

Chương 5

CƠ SỞ THIẾT KẾ VÀ LỰA CHỌN ROBOT

Chương này sẽ khái quát kết cấu cơ khí điển hình của tay máy. Nó nhằm tạo cho người sử dụng robot một cơ sở thực tiễn để chọn mua loại robot phù hợp với yêu cầu công nghệ và đặc điểm sử dụng. Đồng thời, đây cũng là tài liệu tham khảo cho người thiết kế, tổ hợp robot.

5.1. CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA RBCN

RBCN rất đa dạng về kết cấu và tính năng, được đánh giá bằng các thông số kỹ thuật rất khác nhau. Tuy nhiên, có những thông số kỹ thuật chung cho hầu hết robot. Dựa vào các thông số kỹ thuật chung đó, người ta thống nhất hoá và tiêu chuẩn hoá kết cấu và tính năng của robot. Người dùng có kinh nghiệm không bao giờ cố chọn robot có mọi tính năng kỹ thuật tốt nhất mà biết chọn các thông số ưu tiên để thoả mãn yêu cầu công việc với chi phí thấp nhất. Ví dụ, đối với một robot vận chuyển thì 3 bậc tự do có thể là đủ, nhưng robot phun sơn thường cần tới 6 bậc tự do. Robot lắp ráp hoặc robot phục vụ máy công cụ thường phải có độ chính xác định vị cao còn robot phun sơn thì không. Trên robot hàn điểm có thể chọn kiểu điều khiển điểm - điểm cho rẻ, còn trên robot hàn hồ quang thì nhất thiết phải dùng điều khiển đường (*contour*), v.v... Mục này nói về khái niệm và hướng lựa chọn một số thông số kỹ thuật chính.

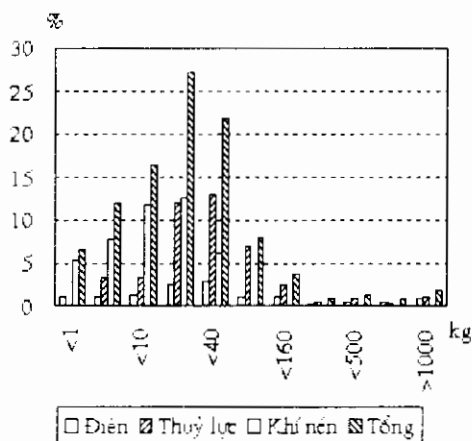
5.1.1. Sức nâng của tay máy

Đó là khối lượng lớn nhất của vật mà robot có thể nâng được (không kể khối lượng của các cơ cấu trong tay máy) trong điều kiện nhất định, ví dụ khi tốc độ dịch chuyển cao nhất hoặc khi tay với dài nhất. Nếu robot có nhiều tay thì đó là tổng sức nâng của các tay. Thông số này quan trọng đối với các robot vận chuyển, xếp dỡ, lắp ráp,... Sự tham khảo các tài liệu kỹ thuật hiện nay của robot cho thấy, dải sức nâng của tay máy thay đổi rất rộng, từ 0,1 đến hàng ngàn kilogam. Hình 5.1 cho thấy robot có sức nâng dưới 100 kg chiếm đa số. Các robot có sức nâng lớn thường dùng hệ truyền động thuỷ lực và điện, trong đó tỷ lệ dùng động cơ điện ngày càng tăng. Truyền động khí nén cho đến nay vẫn được dùng nhiều trên RBCN, nhưng chủ yếu với các robot có sức nâng dưới 40 kg.

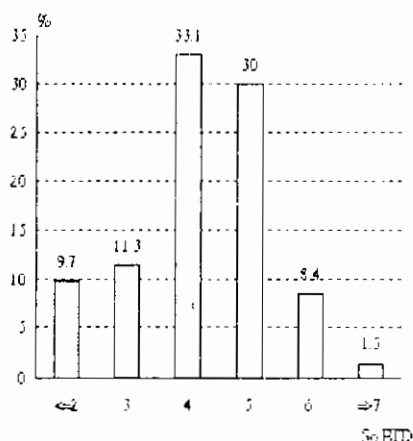
Đối với một số kiểu robot, ngoài sức nâng người ta còn có thể quan tâm đến lực hoặc momen lớn nhất mà cánh tay hoặc bàn tay có thể sinh ra.

5.1.2. Số bậc tự do của phân công tác

Đó là tổng số các tọa độ mà phân công tác có thể dịch chuyển so với thân robot. Số bậc tự do càng lớn thì hoạt động của robot càng linh hoạt, nhưng điều khiển nó càng phức tạp. Hình 5. 2 cho thấy phần lớn robot có 4-5 bậc tự do.



Hình 5. 1: Phân bố robot theo sức nặng



Hình 5.2: Phân bố robot theo số bậc tự do

Trong cơ học đã có công thức tính số bậc tự do DOF của một chuỗi động học, như sau:

$$DOF = 6n - 5k_5 - 4k_4 - 3k_3 - 2k_2 - k_1$$

trong đó, n là số khâu chuyển động được; k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 là số khớp bậc I, II, III, IV, V*. Cơ cấu phẳng chỉ có các khớp bậc IV và bậc V, nên:

$$DOF = 6n - 5k_5 - 4k_4$$

Nếu chuỗi động học là chuỗi hở (cho đến nay vẫn được dùng phổ biến trong tay máy) thì số khâu bằng số khớp, nghĩa là $n = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5$, nên:

$$DOF = k_5 + 2k_4 + 3k_3 + 4k_2 + 5k_1$$

Nếu là chuỗi vừa hở, vừa phẳng thì:

$$DOF = k_5 + 2k_4$$

* Khớp bậc I, II, III, IV, V, có 5, 4, 3, 2, 1 khả năng chuyển động.

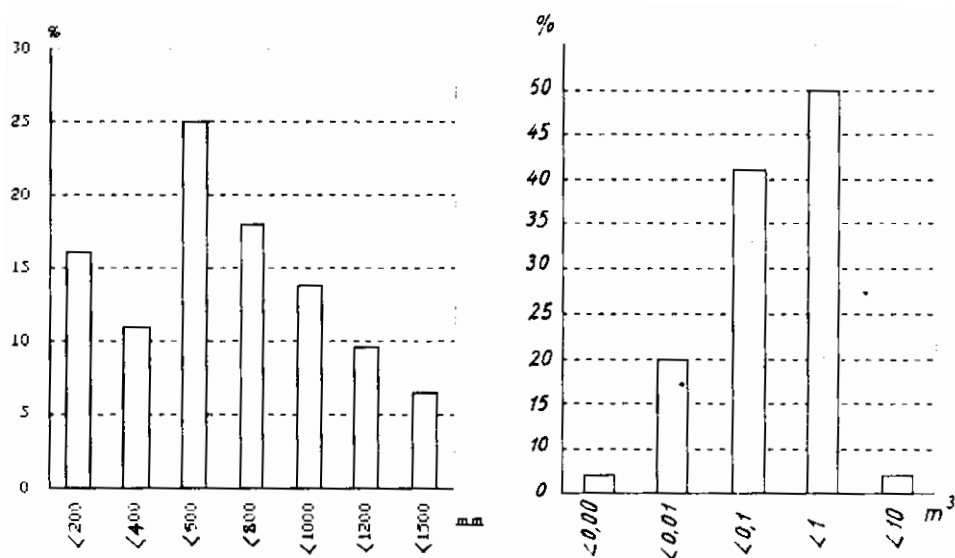
5.1.3. Vùng công tác

Khi nói đến vùng công tác của tay máy, người ta quan tâm đến cả thể tích (tính bằng m^3) và hình dạng của nó. Hình 5. 3 cho thấy vùng công tác của tay máy không chỉ phụ thuộc vào kết cấu cơ khí mà cả trình tự chuyển động của các khâu.

Sơ đồ tọa độ chuyển động chính			Ví dụ kết cấu của tay máy
Tọa độ bậc các	phẳng		
	không gian		
Tọa độ cực	phẳng		
	trụ		
	cầu		
Phức hợp cực - bậc các	trụ		
	cầu		

Hình 5. 3: Vùng công tác của tay máy (Q: khớp quay, T: khớp trượt)

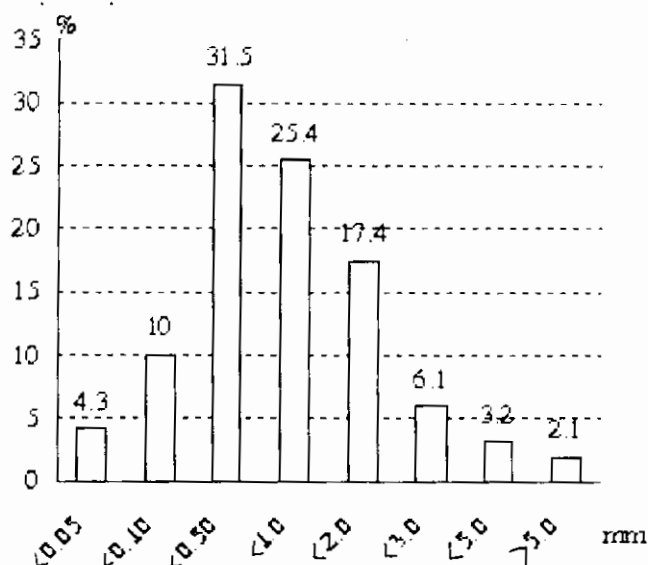
Một thông số khác liên quan đến vùng công tác của tay máy là *tầm với* của cánh tay. Tăng tầm với sẽ gây nên sự mất ổn định của tay máy khi làm việc. Sự phân bố của robot theo thể tích phân công tác và theo tầm với được thể hiện trên hình 5. 4.



Hình 5. 4: Phân bố robot theo tầm với và thể tích vùng công tác

5.1.4. Độ chính xác định vị

Độ chính xác định vị (*positioning accuracy*) thể hiện khả năng đối tượng đạt được chính xác tới điểm đích. Đó là một thông số rất quan trọng, ảnh hưởng đến sự thao tác chính xác của phần công tác và khả năng bám quỹ đạo của nó.



Hình 5. 5: Phân bố robot theo độ chính xác định vị

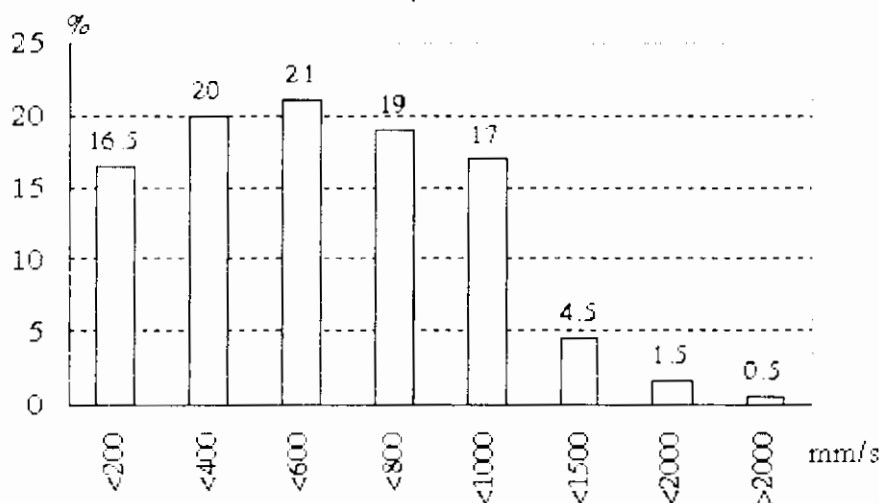
Đối với thiết bị điều khiển số, độ chính xác định vị liên quan đến 2 thông số, là *độ phân giải điều khiển (control resolution)* và *độ lặp lại (repeatability)*.

Tuỳ theo yêu cầu công nghệ, người ta dùng các robot có độ chính xác định vị trong khoảng $\pm(0,05 \div 5) \text{ mm}$. Hình 5. 5 cho thấy 70% số robot có sai số định vị không quá $\pm 1,0 \text{ mm}$. Với khả năng của máy tính và các thiết bị điều khiển hiện nay thì việc giảm sai số định vị xuống $0,05 \text{ mm}$ không gây vấn đề về kinh tế và kỹ thuật.

5.1.5. Tốc độ dịch chuyển

Xét về năng suất, người ta mong muốn tốc độ dịch chuyển (thẳng hoặc góc) của phần công tác hoặc của từng khâu càng cao càng tốt. Tuy nhiên, xét về mặt cơ học, tốc độ cao sẽ dẫn đến những vấn đề, như giảm tính ổn định, lực quán tính lớn, sự hư mòn nhanh các cơ cấu,... Xét về mặt điều khiển, với độ phân giải nhất định của bộ điều khiển, muốn tăng tốc độ dịch chuyển có thể phải giảm độ chính xác định vị. Vì vậy, vấn đề chọn tốc độ dịch chuyển hợp lý luôn luôn phải được đặt ra khi thiết kế cũng như lựa chọn robot.

