phí đầu tư cơ bản trên mỗi đầu sản phẩm, nâng cao hiệu quả tổ chức và quản lí sản xuất, thực hiện chi phí lưu thông phân phối và kho tàng bảo quản ở mức thấp nhất. Trên thực tế những DCSXLH như thế đã hoạt động trong một số ngành kinh tế quốc dân (ví dụ trong công nghiệp giấy da, may mặc [5], công nghiệp thực phẩm, một số dây chuyền sản xuất hóa dầu và công nghệ năng lượng (tuốc bin đối áp cung cấp điện và hơi các loại...) cũng có thể xem như những DCSXLH).

Ngày nay cùng với những tiến bộ khoa học công nghệ trong các lĩnh vực sản xuất cũng như trong lĩnh vực điều khiển, tự động hóa, vi xử lí và vi tính vấn đề thiết kế hệ thống điều khiển tự động hóa là bộ phận không thể thiếu trong việc tổ chức các dây chuyền sản xuất linh hoạt. Các dây chuyền sản xuất linh hoạt có thể không mang lại hiệu quả đáng kể thậm chí có thể dẫn hệ thống đến mất điều khiển hoặc không đạt được trạng thái mong muốn nếu như các vấn đề điều khiển và tự động hóa đối với chúng chưa được xem xét đến như là một vấn đề tổng hợp và hệ thống.

II. NGUYÊN TẮC CHUNG TRONG THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐKDCSXLH

2.1. Linh hoạt về tổ chức sản xuất

Những dây chuyền sản xuất linh hoạt có 3 đặc điểm cơ bản sau:

a. Tính hệ thống, tính đa dạng đối với sản phẩm và tính đồng bộ đối với công nghệ.

Nguyên tắc này cũng có thể thể hiện qua đặc trưng: các chi phí đầu tư cơ bản trên mỗi đầu sản phẩm và chi phí cho sản xuất lưu thông cho mỗi đơn vị sản phẩm là thấp nhất.

b. Có độ đa dạng công nghệ cao.

Sự khác biệt giữa việc sử dụng một tổ hợp máy vạn năng và dây chuyền sản xuất linh hoạt để làm ra nhiều loại sản phẩm là ở chỗ trong dây chuyền sản xuất linh hoạt độ đa dạng công nghệ của từng khâu thiết bị công nghệ vạn năng không phải là đặc trưng. Các thành phần chủ yếu ở đây là các thiết bị công nghệ chuyên dùng có phạm vi thông số làm việc biến đổi rộng, có khả năng thích nghi cao do đó cho phép đạt được đồng thời năng suất và chất lượng cao. Các khâu dịch vụ: phân loại và kiểm tra, vận chuyển, đóng gói có một ý nghĩa quan trọng trong việc đảm bảo đồng bộ của toàn bộ hệ thống công nghệ. Trên cùng một hệ thống công nghệ có thể sản xuất nhiều loại sản phẩm khác nhau.

c. Từ hai đặc điểm cơ bản nói trên cho thấy DCSXLH là một tổ chức sản xuất đa công nghệ và đa sản phẩm. DCSXLH là hệ thống phức tạp có cấu hình công nghệ phức hợp, linh hoạt và điều khiển được hoàn toàn. Sau đây ta gọi hệ thống là phức hợp công nghệ linh hoạt (PHCNLH).

2.2. Quy mô và mức độ phức tạp của hệ thống

Điều đó phù hợp với thị trường cung ứng nguyên liệu, năng lượng, nhân lực và tiêu thụ sản phẩm với chi phí đầu tư cơ bản là hợp lý có tính đến khả năng phát triển trong một tương lai nhất định. Theo đặc điểm của nó hệ PHCNLH là hệ có phân cấp và có thể là thành phần trong các hệ phân cấp lớn hơn.