Các bộ điều khiển và hệ thống chấp hành hiện đại cho phép nâng tốc độ điều khiển tới hàng trăm mét/phút nhưng, như trên hình 5.6 cho thấy phần lớn robot có tốc độ dịch chuyển tối đa trong khoảng $100 \div 1000 \text{ mm/s}$ ($6 \div 60 \text{ m/ph}$).



Hình 5. 6: Phân bố robot theo tốc độ dịch chuyển của phần công tác

5.1.6. Đặc tính của hệ điều khiển

Hệ điều khiển ảnh hưởng rất lớn đến tính năng của robot. Khi chọn hệ điều khiển, người ta quan tâm đến các khía cạnh sau:

5.1.6.1. Kiểu điều khiển

Có hai kiểu điều khiển hay dùng nhất cho RBCN, đó là *điều khiển điểm - điểm* và *điều khiển contour*. Điều khiển điểm - điểm được dùng cho các robot hàn điểm, tán đinh, vận chuyển,... Điều khiển contour vận hành hơn, song trước đây được dùng ít hơn vì phải sử dụng hệ thống điều khiển phức tạp và đắt tiền. Ngày nay, nhờ sự phát triển của kỹ thuật điều khiển số có trợ giúp của máy tính, nó được dùng ngày càng phổ biến.

5.1.6.2. Dung lượng bộ nhớ

Bộ nhớ trên robot hiện đại thường được chia làm 2 loại: *bộ nhớ hệ thống* và *bộ nhớ chương trình*. Bộ nhớ hệ thống dùng để lưu trữ các phần mềm hệ thống, phần mềm công dụng chung, như hệ điều hành, dữ liệu máy, các modul chương trình tính toán động học, động lực học,... Bộ nhớ chương trình để lưu trữ các chương trình ứng dụng của người dùng và các dữ liệu liên quan. Thường thì bộ nhớ chương trình là RAM, có dung lượng hạn chế nên *dung lượng của bộ nhớ chương trình* là một thông số kỹ thuật đáng quan tâm. Nó có thể được tính bằng *kB* hoặc bằng số từ, số câu lệnh.

5.1.6.3. Giao diện với thiết bị ngoại vi

Các thiết bị ngoại vi có thể là các thiết bị công nghệ mà robot phải phục vụ hay cùng làm việc, như máy công cụ, phương tiện vận chuyển, thiết bị đo,... hoặc các thiết bị lưu trữ, hiển thị, in ấn,... Phần lớn các robot phục vụ trong dây chuyền sản xuất có khả năng nối ghép trong hệ CIM thông qua giao diện và mạng truyền thông chuẩn.

5.1.6.4. Các tiện ích

Đối với các thiết bị được điều khiển bằng máy tính thì các tiện ích là rất quan trọng. Đó có thể là tiện ích lập trình có trợ giúp đồ họa, hệ thống dạy (*teach-in*), mô phỏng,...

Bộ thông số kỹ thuật chính của các robot thương mại thường được các nhà chế tạo cung cấp đầy đủ trong các catalog. Trong một số sổ tay cũng có các bản thông kê về thông số kỹ thuật của các robot do các hãng lớn trên thế giới sản xuất.

5.2. THIẾT KẾ VÀ TỔ HỢP ROBOT

5.2.1. Các nguyên tắc chung

Về cơ bản, thiết kế robot cũng tuân theo những nguyên tắc chung của việc thiết kế máy. Chúng ta sẽ áp dụng các nguyên tắc đó vào đối tượng cụ thể là robot.

5.2.1.1. Xuất phát từ yêu cầu công nghệ

Mỗi robot đều được thiết kế và chế tạo để trực tiếp thực hiện hoặc phục vụ cho một quá trình sản xuất cụ thể. Vì vậy, các thông số kỹ thuật của robot phải đáp ứng yêu cầu của nguyên công công nghệ. Ví dụ, robot hàn hồ quang phải có khả năng di chuyển que hàn theo đường hàn định trước; có tốc độ di chuyển của phần công tác (kẹp que hàn) phải phù hợp với chế độ hàn; có khả năng tự điều chỉnh để duy trì khoảng cách và góc nghiêng của que hàn so với bề mặt vật hàn; phải có cơ cấu tự động cấp dây hàn,... Robot lắp ráp phải có khả năng nắm được vật, di chuyển và đặt nó đúng chỗ cần lắp và thực hiện thao tác lắp (lựa, đẩy, kẹp,...). Chúng cần có độ chính xác định vị cao hoặc được trang bị hệ điều khiển thích nghi để nhận biết vị trí của vật lắp và tự động lựa nó theo tình huống.

5.2.1.2. Đảm bảo sự đồng bộ hệ thống

Robot phải làm việc trong hệ thống công nghệ cùng với các thiết bị khác nên chúng phải phối hợp nhịp nhàng với nhau. Ví dụ, robot phục vụ (chuyển, gá phôi và thay dụng cụ) cho máy công cụ, khi nhận được tín hiệu gia công xong chi tiết phải tác động mở kẹp, nhấc chi tiết bỏ lên băng tải, nhấc phôi từ băng tải khác đặt vào cơ cấu kẹp, kẹp phôi, lùi ra khỏi vùng gia công, phát tín hiệu kẹp xong để cho phép máy công cụ làm việc. Như vậy, trạng thái làm việc của máy, robot, các băng tải,... phải được thường xuyên giám sát, điều khiển đồng bộ với nhau. Sự trục trặc trong phối hợp sẽ gây rối loạn và nguy hiểm.

5.2.1.3. Chọn kết cấu điển hình

Kế thừa kết cấu là một nguyên tắc cơ bản của thiết kế máy. Khi thiết kế, dù cố ý hay không, ít hay nhiều, người thiết kế cũng phải kế thừa kết cấu nào đó. Điển hình hoá kết cấu là sự kế thừa kết cấu một cách có ý thức và có tổ chức bằng cách hệ thống hoá kết cấu, tổ chức kết cấu thành các nhóm điển hình. Công việc của người thiết kế là chọn kết cấu điển hình, hiệu chỉnh chúng nếu cần và tổ hợp nó vào hệ thống. Sử dụng kết

cấu diễn hình làm cho quá trình thiết kế và chế tạo được đơn giản, nhanh chóng, chất lượng và rẻ tiền. Thiết kế robot theo phương pháp tổ hợp modul (sẽ được trình bày ở phần sau) là dạng phát triển cao của sự diễn hình hoá kết cấu.

5.2.1.4. Đảm bảo sự hoà hợp giữa robot với môi trường

Nguyên tắc này đảm bảo sự làm việc có hiệu quả, tin cậy, an toàn, bền lâu của robot. Nó tính đến nhiệt độ môi trường, độ ẩm, lượng khí hoặc chất gây hại, mật độ bụi, mức độ rung động,... Có 2 biện pháp đảm bảo sự hoà hợp giữa robot với môi trường. Biện pháp thứ nhất là cải tạo môi trường, như điều hoà không khí, lọc bụi, lọc độc, cách ly để chống rung. Biện pháp này kém hiệu quả khi phạm vi làm việc của robot rộng, ví dụ trong phân xưởng, trong hầm mỏ,... Khi đó người ta dùng biện pháp thứ hai, là bảo vệ robot hoặc các bộ phận của nó khỏi tác động có hại của môi trường, ví dụ bao kín các khối điều khiển; làm mát cục bộ các bộ phận phát nhiệt hoặc tăng khả năng chịu nhiệt của chúng. Nhiều khi phối hợp các biện pháp có thể mang lại hiệu quả cao.

5.2.1.5. Sự hoà hợp giữa robot với người dùng

Đó là tính đến sự tác động của thiết bị đến tâm, sinh lý của người dùng. Ngày nay, người ta hay nói đến quan hệ "thân thiện" giữa máy móc với người dùng. Nó là kết hợp của các ngành khoa học, như tâm sinh lý lao động, nhân trắc học, tổ chức lao động,... Sự hài hoà đó thể hiện ở hình dạng, kích thước, vị trí, màu sắc, âm thanh,... mà con người cảm nhận khi tiếp xúc với thiết bị. Có một ngành khoa học, nghiên cứu về các giải pháp thiết kế đảm bảo sự hoà hợp giữa máy móc và con người, gọi là *Ergonomics*. Đặc tính thể hiện tính phù hợp giữa thiết bị và con người được gọi là *tính ergonomic*.

5.2.1.6. Thiết kế có định hướng sản xuất

Nguyên tắc này nói về *tính công nghệ* của kết cấu. Định hướng của nó là thiết kế ra kết cấu sao cho việc chế tạo nó được dễ dàng nhất, rẻ tiền nhất. Chỉ tiêu của tính công nghệ là chỉ tiêu kinh tế, nhưng biểu hiện của nó rất khác nhau, tùy thuộc điều kiện sản xuất cụ thể. Chính vì thế, nguyên tắc này còn có tên là *thiết kế định hướng phân xưởng (Workshop Oriented Design)*.

5.2.2. Các công việc phải tiến hành khi thiết kế robot

Robot là thiết bị rất phức tạp, nên thiết kế và chế tạo nó là công việc có tầm cỡ quốc gia của các ngành hoặc các hãng công nghiệp lớn. Riêng việc thiết kế robot đòi hỏi khối lượng công việc rất lớn, đa dạng của các tập thể cán bộ thiết kế có trình độ chuyên môn cao. Thường các tập thể đó được lãnh đạo bởi các tổng công trình sư, chịu trách nhiệm thiết kế hệ thống và điều hành chung và các nhóm cán bộ thiết kế chuyên ngành, phụ trách các hệ thống riêng biệt, như cơ khí, thủy lực, khí nén, điều khiển và truyền động điện.... Trong bối cảnh giao lưu kinh tế và kỹ thuật mang tính toàn cầu như hiện nay, không mấy khi người ta thiết kế và chế tạo các thiết bị "từ A đến Z". Tuy nhiên, để bạn đọc hình dung một cách tổng quát quá trình thiết kế robot, chúng tôi nêu ra các công việc cần làm như sau:

1. Phân tích quá trình công nghệ để xác định khâu nào cần phải sử dụng robot, chú ý đặc biệt các khâu sử dụng lao động chân tay hoặc điều kiện lao động khắc nghiệt. Sơ bộ đánh giá khả năng và hiệu quả của việc sử dụng robot vào các khâu đó.

2. Nghiên cứu các thông số kết cấu của đối tượng dự định sẽ xử lý bằng robot, như hình dạng, kích thước, khối lượng, trạng thái vật lý (cứng, mềm, lỏng....), sự phân bố khối lượng của tải trọng....

3. Nghiên cứu điều kiện môi trường sử dụng robot như nhiệt độ, bụi, rung động, khả năng gây cháy nổ....

4. Xác định các thông số kỹ thuật chính của robot theo yêu cầu công nghệ. Từ đó tính toán các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, lựa chọn phương án thiết kế hợp lý về mặt kỹ thuật và kinh tế.

5. Phân chia kết cấu thành các cụm cơ cấu chính. Xác định cụm nào có sẵn trên thị trường, có thể mua được; cụm nào có thể sử dụng thiết kế đã có; cụm nào phải thiết kế và chế tạo mới hoàn toàn. Phân chia nhiệm vụ thiết kế các cụm cho các bộ phận chuyên ngành.

6. Tổ hợp hệ thống, thử nghiệm trên mô hình. Trong giai đoạn này nên sử dụng kỹ thuật mô hình hoá trên máy tính để giảm chi phí và thời gian thử nghiệm.

7. Chế thử, thử nghiệm robot trong phòng thiết kế và trong sản xuất.

8. Đánh giá kết cấu về tính năng kỹ thuật, công nghệ chế tạo, kinh tế. Từ đó đề xuất các biện pháp hoàn thiện kết cấu và công nghệ chế tạo robot.

Trong mỗi bước thiết kế cần chú ý tham khảo các mẫu robot đã có hoặc tìm mua các cụm chức năng tiêu chuẩn, có sẵn trên thị trường. Cũng cần hết sức quan tâm đến điều kiện chế tạo các cụm kết cấu mới. Tùy tình hình cụ thể, một số bước có thể là không cần thiết hoặc trình tự thực hiện chúng có thể thay đổi.

5.2.3. Thiết kế robot theo phương pháp tổ hợp modul

Phương pháp tổ hợp theo modul được áp dụng trong thiết kế và sản xuất máy móc nói chung. Phương pháp này đặc biệt có hiệu quả đối với các sản phẩm thông dụng, như ô tô, máy công cụ, robot,... Bản chất của phương pháp này là tổ hợp thiết bị từ các cụm kết cấu có công dụng chung, như thân, cơ cấu phát và truyền lực, phân công tác, phần điều khiển,... Chúng được nối ghép và truyền năng lượng hoặc thông tin cho nhau nhờ các chi tiết nối ghép nhanh. Muốn thiết kế và sản xuất robot theo phương pháp tổ hợp modul thì các cụm kết cấu phải được thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá. Vì vậy, thiết kế theo phương pháp tổ hợp modul gắn liền với thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu.

Phương pháp tổ hợp modul có các ưu điểm chính sau:

- Giảm thời gian thiết kế và chế tạo, vì sử dụng các bản thiết kế hoặc các cụm chế tạo có sẵn trên thị trường. Nhiệm vụ của người thiết kế mới chỉ là chọn và tổ hợp chúng theo yêu cầu thực tế và chế tạo bổ sung các chi tiết phụ.

- Thoả mãn các điều kiện làm việc tiêu chuẩn với kết cấu đơn giản, sử dụng được các giải pháp kết cấu tối ưu, ít phạm phải các kết cấu và chức năng thừa. Khi thay đổi yêu cầu công nghệ, ví dụ khi cải tạo dây chuyền sản xuất, không nhất thiết phải mua hẳn robot mới mà có thể thay đổi, bổ sung một số modul của nó.

- Nâng cao chất lượng và độ tin cậy của thiết bị, vì các cụm tiêu chuẩn được chế tạo với chất lượng cao, được thử nghiệm tại các cơ sở chuyên môn hoá, có kinh nghiệm, được đầu tư đầy đủ các thiết bị gia công và thử nghiệm chuyên dùng.

- Giảm giá thành thiết bị, vì các cụm được sản xuất với tính loạt cao.

- Vì các modul của robot được chuẩn hoá cao nên nhiều robot sẽ sử dụng chung một số ít modul giống nhau, tạo dễ dàng trong việc bảo dưỡng, bảo trì, sửa chữa, thay thế chúng sau này.

Nhược điểm cơ bản của phương pháp tổ hợp modul là khó thoả mãn các yêu cầu cá biệt. Có một số trường hợp làm cho thiết bị công kênh, nặng nề, tính năng kỹ thuật không hợp lý. Mặt khác, phải tốn kém rất nhiều cho việc thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu.

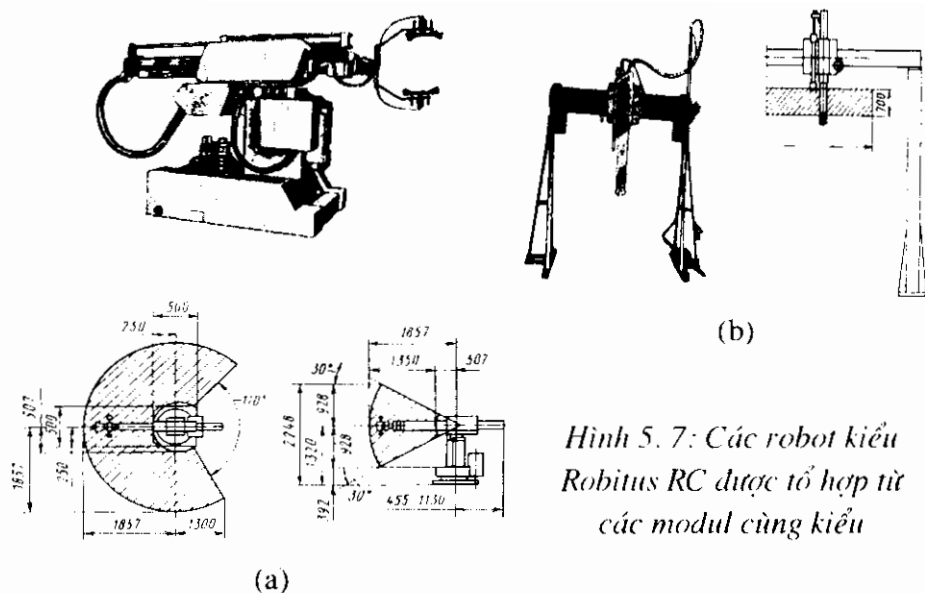
Sự thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu nhằm giảm số chủng loại sản phẩm, nên luôn luôn mâu thuẫn với tính đa dạng trong kết cấu và sử dụng chúng. Mặt khác, sự phát triển không ngừng trong kỹ thuật thiết kế, công nghệ, vật liệu, kết cấu.... luôn luôn có xu hướng phá vỡ các tiêu chuẩn đã xây dựng. Lựa chọn chỉ tiêu để thống nhất hoá và tiêu chuẩn hoá là việc khó khăn. Đối với robot, người ta đã chọn các chỉ tiêu sau:

Theo tính năng, người ta phân robot chia thành các "gam" về sức nâng, tốc độ dịch chuyển, tầm với, độ chính xác định vị.... Một số tính năng không thể thay đổi, một số khác có thể thay đổi trong nội bộ gam. Tương tự, người ta cũng phân nhóm robot theo kiểu điều khiển, ví dụ điều khiển điểm - điểm, điều khiển *contour*.

Theo chức năng, người ta thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá các cụm chức cơ bản như cụm chuyển động thẳng, chuyển động góc, phân công tác, hệ điều khiển, hệ chấp hành, thiết bị đo.... Chúng ta có thể tìm thấy thông số kỹ thuật của các cụm tiêu chuẩn trong các sổ tay. Một cụm chức năng phải có vai trò độc lập nhất định, đồng thời phải có tính vạn năng. Ví dụ, bộ điều khiển cần có khả năng làm việc với hệ chấp hành điện cơ, thuỷ lực, khí nén; có thể nhận tín hiệu từ các loại sensor khác nhau. Tay có thể lắp và làm việc với các loại thiết bị kẹp khác nhau.

Theo công nghệ, người ta thống nhất hoá và tiêu chuẩn hoá điều kiện sử dụng robot, ví dụ robot hàn, sơn, robot phục vụ dây chuyền sản xuất....

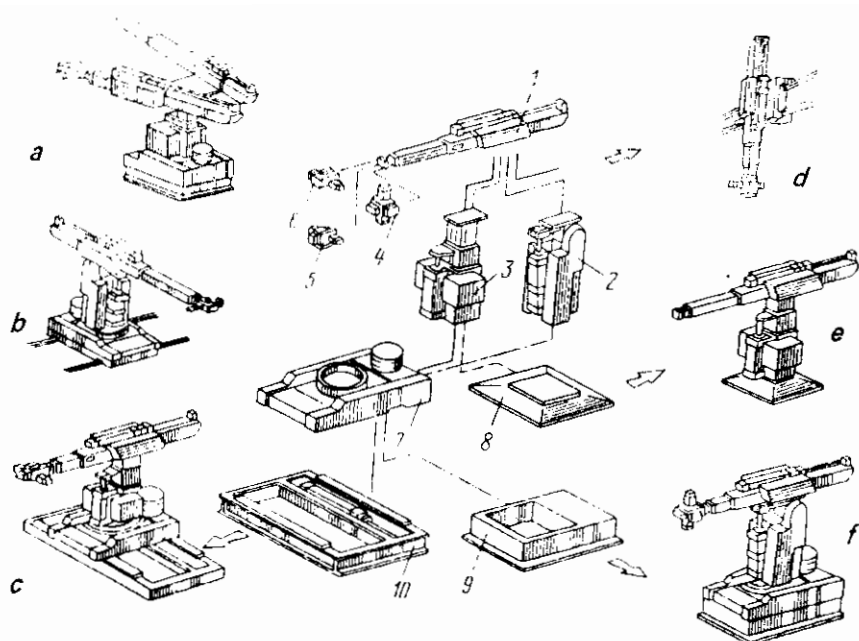
Một số ví dụ điển hình kết cấu tổ hợp modul có thể thấy ở robot *MHU Senior*, *MHU Junior*, *MHU Minior* của hãng Electrolux (Thụy Điển); *MHU-500* của hãng Bosch (Pháp), *Robitus RC* của Misubishi (Nhật).



Hình 5. 7: Các robot kiểu Robitus RC được tổ hợp từ các modul cùng kiểu

Trên hình 5.7 (a) và hình 5.7 (b) là hai robot khác nhau thuộc kiểu Robitus RC. Robot thứ nhất được đặt cố định trên nền, cánh tay chuyển động lên xuống, vùng công tác là một phần hình cầu. Robot thứ hai kiểu cổng, cánh tay được treo và chuyển động trên ray, vùng công tác có dạng hình chữ nhật. Điều đáng chú ý là modul cánh tay và toàn bộ hệ thống truyền động thủy lực và hệ thống điều khiển liên quan đều cùng kiểu.

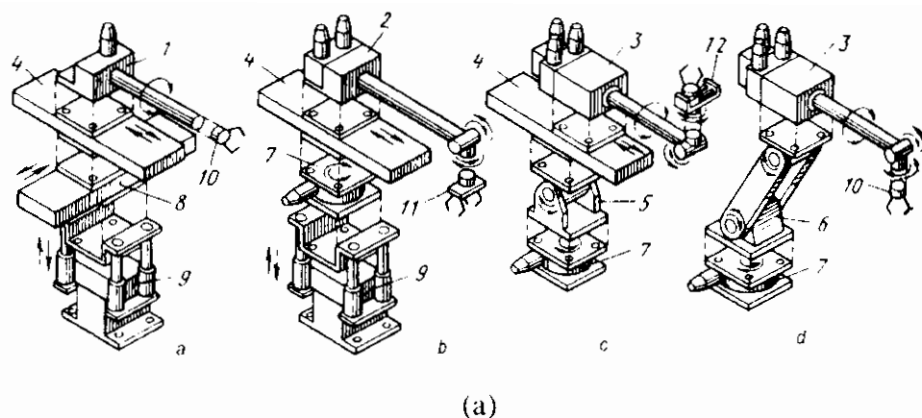
Sơ đồ tổ hợp trong hình 5.8 cho thấy sự phong phú và đa dạng hơn của các phương án tổ hợp modul. Từ một số modul: cánh tay 1 với cơ cấu chuyển động qua lại, cơ cấu quay cánh tay lên-xuống trong mặt phẳng thẳng đứng 2, cơ cấu nâng hạ cánh tay trong mặt phẳng thẳng đứng 3, cơ cấu xoay cổ tay lên-xuống trong mặt phẳng thẳng đứng 4, cơ cấu xoay cổ tay trái-phải trong mặt phẳng thẳng đứng 5, phân công tác 6 và các modul thân, giá (8 ÷ 10) có thể tổ hợp thành các robot Robitus RC khác nhau: robot cố định, thân quay, có 2 cánh tay gập gù (a); robot di động trên ray, thân quay, một cánh tay lên xuống (b); robot di động, thân quay, một cánh tay lên xuống và gập gù (c); robot treo, chuyển di động trên ray, một cánh tay (d); robot cố định, một cánh tay gập gù (e); robot cố định, thân quay, một cánh tay gập gù (f). Phương án cuối cùng tương ứng với mẫu robot trên hình 5.7 (a).



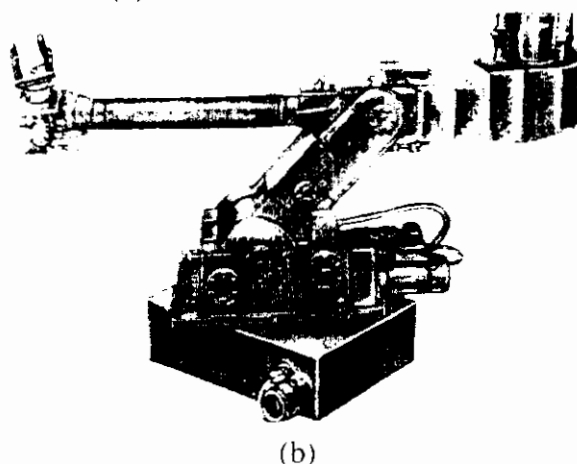
Hình 5. 8: Các phương án tổ hợp modul của robot họ Robitus RC

Các robot họ *Robitus RC* có thể dùng hệ truyền động khí nén, thủy lực và hệ điều khiển một, hai hay 3 toạ độ. Tùy theo bộ điều khiển và truyền động mà tải trọng của chúng có thể là $(15 \div 55) \text{ kg}$, độ chính xác định vị là $\pm 0,1 \text{ mm}$ hoặc $\pm 0,2 \text{ mm}$.