2.3. Ứng dụng kĩ thuật tự động hóa cao và có sự hỗ trợ của máy tính

Những dây chuyền sản xuất linh hoạt được xây dựng thành công không thể không gắn liền với việc ứng dụng các kĩ thuật điều khiển và tự động hóa cao. Việc ứng dụng các thành tựu mới khoa học điều khiển học cũng như các tiến bộ kĩ thuật robot, vi xử lý và vi tính trong điều khiển tự động cho phép thực hiện những bước tiến đáng kể trong việc xây dựng các dây chuyền sản xuất linh hoạt trong nhiều ngành kinh tế quốc dân khác nhau. Mỗi dây chuyền sản xuất linh hoạt có một hệ thống điều khiển tương ứng với tỉ trọng tự động hóa thích hợp. Mỗi hệ thống sản xuất linh hoạt có thể có trong thành phần của mình các dây chuyền sản xuất linh hoạt tự động hóa. Các liên hệ giữa chúng với nhau cũng như giữa chúng với hệ thống các cấp phân cấp (hierarchical structure) có thể được tự động hóa từng

phần hoặc toàn phần.

III. PHCNLH - CẤU TRÚC CƠ BẢN

DCSXLH là hệ thống công nghệ (thiết bị và công nghệ) để đảm bảo thực hiện các PHCNLH. Điều khiển DCSXLH do đó là điều khiển quá trình PHCNLH.

Kí hiệu x_k là công nghệ k đặc trưng cho tập nhất định các thông số công nghệ cần đạt tới được trong quá trình, $x_k \subset X$, x_k có miền xác định đủ rộng, X là không gian trạng thái của PHCNLH, $x = x(t)$ là véc tơ trạng thái của PHCNLH.

Tổng quát mô hình PHCNLH có dạng

$$x = \left(\bigcap_{k \in K} x^k \right) \cup \left(\bigcup_{i \in I} x^i \right), \quad x \subset X, \quad x^k, x^i \subset X. \quad (1)$$

Các công nghệ i, k có thể là rỗng (bởi vì $\{\emptyset\} \subset x$). $\left(\bigcap_{k \in K} x^k \right), \bigcup_{i \in I} x^i$ các giao và hợp suy rộng của các công nghệ i, k . Bởi vì $I, K \subset N$ để cho gọn sau này ta kí hiệu tương ứng là $\cap x^k, \cup x^i$.

Trong không gian trạng thái PHCNLH có thể được mô tả bởi các hàm trạng thái và hàm quan sát

$$x(t) = G(x_0(t), u(t), t_0, t, \xi), \quad (2)$$

$$y(t) = C(x(t), u(t), t, \xi), \quad (3)$$

ở đây G và C là các ánh xạ

$$G: X \times U \times T \times T \rightarrow X, \quad (4)$$

$$C: X \times U \times T \rightarrow Y, \quad (5)$$

$u \in V \subset U, (t_0, t) \in T, t_0 \leq t, V$ - là tập các điều khiển chấp nhận được.

Về bản chất các hệ thống lớn và phức tạp như các hệ PHCNLH là phi tuyến. Phương pháp có hiệu quả nghiên cứu các hệ phi tuyến là phân tích hệ thành tổ hợp các hàm lồi và lõm có những tính chất đặc biệt giúp cho việc khảo sát các hệ được thuận lợi. Tuy nhiên đối với những hệ thống lớn có độ phức tạp cao và đa mục tiêu như các hệ PHCNLH thì khối lượng công việc đó sẽ vô cùng lớn và phức tạp đến mức có thể làm giảm đáng kể hiệu quả của phép phân tích. Việc chấp nhận giả thiết tuyến tính hóa sẽ cho ta nhiều thuận lợi hơn trong việc khảo sát hệ.

Tính linh hoạt của hệ PHCNLH được thể hiện ở chỗ miền xác định chấp nhận được của trạng thái X và điều khiển V đủ rộng và đa mục tiêu. Việc khảo sát các hệ như thế trước hết cần nghiên cứu khi khả năng điều khiển của hệ. trong trường hợp đơn giản nhất, giả sử mô hình là tuyến tính, phân rã được ra các hệ con (subsystem) là điều khiển được thì điều đó chưa đủ đảm bảo cho hệ là điều khiển được hoàn toàn (completely controlable). Có thể thấy rõ là việc tồn tại các quan hệ tương tác giữa các hệ con có thể dẫn đến làm mất điều khiển hoặc làm giảm khả năng điều khiển của hệ (điều khiển không hoàn toàn). Điều đó cũng hoàn toàn phù hợp với trường hợp các hệ con cũng là các quá trình công nghệ và chấp nhận về tiền đề tồn tại [4]. Do vậy phân tích các PHCNLH, việc xét khả năng điều khiển được và tính hoàn toàn điều khiển được có ý nghĩa quan trọng. Về khả năng điều khiển được của hệ thì có liên quan đến khái niệm đạt tới được (reachable).