Trên hình 5.9 (a) là bốn phương án tổ hợp robot với các hệ toạ độ Đề-các, trụ, cầu từ 12 modul khác nhau. Từ các mũi tên trong sơ đồ chúng ta có thể nhận biết chức năng của từng modul và trình tự tổ hợp chúng. Hình 5.9 (b) là một mẫu tương ứng với một trong những phương án tổ hợp nói trên (phương án d).



Hình 5. 9: Các robot Robitus RC được tổ hợp từ các modul cùng kiểu



5.3. MỘT SỐ KẾT CẤU ĐIỂN HÌNH CỦA ROBOT

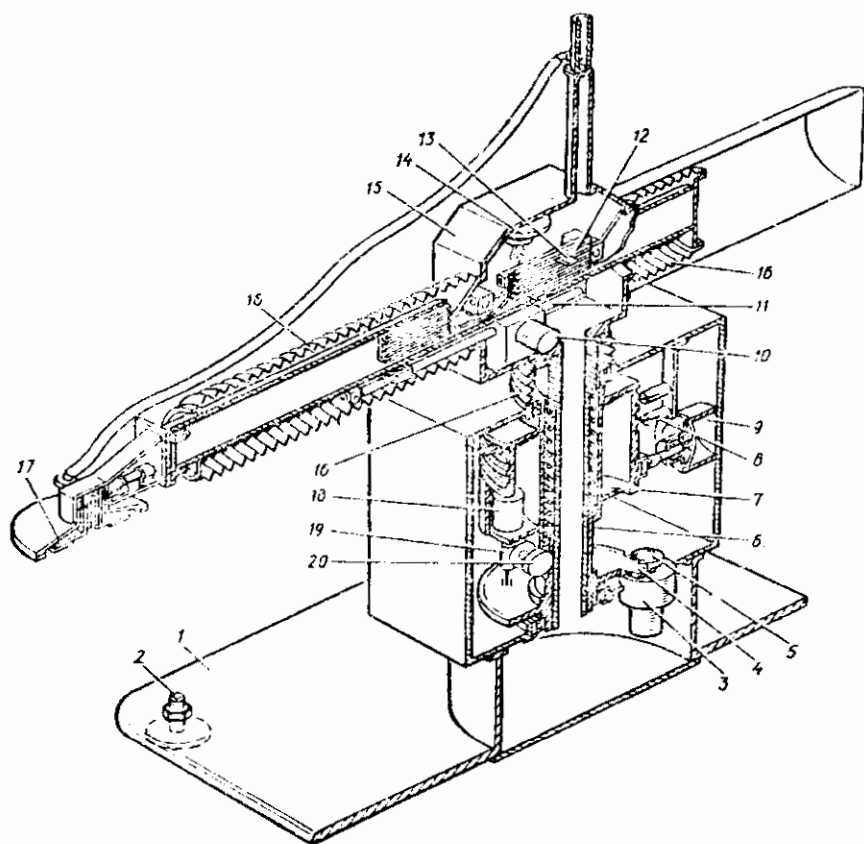
Để minh họa các tư tưởng chung về thiết kế robot đã trình bày ở trên, đồng thời giúp bạn đọc hình dung được phần nào về kết cấu của robot, kế thừa có chọn lọc chúng khi cần phải thiết kế robot, phần này giới thiệu một số kết cấu điển hình của các robot do các hãng khác nhau trên thế giới sản xuất.

5.3.1. Robot cố định trên nền, dùng hệ tọa độ Đề-các và tọa độ trụ

Dạng đơn giản nhất thuộc nhóm này là robot có cánh tay chuyển động trên *trụ dẫn hướng công xôn*. Một trong những đại diện của nhóm kết cấu này là robot MP4 của Liên xô (cũ). Đó là loại robot điện-cơ với sơ đồ động được biểu diễn trên hình 5.10.

Trong thân 1 của robot chứa cơ cấu nâng tay và quay nó xung quanh trục thẳng đứng. Chuyển động quay được phát động từ bộ động cơ-giảm

tốc 3, qua cặp bánh răng 5 - 4. Bánh răng 4 gắn liền với ống 6 và tang trống 7. Góc quay của tang trống và của cánh tay được giám sát nhờ cặp sensor không tiếp xúc 8. Xilanh khí nén 9 có tác dụng định vị chính xác vị trí góc của cánh tay. Cơ cấu nâng cánh tay gồm động cơ điện 18, bộ truyền trục vít - bánh vít 19, bánh răng 20, thanh răng gắn trên ống 6. Cánh tay được kẹp và lên xuống theo ống này. Cánh tay của robot co duỗi được nhờ động cơ 10, cặp bánh răng - thanh răng 11. Vị trí theo hướng kính của cánh tay được giám sát nhờ sensor không tiếp xúc và các "cờ" gắn trên các rãnh chữ T của tấm 12. Điểm dừng chính xác của cánh tay đạt được nhờ xilanh khí nén 14. Robot được trang bị bộ điều khiển chu trình.

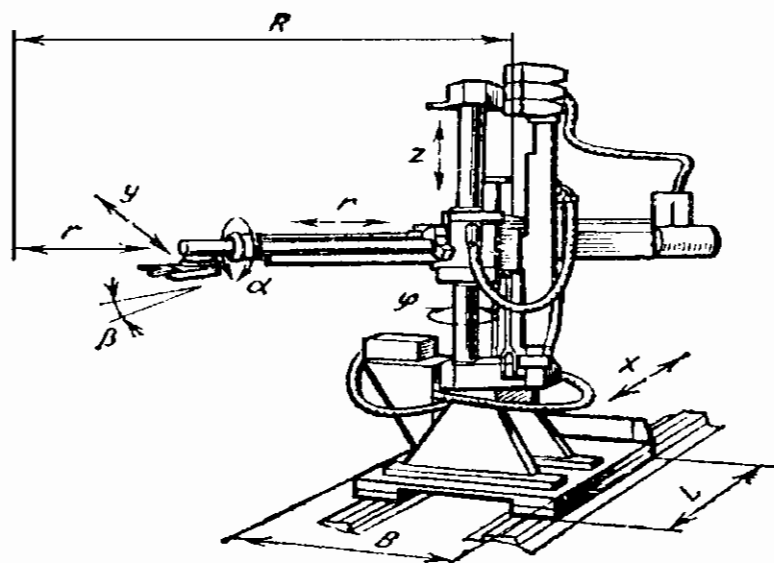


Hình 5.10: Sơ đồ động của robot MP4

Với cơ cấu nâng cánh tay kiểu công xôn như mô tả ở trên, khoảng dịch chuyển của cánh tay theo phương thẳng đứng bị hạn chế bởi chiều dài dẫn hướng thường nhỏ. Vì vậy nó được dùng cho các robot nâng chuyển

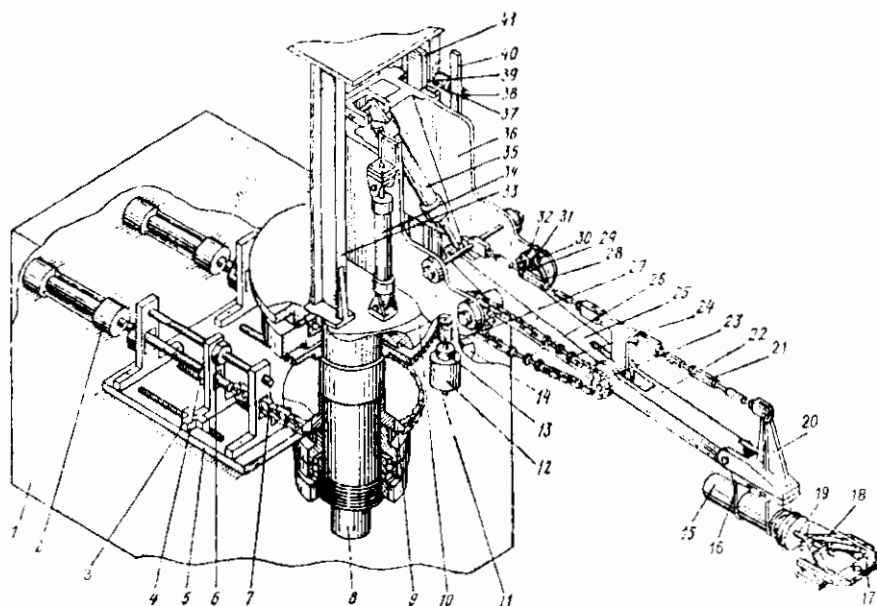
đơn giản, làm việc trong hệ tọa độ vuông góc hoặc tọa độ trụ, dùng truyền động khí nén hoặc điện - cơ và bộ điều khiển chu trình đơn giản.

Để khắc phục khuyết điểm của cơ cấu nâng cánh tay nói trên, cánh tay được gắn trên bàn trượt (hình 5.11). Trụ dẫn hướng tựa 2 đầu cho phép nâng chiều cao vùng công tác tới 2 m, tải trọng $1 \div 1000$ kg, số bậc tự do $3 \div 7$. Robot thuộc nhóm này được sản xuất tại hầu hết các nước lớn trên thế giới, ví dụ Liên xô có РФ-1001 С, ИТЭКАР, РКТФБ; Bulgari có РБ-231, РБ-232, РБ-233; Hungari có IR-51; Balan có HM-3, MP-25; Mỹ có họ robot Versatran; Nhật có MHY Junior, Versatran E-302, UM1320PT,... trong đó có thể coi họ robot Versatran của hãng AMF Versatran Automation System của Mỹ là đại diện về kết cấu. Chúng dùng hệ thống truyền động cơ khí - thủy lực. Chuyển động quay quanh trục thẳng đứng được thực hiện bởi 2 xilanh thủy lực và truyền động xích. Chuyển động thẳng đứng của bàn trượt cũng do các xilanh thủy lực đảm nhiệm. Hệ truyền động cho bàn tay (quay, trượt, gấp và nhả vật) được đặt trong cánh tay. Tùy theo yêu cầu sử dụng, chúng có thể được trang bị các loại điều khiển khác nhau. Loại đơn giản nhất trong chúng chỉ lưu trữ được khoảng 20 lệnh; loại hiện đại hơn có bộ nhớ trong mở rộng, cho phép sử dụng chương trình con và các chu trình chuẩn.



Hình 5.11: Sơ đồ kết cấu robot với cánh tay gắn trên bàn trượt

Một dạng khác thuộc nhóm này là các robot có *cánh tay gấp*. Đó là sản phẩm của các hãng Nagoya Kiko, Ienikon Industries, Tokyo Keiki (Nhật). Trên hình 5.12 là sơ đồ động học của robot MATBAC IRB-10 do hãng Tokyo Keiki sản xuất. Trên thân 1 lắp các hệ thống nâng hạ và quay giá cánh tay 33. Cánh tay gồm 2 khâu (22 và 25) dài như nhau, nối với nhau bằng khớp trụ và truyền động qua nhau bằng xích. Góc quay của khâu bị động 22 gấp đôi góc quay của khâu chủ động 25 để duy trì phương chuyển động ngang của phần công tác. Phương nằm ngang của bàn tay được duy trì nhờ cơ cấu bình hành, gồm các khâu 22, 25 và các thanh nối 21, 28. Trên đầu mút khâu 22 gắn giá 20 của cổ tay và bàn tay. Động cơ thủy lực 15 quay cổ tay. Động cơ thủy lực 19 tạo chuyển động ra vào (kẹp, nhả) của các ngón tay. Chuyển động nâng hạ giá 33 do động cơ thủy lực 34 đảm nhận. Cơ cấu quay giá 33 gồm 2 xilanh thủy lực 2 và bộ truyền xích 7. Xilanh thủy lực 35 thực hiện việc co duỗi cánh tay. Các cảm biến 12, 32, 37 dùng để giám sát vị trí của bàn quay 10, cánh tay 25 và giá 33.

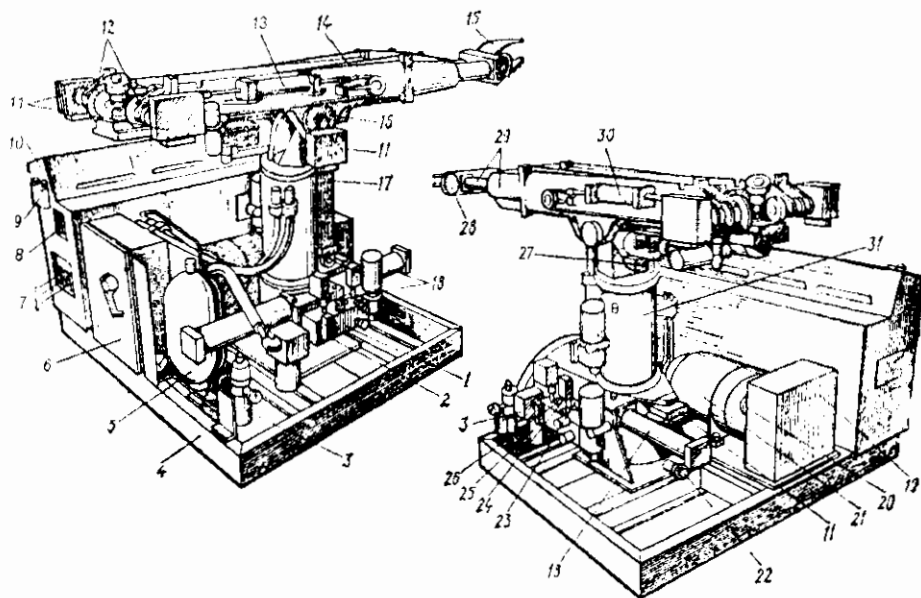


Hình 5.12: Sơ đồ động học của robot MATBAC IRB-10

Các robot có thể được trang bị bộ điều khiển TKC-10 của hãng Keiki (Nhật) hoặc RC-7000 (Thụy Điển). TKC-10 là bộ điều khiển vị trí, dùng tín hiệu tương tự. Nó có thể điều khiển đồng thời 2 tọa độ. RC-7000 là bộ điều khiển số, có thể điều khiển đồng thời 7 tọa độ, bộ nhớ có thể chứa 250 ÷ 5000 lệnh. Nó có 20 cổng vào và ra để nối ghép với các thiết bị ngoài.

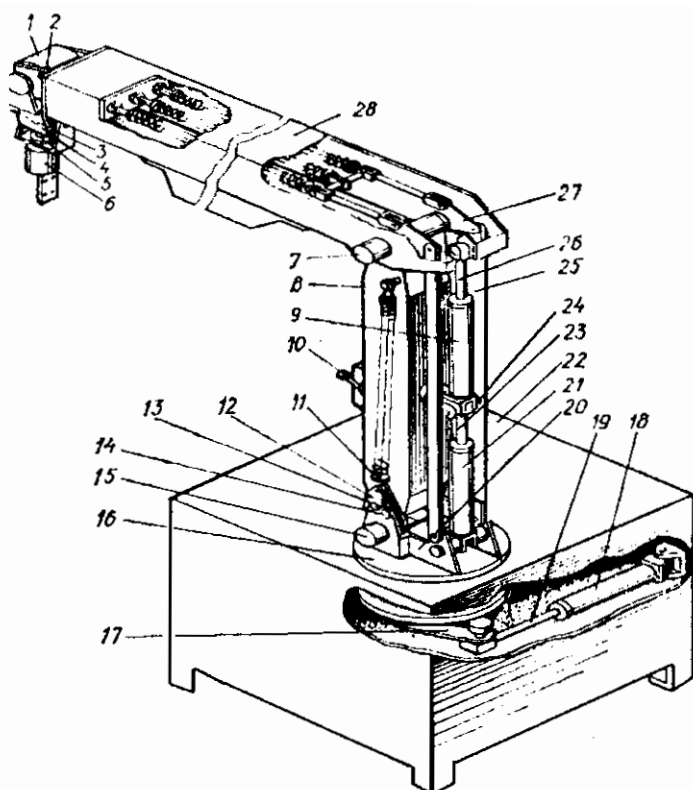
5.3.2. Robot cố định trên nền, dùng hệ tọa độ cầu

Trong hệ tọa độ cầu, để dịch chuyển bàn tay theo phương thẳng đứng cần phối hợp 3 chuyển động: tịnh tiến cẳng tay theo hướng kính R , quay cánh tay quanh khớp vai trong mặt phẳng thẳng đứng một góc α và chuyển động quay của bàn tay quanh khớp cổ tay để bù góc quay α . Muốn chuyển động theo một quỹ đạo bất kỳ, thường robot phải có tới $5 \div 6$ bậc tự do. Các robot UNIMATE của hãng Unimation Inc (Mỹ) là đại diện điển hình của loại robot này. Hãng đã sản xuất trên 10 mẫu cơ sở để thực hiện các nhiệm vụ khác nhau trên dây chuyền sản xuất. Ngoài ra nhiều nước đã sản xuất robot tọa độ cầu theo thiết kế của Unimation Inc.



Hình 5.13: Sơ đồ kết cấu của robot Unimate Mark II

Trên hình 5.13 là sơ đồ kết cấu của robot Unimate Mark II. Nó có 5 bậc tự do. Cánh tay được gắn trên trụ 31, quay quanh trục thẳng đứng nhờ xilanh thủy lực 18. Xilanh thủy lực 17 tạo nên chuyển động lắc (quay) của cánh tay quanh khớp vai. Xilanh 30 tạo chuyển động ra vào (hướng kính) của cẳng tay. Xilanh 13 thông qua bộ truyền xích 14 tạo chuyển động quay của cổ tay quanh trục. Chuyển động quay cổ tay trong mặt phẳng thẳng đứng do xilanh và bộ truyền xích đặt trong ống cẳng tay thực hiện.



Hình 5.14: Sơ đồ kết cấu của robot Coat-A-Matic

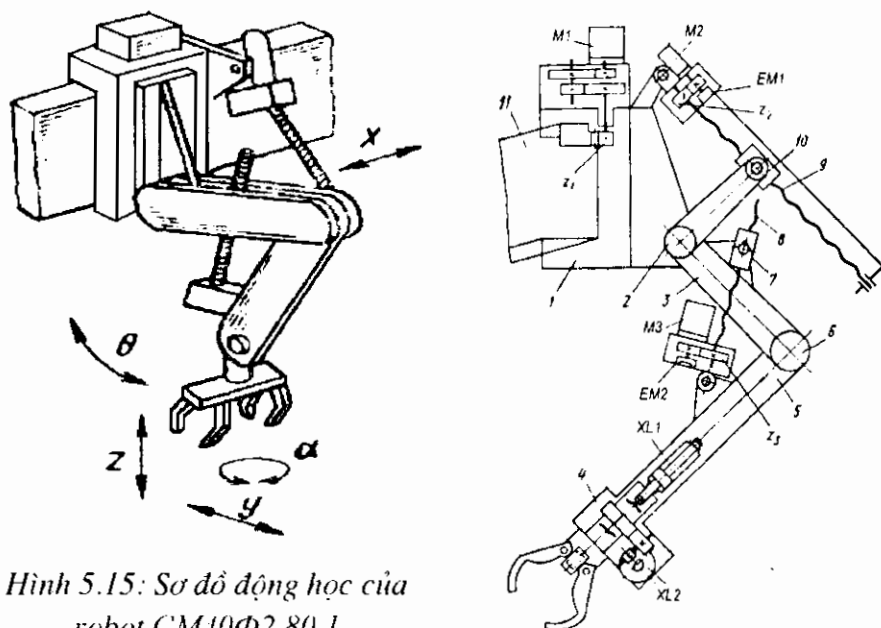
Một phương án kết cấu khác của robot dùng hệ tọa độ cầu là *cánh tay nhiều khâu*. Ưu điểm của kết cấu này là gọn, có vùng làm việc lớn. Chúng thường sử dụng trực tiếp động cơ chuyển động quay, nhưng một số vẫn dùng các động cơ chuyển động thẳng kèm theo cơ cấu biến đổi chuyển động như xích, thanh răng, đòn,... để tạo chuyển động quay của khâu bị dẫn. Nhờ vậy, bộ phận công tác vẫn giữ được chuyển động thẳng trong khi các khâu dẫn chuyển động quay. Cơ cấu như vậy được ứng dụng trên robot phun sơn COAT-A-MATIC của hãng Retab (Thụy Điển). Sơ đồ kết cấu của nó cho trên hình 5.14. Robot có 6 bậc tự do. Mâm 16 quay quanh trục thẳng đứng nhờ xilanh thủy lực 18. Cánh tay liên kết với mâm qua khớp quay. Xilanh thủy lực 21 có một đầu gắn với mâm quay qua tấm nối 20, đầu kia gắn với khâu 8 thông qua chạc 24, tạo chuyển động lắc lư cho khâu 8. Chuyển động quay của khâu 28 do xilanh thủy lực 9 thực hiện. Chuyển động lắc của cổ tay quanh 2 trục vuông góc được thực hiện nhờ 2 động cơ thủy lực quay 1 và 3. Động cơ thủy lực 6 quay

giá kẹp súng phun sơn quanh trục còn lại. Trạng thái của hệ thống được giám sát nhờ các sensor kiểu chiết áp 2, 4, 5, 7, 15. Trên robot dùng bộ điều khiển contour. Việc lập trình được thực hiện bằng phương pháp dạy, nghĩa là người vận hành dịch chuyển đầu phun theo quỹ đạo cần thiết, bộ điều khiển nhớ lại quỹ đạo dưới dạng chương trình. Lò xo 11 giữ vai trò cân bằng, giúp cho việc dịch chuyển đầu phun bằng tay được dễ dàng.

5.3.3. Robot treo

Các robot treo được lắp và chuyển động trên các đường ray trên không. Ưu điểm cơ bản của chúng là không chiếm diện tích sản xuất, ít cản trở hoạt động của các thiết bị khác và có vùng làm việc rộng. Các robot treo có thể vận chuyển nguyên vật liệu, thiết bị trong từng phân xưởng hoặc giữa các phân xưởng. Chúng có thể phục vụ nhiều thiết bị khác nhau trong dây chuyền sản xuất. Chúng cũng có thể được dùng vào các công việc lắp ráp, rửa, phun sơn, hàn,... Theo số phương chuyển động của tay, có thể phân các robot treo thành 2 loại: robot chuyển động theo một phương (kiểu palăng) và robot chuyển động theo 2 phương (kiểu cầu trục).

Robot CM40Φ2.80.1 (Liên xô) là đại diện điển hình của robot kiểu palăng. Nó được thiết kế để phục vụ cho 60 kiểu máy gia công kim loại có trục chính nằm ngang, bố trí theo một hàng hoặc hai hàng song song. Sơ đồ động học của robot CM40Φ2.80.1 được cho trên hình 5.15.



Hình 5.15: Sơ đồ động học của robot CM40Φ2.80.1

Cánh tay của robot được gắn trên giá 1, có thể di chuyển trên ray trong khoảng 12 m nhờ động cơ bước thủy lực M1, hộp giảm tốc 2 cấp và cơ cấu bánh răng - thanh răng. Thanh răng được gắn trên thanh ray 11. Khâu dẫn 3 và khâu bị dẫn 5 của cánh tay chuyển động nhờ các động cơ bước thủy lực có khuỷch đại thủy lực M2 và M3, thông qua hộp giảm tốc một cấp và các cặp vít me - đai ốc bị 9-10 và 8-7. Đó là các chuyển động quay, lắc lư quanh các trục 2 và 6. Trong các hộp giảm tốc có các ly hợp điện - từ EM1 và EM2 để phanh các cơ cấu khi ngắt dòng điện cung cấp cho động cơ. Đầu lực 4 với xilanh thủy lực XL1 tạo chuyển động quay của cổ tay.

Robot CM40Φ2.80.1 được trang bị bộ điều khiển YIIM-331 với dung lượng bộ nhớ 0,5 kB, lập trình bằng phương pháp dạy.

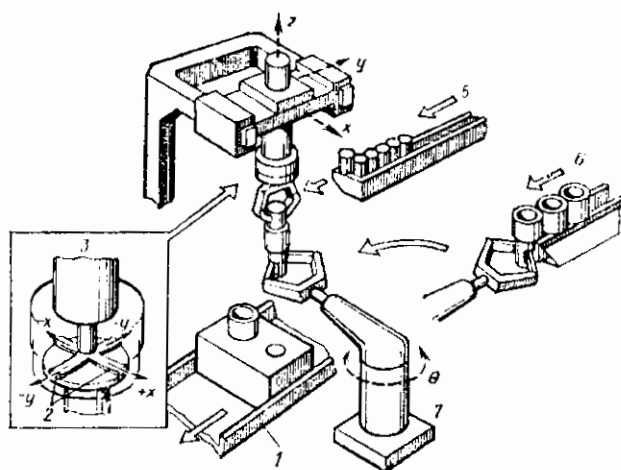
Robot kiểu cầu trục có tầm hoạt động, độ cứng vững và sức nâng cao hơn kiểu palăng. Tuy nhiên, kết cấu cầu trục cồng kềnh và phải gắn liền với nhà xưởng. Để thêm một khả năng chuyển động cho robot cầu trục, cần bổ sung một hệ truyền động. Ngoài điều đó ra, kết cấu của phần tay máy không có gì thay đổi so với robot kiểu pa lăng.