Định nghĩa 1.

Công nghệ k gọi là đạt tới được nếu

$$(\forall x_0^k) (\forall t_0 \in T) \rightarrow [\exists g^k : g^k(x_0^k, t_0, u(t)) = x^k(t), t \geq t_0, t \in T], \quad (6)$$

ở đây x_0^k trạng thái ban đầu của công nghệ k .

Định nghĩa 2.

Công nghệ k gọi là đạt tới được hoàn toàn nếu tồn tại g^k là ánh xạ tràn ánh:

$$(\forall x_0^k) (\forall t_0 \in T) \rightarrow [\exists g^k : g^k(x_0^k, t_0, u(t)) = x^k(t), \forall x^k \subset X, t \geq t_0, \in T], \quad (7)$$

Định nghĩa 3.

Hệ gọi là hoàn toàn điều khiển được tới x^k nếu

$$(\forall x_0^k) (\forall t_0 \in T) \rightarrow [(\exists V \subset U, u^k \in V) : g^k(x_0^k, t_0, u(t)) = x^k(t), \forall x^k \subset X, t \geq t_0, t \in T], \quad (8)$$

Ví dụ: Hệ tuyến tính

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k), k \in N, A, B - \text{ma trận cấp } n \times n \text{ và } n \times m, \quad (9)$$

$$x(k) = A^k x_0 + \sum_{i=0}^{k-1} A^{k-i-1} Bu(i) = A^k x_0 + (A^{k-1}B, \dots, AB, B) \begin{pmatrix} u(0) \\ u(1) \\ \vdots \\ u(k-1) \end{pmatrix} \quad (10)$$

Đặt

$$x_0 = 0, Q = (A^{k-1}B, \dots, AB, B). \quad (11)$$

Từ định nghĩa 1 hệ (9) là hoàn toàn đạt tới được $\forall x \subset X$ khi

$$Q : \mathbb{R}^{nk} \rightarrow \mathbb{R}^n \Rightarrow \text{rank } Q = n. \quad (12)$$

Từ ĐN 2 dễ dàng thấy rằng hệ (9) là điều khiển được hoàn toàn khi thỏa mãn (12) và

$$\det(A) \neq 0 \ \& \ \det(AB) \neq 0. \quad (13)$$

Mệnh đề 1.

PHCNLH $x \subset X$ là hoàn toàn điều khiển được \Rightarrow đạt tới được, nhưng ngược lại thì không đúng.

$$x \text{ là hoàn toàn điều khiển được} \Rightarrow x \text{ đạt tới được} \quad (14)$$

X đạt tới được $\Rightarrow \sim (x \text{ hoàn toàn đạt tới được} \Rightarrow x \text{ hoàn toàn điều khiển được})$.

Chứng minh. Cho rằng x điều khiển được hoàn toàn $\Rightarrow [(\exists g \in G), (\exists u \in V)] \rightarrow x^* : \forall x^* \in x$.

Ngược lại vì PHCNLH là đạt tới được không hoàn toàn nên từ (6) $\Rightarrow \exists x^{**} \in x : \sim [(\exists g \in G) (u \in V) \rightarrow x^{**}] \Rightarrow \sim (x : \text{đạt được hoàn toàn} \Rightarrow x : \text{điều khiển được hoàn toàn})$.

Mệnh đề 2.

Cho rằng các PHCNLH x^j là điều khiển được hoàn toàn thì PHCNLH $x = \cap x^j$ cũng đạt tới được hoàn toàn và ngược lại x^j đạt được hoàn toàn.

$$\begin{aligned} x^j - \text{điều khiển được hoàn toàn} &\Rightarrow x - \text{là đạt tới được hoàn toàn.} & (15) \\ x - \text{là đạt tới được hoàn toàn} &\Rightarrow x^j - \text{là đạt tới được hoàn toàn} \end{aligned}$$

Chứng minh. x^j điều khiển được hoàn toàn $\Rightarrow [(\exists g^j \in G), (\exists u^j \in V)] \rightarrow x^j, j \in K$. Bởi vì $x = \cap x^j$ ta có $\{[\exists x^* : \wedge [(x^* \in x^i) \wedge (x^* \in x^j)], i \neq j] \Leftrightarrow (x^* : \forall x^* \in x)\} \Rightarrow x : \text{đạt tới mức hoàn toàn}$.