5.3.4. Robot có điều khiển thích nghi

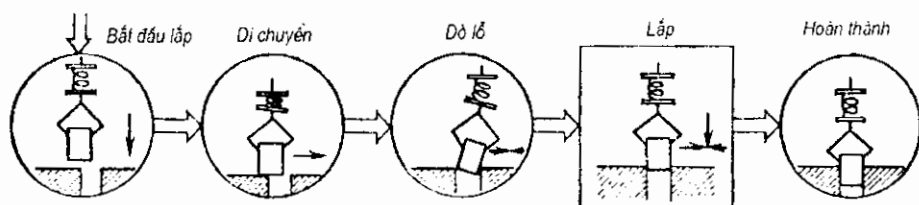
Robot có điều khiển thích nghi (gọi tắt là robot thích nghi) là loại robot có khả năng tự phản ứng một cách có lợi trước sự biến động không lường trước được của môi trường. Sự phản ứng đó dựa vào các thông số đo được của môi trường, ví dụ của vị trí, tính chất vật lý của đối tượng, hoặc dựa vào trạng thái của các cơ cấu trong robot. Trong trường hợp này, chương trình điều khiển chỉ định hướng sơ bộ hoạt động của robot. Chính nó sẽ phải "tìm hiểu", thu thập bổ sung và chính xác hoá hoạt động của mình trên cơ sở phân tích tình trạng thực tế của môi trường. Nhờ khả năng thích ứng linh hoạt với môi trường mà các robot thích nghi làm được những việc mà robot thông thường không làm được, ví dụ tìm kiếm, nhận biết đối tượng, thay đổi lực kẹp, định vị hoặc định hướng chi tiết.... Phần lớn robot thông thường có thể trở thành robot thích nghi nếu thêm hệ thống sensor để thu nhận thông tin về môi trường, chương trình phân tích thông tin thu được và ra quyết định theo chiến lược nhất định.

Hình 5.16 mô tả hoạt động của cơ cấu thích nghi trên robot kiểu HI-T-Hand Expert-2 của hãng Hitachi (Nhật). Nó được dùng để lồng 2 chi tiết tròn xoay với nhau. Hình 5.16 (a) là sơ đồ chung của toàn hệ thống thiết

bị lắp ráp, gồm robot chính 4 có 3 bậc tự do, dùng hệ tọa độ Đề các và một robot phụ 7 có một bậc tự do (quay quanh trục thẳng đứng). Hai máng 5 và 6 cung cấp hai chi tiết cần lắp. Cơ cấu thích nghi được lắp trên tay 3 của robot chính 4 qua lò xo phẳng, dạng chữ thập 2. Trên lò xo có dán hệ tenzomet để xác định 3 thành phần x, y, z của lực tiếp xúc giữa hai chi tiết. Tùy theo tỷ lệ giữa các thành phần lực mà chương trình điều khiển xác định phương di chuyển của tay, sao cho tâm trục trùng với tâm lỗ để có thể lồng chúng với nhau (hình 5.16 (b)). Với cơ cấu này, robot có thể lắp bộ đôi có khe hở khoảng $20 \mu m$.



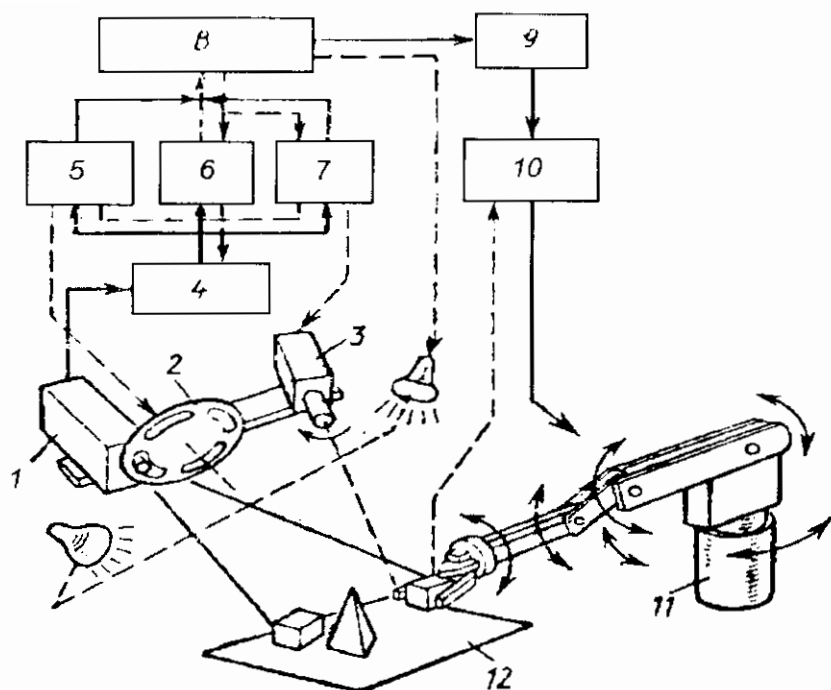
(a)



b)

Hình 5.16: Cơ cấu thích nghi của robot lắp ráp HI-T-Hand Expert-2

Hình 5.17 là sơ đồ cơ cấu thích nghi, phối hợp giữa thiết bị quan sát quang học và hệ thống xúc giác cơ điện, được lắp trên robot ETL của Nhật. Robot có 6 bậc tự do. Trên các ngón tay có gắn các sensor xúc giác, làm việc ở chế độ 1-0, để giúp robot tìm vị trí và hướng của các vật trong vùng công tác.



Hình 5.17: Cơ cấu thích nghi phối hợp trên robot ETL

Vị trí của các ngón tay khi tiếp xúc với vật được giám sát nhờ các sensor vị trí đặt trên bàn tay, từ đó xác định kích thước của vật và thay đổi lực kẹp của các ngón tay. Hệ thống quan sát, gồm các camera 1, 3 cùng kính lọc mẫu 2 để nhận biết hình dạng, vị trí và màu sắc của các vật trên mặt bàn; các khối phân tích: 5 - màu sắc, 6 - hình dạng, 7 - vị trí. Khối 8 tạo chương trình điều khiển. khối 9 điều khiển chuyển động của robot, khối 10 điều khiển bàn tay theo tín hiệu xúc giác.

5.4. CƠ CẤU TAY KẸP

5.4.1. Khái niệm và phân loại tay kẹp

Phân công tác của robot rất đa dạng. Trên các robot chuyên dùng thì phân công tác cũng là thiết bị chuyên dùng. Ví dụ, phân công tác của robot phun sơn là súng phun sơn, của robot hàn là kim kẹp dây hàn,... Trên một loạt các robot vạn năng, thường là robot vận chuyển, lắp ráp, xếp dỡ,... thì phân công tác có chức năng nắm, giữ và thực hiện các thao tác khác nhau với đối tượng (xoay, lựa, đặt,...). Bỏ qua sự khác biệt về kết

cấu, căn cứ vào chức năng chính của cơ cấu chúng ta gọi nó là *tay kẹp**. Mục này sẽ không đề cập đến phần công tác chuyên dùng mà chỉ nói về cơ cấu tay kẹp.

Các đối tượng mà robot phải xử lý rất khác nhau về kích thước, hình dạng và tính chất vật lý, nên tay kẹp cũng hết sức đa dạng. Yêu cầu cơ bản đối với tay kẹp là làm việc tin cậy: bắt đúng đối tượng, giữ chắc,... nhưng không làm hỏng đối tượng. Ngoài ra, nó cần gọn nhẹ, tác động nhanh. Tính vạn năng và sự gọn nhẹ luôn luôn mâu thuẫn với nhau. Một mặt người ta cố gắng mở rộng phạm vi hoạt động của từng tay kẹp. Mặt khác người ta tạo ra bộ các tay kẹp có tính năng khác nhau để người dùng có thể chọn tay kẹp phù hợp nhất cho từng việc cụ thể.

Tay kẹp được phân loại theo nhiều đặc trưng khác nhau, như theo công dụng, theo phương pháp giữ vật, theo tính vạn năng,... Chúng ta quan tâm đến các đặc trưng liên quan trực tiếp đến kết cấu, như sau:

- Theo nguyên lý tác động có tay kẹp *cơ khí*, *chân không*, *từ trường*, *tĩnh điện*,...

- Theo khả năng điều khiển có tay kẹp không có điều khiển, điều khiển cứng, điều khiển thích nghi.

- Theo nguồn năng lượng có các loại tay kẹp *có dẫn động* và *không có dẫn động*.

5.4.2. Kết cấu của tay kẹp

Do sự đa dạng về kết cấu của các tay kẹp, tài liệu này không thể mô tả hết các dạng kết cấu của chúng mà chỉ nghiên cứu kết cấu của một số loại tay kẹp điển hình.

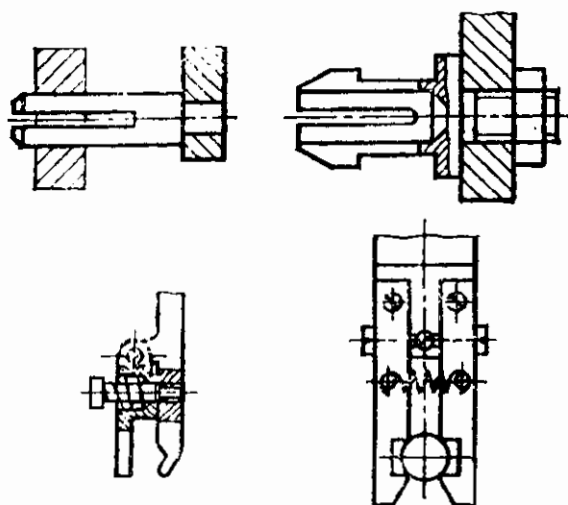
5.4.2.1. Tay kẹp cơ khí

Đó là loại tay kẹp để giữ, di chuyển đối tượng bằng các mỏ kẹp, móc, càng, tấm đỡ,...

Tay kẹp *không có điều khiển* dùng các loại mỏ, nhíp, chấu,... để kẹp vật nhờ tác dụng của lò xo hoặc nhờ lực đàn hồi của chính các chi tiết trong hệ thống (hình 5.18). Kết cấu của các tay kẹp loại này rất đơn giản.

* Khi nhấn mạnh sự tương tự giữa tay máy và tay người, có thể gọi cơ cấu này là *bàn tay* (*Hand*). Nhưng nó thường được gọi là cơ cấu kẹp, tay kẹp : "Захватное устройство" hoặc "Gripper".

Chúng không có nguồn dẫn động riêng, không có cơ cấu hãm nên lực kẹp dao động theo kích thước của đối tượng. Vì vậy, chúng thuộc loại tay kẹp chuyên dùng, được thiết kế cho từng loại đối tượng cụ thể, với phạm vi thay đổi kích thước hẹp. Do các đặc điểm trên, chúng được dùng chủ yếu trong sản xuất hàng khối.

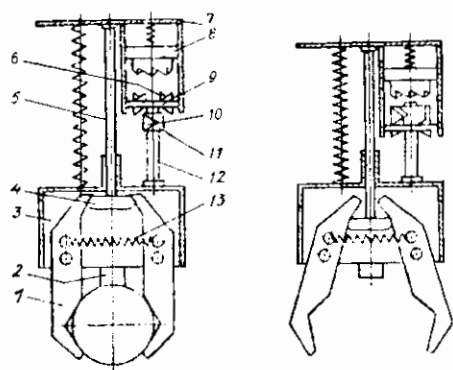


Hình 5.18: Tay kẹp không có điều khiển

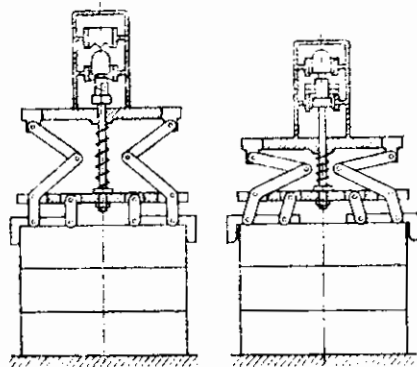
Để đảm bảo sự làm việc tin cậy và ổn định ngay cả khi có biến động kích thước của đối tượng, tay kẹp được bổ sung cơ cấu hãm, ví dụ như cơ cấu trong hình 5.19. Nhờ cơ cấu hãm mà tay kẹp làm việc với hành trình kẹp, nhả một cách rành mạch hơn mặc dù vẫn *không có nguồn dẫn động riêng*.

Tay kẹp trên hình 5.19 (a) được dùng với chi tiết tròn xoay. Lực kẹp được tạo ra khi dưới tác dụng của trọng lực, tấm nệm 4 tác dụng lên mặt nghiêng trên đuôi của các mỏ kẹp 1. Khi đặt vật xuống, nệm 4 tiến gần đến vật, hai mỏ kẹp được giải phóng, nhả vật do lực kéo của lò xo 13. Đáng chú ý ở đây là cơ cấu hãm. Nó gồm thân 7 gắn liền với cần 5. Chốt hãm 10 gắn trên cần 12 nhưng có thể quay tự do trên đó. Trong lỗ của thân 7 có lồng (không quay được) 2 bạc 8 và 9. Bạc 8 có các vấu phía dưới, bạc 9 có vấu cả trên và dưới. Các vấu này, mỗi lần ăn khớp và trượt tương đối với các vấu trên chốt 10 sẽ làm quay chốt đó 45°. Trong hành trình nhả, thân 7 tiến gần đến đầu 3, chốt 10 tiếp xúc với bạc 8, quay 45°, khi đi xuống tiếp xúc với mặt trên của bạc 9 lại quay tiếp 45° và bị mắc

trong lỗ. Hai mỏ kẹp bị giữ ở trạng thái nhả. Trong hành trình kẹp, sau khi chốt 2 tiếp xúc với vật, đầu 3 và thân 7 tiến gần đến nhau. Chốt 10 tiếp xúc với bạc 8, bị quay 45°. Khi đi xuống, chốt 10 lại tiếp xúc với bạc 9, bị quay tiếp 45° nữa. Kết quả là chốt lọt qua được rãnh và lọt ra khỏi lỗ. Các mỏ 1 được khoá ở trạng thái kẹp.

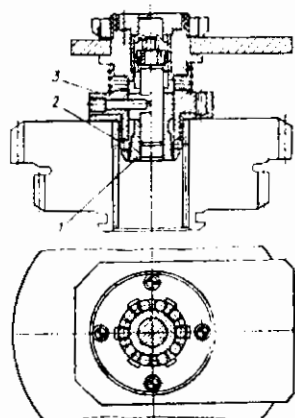


(a)



(b)

Hình 5.19: Tay kẹp cơ khí
có cơ cấu hãm

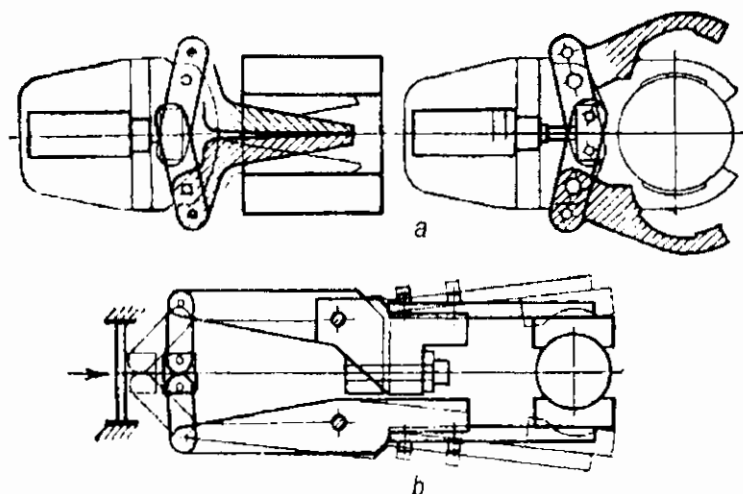


(c)

Tay kẹp trên hình 5.19 (b) làm việc theo nguyên lý tương tự, nhưng dùng để kẹp các chi tiết dạng đĩa, bánh răng, bạc,... trong tư thế thẳng đứng. Hai loại tay kẹp trên được dùng trong sản xuất hàng khối, để nhấc các vật tròn xoay có khối lượng không quá 30 kg, kích thước không được dao động quá 0,5 mm. Chúng được coi là tay kẹp có phạm vi công tác cứng.

Với nguyên lý làm việc tương tự như hai loại trên, tay kẹp trong hình 5.19 (c) thuộc loại *có phạm vi công tác hẹp*, cho phép dao động kích thước lớn hơn, từ 1,5 đến 2 mm. Nó kẹp vào mặt trụ trong của vật nhờ một dây bi 2 xếp theo vòng tròn. Mặt côn 1, có góc côn nhỏ hơn góc ma sát giữa các viên bi và vật liệu chi tiết (thường $5 \div 6$ độ), tạo ra lực kẹp khi nhấc vật (chuyển động lên) và nhả vật (chuyển động xuống).

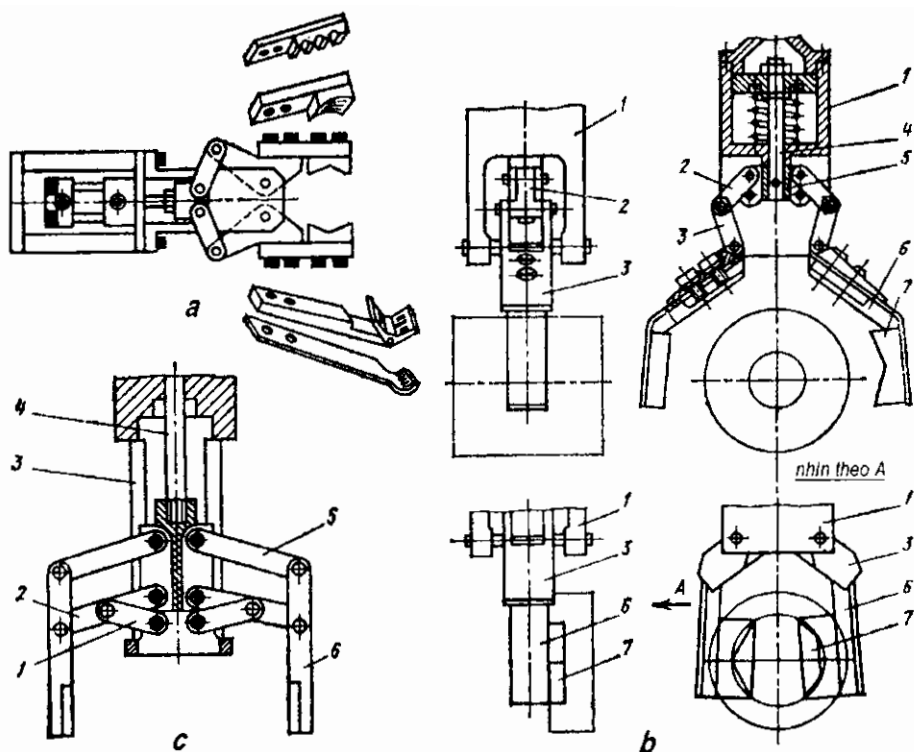
Để tăng độ tin cậy khi kẹp và nhả, có lực kẹp lớn, phạm vi công tác rộng, người ta dùng tay kẹp *có dẫn động*. Nguồn động lực thường là động cơ thủy lực hoặc khí nén.



Hình 5.20: Tay kẹp có truyền động thủy lực

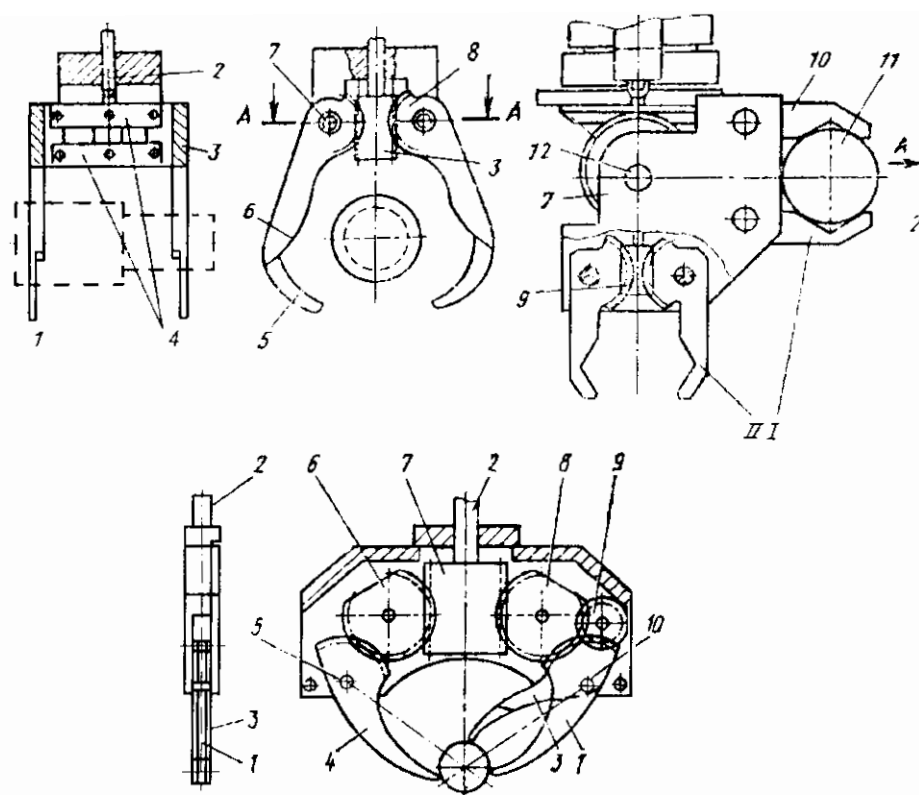
Trên hình 5.20 là sơ đồ kết cấu tay kẹp có truyền động thủy lực. Hình 5.20 (a) là hai tay kẹp, dùng chung cụm cơ sở là xi lanh thủy lực và hai càng dẫn động. Mỏ kẹp có thể thay được, vì vậy có thể dùng để kẹp vào mặt trong hoặc mặt ngoài của chi tiết. Kết cấu tay kẹp trên hình 5.20 (b) cho phép điều chỉnh khoảng cách giữa 2 mỏ kẹp.

Trên hình 5.21 là sơ đồ kết cấu các tay kẹp với truyền động khí nén. Các tay kẹp kiểu (a) và (b) có mỏ kẹp thay đổi được để dùng với các bề mặt khác nhau về hình dạng và kích thước. Tay kẹp kiểu (c) sử dụng cơ cấu bình hành, duy trì được độ song song giữa 2 mỏ kẹp cả khi độ mở thay đổi trong phạm vi rộng.



Hình 5.21: Tay kẹp có truyền động khí nén

Thay cho cơ cấu truyền động bằng càn, tay đòn,... trên nhiều tay kẹp người ta dùng cơ cấu thanh răng, trong đó đuôi các mỏ kẹp có dạng quạt răng (hình 5.22). Ưu điểm chính của cơ cấu này là gọn, làm việc tin cậy. Các sơ đồ trên hình vẽ cũng biểu diễn các dạng mỏ kẹp tự định tâm. Chúng có thể làm việc ở 2 vị trí, ví dụ vị trí kẹp phôi và vị trí đưa phôi vào mâm cặp của máy tiện (b). Kết cấu (c) cho phép định vị chi tiết tại 3 điểm. Sự kết hợp giữa truyền động thanh răng với đòn cũng gặp trên nhiều kiểu tay kẹp. Khi đã có nguồn dẫn động riêng, các tay kẹp có thể được điều khiển từ chương trình, bằng các lệnh nhả - kẹp đơn giản hoặc các chu trình điều khiển phức tạp hơn, như thay đổi khoảng công tác, làm việc nhiều vị trí,...



Hình 5.22: Tay kẹp sử dụng truyền động thanh răng

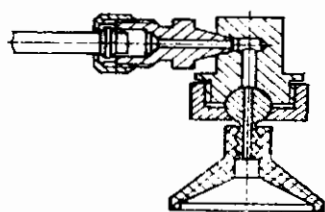
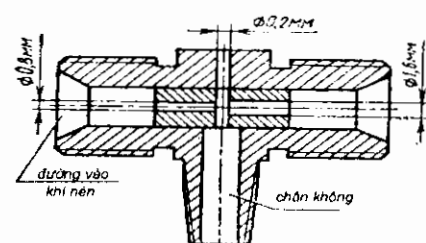
5.4.2.2. Tay kẹp chân không và điện - từ

Kết cấu của tay kẹp điện từ và chân không được thể hiện trên hình 5.23.