Ngược lại giả sử $x : \text{đạt tới được hoàn toàn} \Rightarrow (\exists x^* : x^* \in x^i, x^* \in x^j, \forall i, j : i \neq j) \Rightarrow x : \text{đạt tới được hoàn toàn}$.

Mệnh đề 3.

Cho rằng các PHCNLH x^j là đạt được hoàn toàn thì PHCNLH $x = \cup x^j$ cũng đạt được hoàn toàn và ngược lại có ít nhất $\exists x^j$ không đạt tới được hoàn toàn.

$$\begin{aligned} x^j \text{ đạt tới được hoàn toàn} &\Rightarrow x : \text{đạt tới được hoàn toàn} & (16) \\ x \text{ đạt tới được hoàn toàn} &\Rightarrow \sim (\exists x^j : \text{đạt tới được hoàn toàn}) \end{aligned}$$

Chứng minh. $x^j : \text{đạt được hoàn toàn} \Rightarrow \{[\exists x^* : \forall [(x^* \in x^i) \vee (x^* \in x^j)], i \neq j]\} \Leftrightarrow (x^* : \forall x^* \in x) \Rightarrow x : \text{đạt được hoàn toàn}$.

Ngược lại giả sử $x : \text{đạt được hoàn toàn} \Rightarrow [(\exists x^* : x^* \in x^i, x^* \in x^j, \forall i, j : i \neq j) \Rightarrow \sim (\exists x^j : x^j \text{ đạt tới được hoàn toàn})$.

Mệnh đề 4.

PHCNLH x xác định bởi mô hình (1) trong đó x^i, x^k là điều khiển được hoàn toàn thì x là đạt được hoàn toàn, ngược lại có ít nhất $\exists x^j$ không đạt tới được hoàn toàn.

$$\begin{aligned} x^i, x^j : \text{điều khiển được hoàn toàn} &\Rightarrow x : \text{đạt tới được hoàn toàn} & (17) \\ x : \text{đạt tới được hoàn toàn} &\Rightarrow \sim (\exists x^i, x^j : x^i, x^j \text{ đạt tới được hoàn toàn}) \end{aligned}$$

Chứng minh.

$$\begin{aligned} x &= (\cap x^i) \cup (\cup x^j) = \cup [(\cap x^i) \cup x^j] & (18) \\ x &= \cup [\cap x^{i,j,i \neq j}] \end{aligned}$$

Đặt $x^s = x^i \cup x^j, x^{**} = \cap x^*$ ta có $x = \cup x^{**}$. Từ mệnh đề 2, 3 ta có x^i, x^j : điều khiển được hoàn toàn $\Rightarrow x^{**}$: đạt tới được hoàn toàn $\Rightarrow x$: đạt tới được hoàn toàn.

Ngược lại x : đạt tới được hoàn toàn $\Rightarrow \sim (x^* : \text{đạt tới được hoàn toàn}) \Rightarrow \sim (\exists x^i, x^j : \text{đạt tới được hoàn toàn})$.

Độ linh hoạt của PHCNLH được xác định theo Ashby [4]:

$$L_\epsilon(x) = \log_2 \{ [\wedge M_\epsilon(x)_i] \vee [\vee M_\epsilon(x)_j] \}, \quad i \neq j, \quad (19)$$

Ở đây

$$M_\epsilon(x)_i = \left(\frac{|x|}{\epsilon} \right)_i, \quad \epsilon - \epsilon \text{ ngưỡng} \quad (20)$$

Mệnh đề 5.

Độ linh hoạt của PHCNLH càng giảm khi số thành phần các công nghệ cơ sở càng tăng.

Chứng minh. Xét trường hợp thuận lợi nhất (mệnh đề 2) và khi $i \neq j, (i, j) \in \{1, 2, 3\}$. Rõ ràng khi đó

$$\log_2 \{ \wedge_{i \neq j, (i,j) \in \{1,2,3\}} [M_\epsilon(x)_i \wedge M_\epsilon(x)_j] \} \leq \log_2 \{ M_\epsilon(x)_i \wedge M_\epsilon(x)_j \}$$

suy rộng

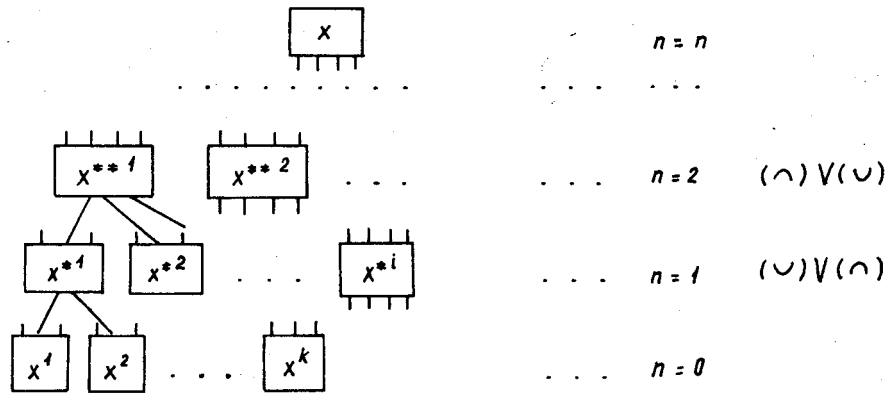
$$\log_2 \{ \wedge_{i \neq j, (i,j) \in n} [M_\epsilon(x)_i \wedge M_\epsilon(x)_j] \} \leq \log_2 \{ \wedge_{i \neq j, (i,j) \in m, m < n} [M_\epsilon(x)_i \wedge M_\epsilon(x)_j] \}.$$

Do đó

$$L_\epsilon(x_n) \leq L_\epsilon(x_m), \quad n > m. \quad (21)$$

Nhận xét.

1. Từ (18) cho ta thấy PHCNLH có cấu trúc phân cấp. Cấp cơ sở ($n=0$) là các công nghệ cơ sở $x^{i,j}$. Quan hệ giữa các cấp phân cấp là quan hệ phức hợp, giao và lần lượt đối đầu. Hệ thống có thể có giao của nhiều PHCNLH (hệ đa sản phẩm) (cấu trúc hình dây núi). Mỗi PHCNLH có thể có cấp số phân cấp khác nhau nhưng ở cấp phân cấp cuối cùng là quan hệ giao. Trên hình 1 giới thiệu sơ đồ phân cấp của PHCNLH.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc PHCNLH

2. Một PHCNLH phức tạp có thể hoạt động tốt mặc dù trong thành phần có chứa ít nhất một bộ phận hoặc một công nghệ cơ sở hoạt động kém.

3. Từ mđ 5 cho thấy rằng đối với các sản phẩm có yêu cầu phức hợp số thành phần công nghệ cơ sở càng ít thì độ linh hoạt của PHCNLH càng lớn.

4. Từ các mđ 1-5 cho thấy rằng sẽ không khai thác được hết tính ưu việt của hệ, thậm chí có thể làm cho điều khiển trở nên kém chất lượng nếu các vấn đề về điều khiển hệ thống không được xem xét như là bộ phận không thể thiếu trong việc thiết kế tổ hợp các PHCNLH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. M. D. Mesarovic, Yasuhoho Takahara, *General system Theory, Mathematical foundations*, Academic Press - New York, San Francisco, London, 1975.
2. S. W. Director, R. A. Rhorer, *Introduction to system theory*, Mc Graw - Hill Book Company - New York, 1972.
3. Hoàng Tuy, *Phân tích hệ thống và ứng dụng*, NXB KHKT, Hà nội 1987.
4. Nguyễn Văn Châu, *Tiếp cận hệ thống trong điều khiển các quá trình công nghệ*, Tin học và Điều khiển học T. 10, N. 2 1993.
5. Science et Technology - 04, 1989.
6. Nguyễn Văn Châu, *Ứng dụng phương pháp tiệm cận hệ thống trong điều khiển quá trình công nghệ nhiệt điện*, Tin học và Điều khiển học T. 8, N. 3 1992.

Viện công nghệ thông tin
Nghĩa đô, Từ Liêm, Hà nội