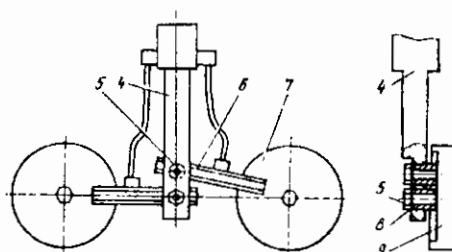
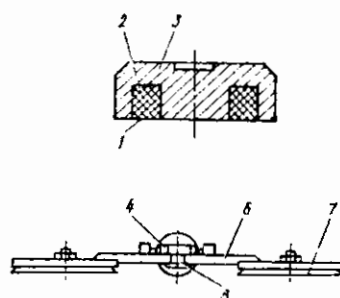
Các tay kẹp kiểu này dùng lực hút (chân không hoặc từ lực) để nhấc và di chuyển đối tượng. Trong một vài trường hợp, người ta còn dùng cả lực hút tĩnh điện. Ưu điểm chính của loại tay kẹp này là có kết cấu đơn giản, có thể dùng với các bề mặt hay vật liệu mà tay kẹp cơ khí khó đáp ứng, ví dụ chi tiết phẳng rộng nhưng mỏng như tấm tôn hoặc giấy mỏng, hình dạng chi tiết phức tạp, vị trí của chi tiết thay đổi ngẫu nhiên,... Tuy có nhiều điểm giống nhau, cơ cấu kẹp điện từ và khí nén có những đặc điểm sử dụng khác nhau như kê trong bảng 5.1.

Bảng 5.1: Sự khác nhau giữa cơ cấu kẹp điện - từ và khí nén

Tính chất	Kiểu điện - từ	Kiểu khí nén
Vật liệu vật kẹp	Phải có từ tính	Bất kỳ
Hình dạng vật kẹp	Bất kỳ	Mặt phẳng
Trạng thái bề mặt	Không cần nhẵn	Phải nhẵn, sạch
Lực kẹp	Lớn, ít phụ thuộc diện tích tiếp xúc	Hạn chế, phụ thuộc diện tích tiếp xúc
Thời gian kẹp	Nhanh	Chậm, phải đủ đạt độ chân không
Kết cấu	Đơn giản	Phức tạp, cần đường ống, đầu nối, nguồn khí...
Thời gian sử dụng	Bền lâu	Hạn chế
Ảnh hưởng đến vật kẹp	Để lại từ dư, phải khử	Không gây hại vật kẹp
Ảnh hưởng môi trường	Không	Gây tiếng ồn



(a)

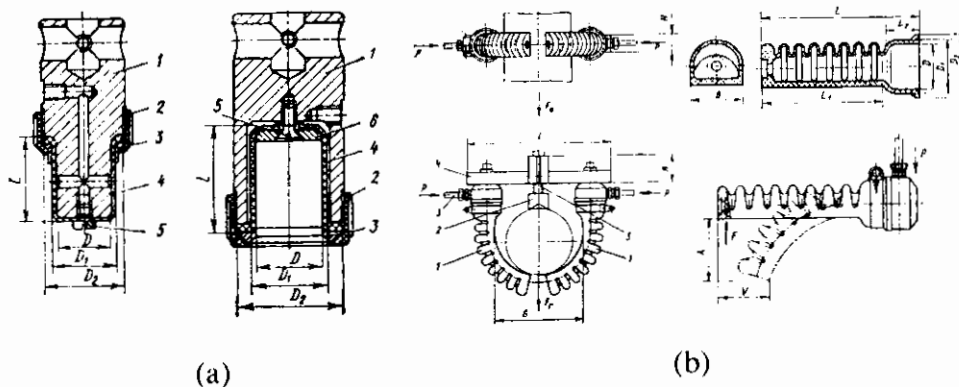


(b)

Hình 5.23: Sơ đồ tay kẹp khí nén (a) và điện - từ (b)

5.4.2.3. Tay kẹp dùng buồng đàn hồi

Buồng đàn hồi thường được làm bằng cao su, chất dẻo. Lực kẹp sinh ra do sự biến dạng của buồng đàn hồi dưới tác dụng của khí nén hoặc thủy lực. Trên hình 5.24 là sơ đồ các tay kẹp dùng buồng đàn hồi do hãng Simrit (Pháp) chế tạo. Chi tiết có thể được định vị và kẹp tại mặt trụ trong, mặt trụ ngoài nhờ buồng đàn hồi hình trụ (a) hoặc định vị nhờ khối V và kẹp nhờ vòng ôm đàn hồi (b).

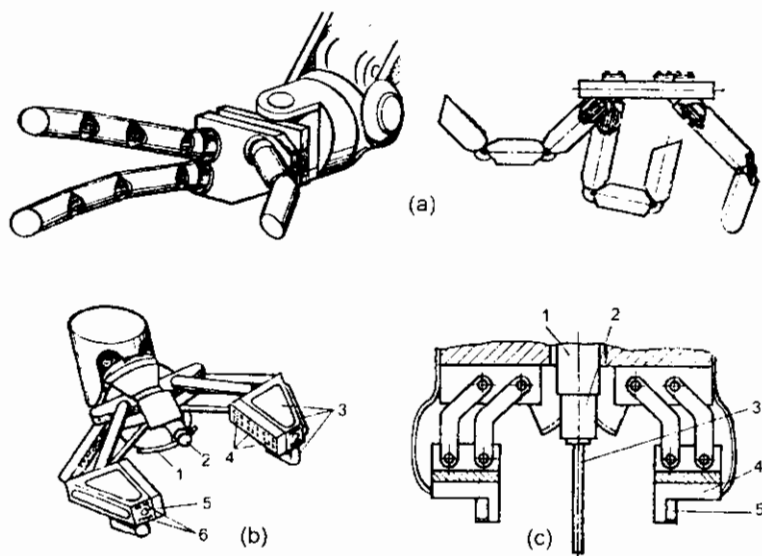


Hình 5.24: Sơ đồ tay kẹp dùng buồng đàn hồi

5.4.2.4. Tay kẹp thích nghi

Trên các tay kẹp kiểu này, người ta đặt các sensor để thu nhận thông tin về sự tồn tại, vị trí, hình dạng, kích thước, khối lượng, trạng thái bề mặt, màu sắc,... của đối tượng để robot tự động tìm cách xử lý thích hợp, như nhận hay không nhận, thay đổi nơi chuyển đến, vị trí và lực kẹp,... Trên hình 5.25 (a) là sơ đồ tay kẹp kiểu *Anthropomorphic* (tay người). Tay kẹp có 3 ngón. Các đốt nối với nhau và nối với bàn tay bằng chốt và có thể chuyển quay tương đối với nhau $\pm 45^\circ$ nhờ các động cơ điện một chiều. Toàn bộ các ngón có 11 bậc tự do và có phạm vi hoạt động lớn hơn tay người cùng kích thước. Chuyển động quay quanh các khớp được giám sát nhờ các sensor chuyển vị. Lực kẹp được giám sát và điều chỉnh theo thông tin từ các sensor áp lực. Bàn tay có khối lượng là 240 g, sức nâng 0,5 kg. Bàn tay trên hình 5.25 (b) có 6 sensor xúc giác 3, kiểu *microswitch* để nhận biết đối tượng khi chạm vào nó. Phía trong, trên đầu các ngón và trên cẳng 1 giữa các ngón có 17 sensor áp lực 2, 4, 6 kiểu biến trở. Hai photodiode 5 trên đầu các ngón tay dùng để định vị đối tượng và "dẫn đường" cho bàn tay tiếp cận tới nó. Tay kẹp trên hình 5.25C

có khả năng tìm, định tâm và kẹp chi tiết trụ dạng bạc. Nó có sensor lực 2, lắp trên đầu dò 3. Trên đầu các ngón có các sensor đo xa quang học 5. Đầu dò 3, sau khi chạm vào đối tượng sẽ di chuyển để tiếp xúc với mặt trụ của đối tượng, xác định tâm và chuyển động đến tâm của nó. Sau đó, nhờ các sensor 5, mỏ kẹp sẽ được đưa tới tiếp xúc với bề mặt kẹp chi tiết.



Hình 5.25: Sơ đồ tay kẹp thích nghi

5.4.3. Phương pháp tính toán tay kẹp

Khi tính toán tay kẹp cần phải tính lực kẹp cần thiết để nhấc và di chuyển đối tượng, tính lực hoặc công suất của cơ cấu dẫn động, kiểm nghiệm các chi tiết của cơ cấu theo điều kiện bền, kiểm nghiệm khả năng phá hỏng bề mặt của đối tượng do tác dụng của lực kẹp,... Trong một số trường hợp, phải tính toán hình học để đảm bảo độ chính xác định vị. Về nguyên tắc, chúng ta có thể áp dụng các phương pháp tính toán cơ học như với mọi cơ cấu khác. Phần này sẽ đề cập đến phương pháp tính toán các thông số đặc trưng cho một số dạng cơ cấu điển hình.

5.4.3.1. Tính toán tay kẹp cơ khí

• Tính lực tiếp xúc

Lực tác dụng tại điểm tiếp xúc giữa mỏ kẹp và đối tượng được xác định với 2 mục đích: đảm bảo đủ lực kẹp đồng thời không làm hỏng bề mặt đối tượng. Bảng 5.2 cho các sơ đồ kẹp và công thức tính toán tương ứng.

Bảng 5.2: Công thức tính toán lực tại các điểm tiếp xúc giữa mỏ kẹp và đối tượng

TT	Sơ đồ	Công thức
1		Trường hợp a: $R_1 = \frac{l-c}{l} Q; R_2 = \frac{c}{l} Q.$ Trường hợp b: $R_1 = \frac{l+c}{l} Q; R_2 = \frac{c}{l} Q.$
2		$\sin \theta [\sin \varphi_j - \sin \varphi_k - \mu \times$ $\times (\cos \varphi_j - \cos \varphi_k)] - \frac{\cos \theta}{\mu} \times$ $N_i = R_n \frac{\times (1 - \mu^2) \sin(\varphi_i - \varphi_k)}{(1 - \mu^2) [\sin(\varphi_i - \varphi_2) +$ $+ \sin(\varphi_2 - \varphi_3) + \sin(\varphi_3 - \varphi_1)]$ trong đó i, j, k = 1, 2, 3; i ≠ j ≠ k
3		$\theta = 0^\circ$ $N_i = -\frac{R_n}{\mu} \frac{\sin(\varphi_i - \varphi_k)}{\sin(\varphi_i - \varphi_2) +$ $+ \sin(\varphi_2 - \varphi_3) + \sin(\varphi_3 - \varphi_1)}$ trong đó i, j, k = 1, 2, 3; i ≠ j ≠ k
4		$N_i = R_n \frac{\sin \varphi_i - \mu \cos \varphi_j}{\sin(\varphi_i + \varphi_2) - 2\mu \cos(\varphi_i + \varphi_2)}$ trong đó i, j = 1, 2; i ≠ j

Bảng 5.2 (tiếp)

TT	Sơ đồ	Công thức
5		$\varphi_1 = 90^\circ, \quad \varphi_2 = \varphi$ $N_1 = R_n \frac{\sin \varphi - \mu \cos \varphi}{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi};$ $N_2 = R_n \frac{l}{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi};$
6		$\varphi_1 = \varphi_2 = 90^\circ;$ $N_1 = N_2 = \frac{R_n}{2\mu}$

Q- tải trọng tính toán; l- kích thước tay kẹp; c- khoảng cách từ điểm đặt tải đến mỏ kẹp đang xét; R_n - phản lực trên mỏ kẹp thứ n; θ - góc giữa trục phôi và lực R_n ; N_i - lực tiếp xúc giữa mỏ kẹp và vật; φ_i - góc giữa hình chiếu của lực R_n lên mặt phẳng và lực N_i ; μ - hệ số ma sát giữa vật liệu mỏ kẹp và vật liệu của vật.

- Đối tượng được đỡ bởi cơ cấu kẹp (sơ đồ 1 và 4), vì vậy lực ma sát ảnh hưởng rất ít đến lực kẹp;

- Đối tượng được giữ nhờ cơ cấu hãm (sơ đồ 2 và 5), lực ma sát có ảnh hưởng nhất định đến lực kẹp;

- Đối tượng được giữ nhờ ma sát (sơ đồ 3 và 6), vì vậy ảnh hưởng của nó rất lớn.

Trên thực tế người ta thường áp dụng tổng hợp các phương pháp kẹp. Trong quá trình làm việc ảnh hưởng của các yếu tố luôn luôn thay đổi nên khi tính toán phải xét đến trường hợp tới hạn.

• Tính lực dẫn động

Lực dẫn động do cơ cấu dẫn động sinh ra, đặt lên đầu vào của tay kẹp. Bảng 5.3 cho công thức tính 3 cơ cấu dẫn động hay dùng, là nêm, đòn và thanh răng.

Bảng 5.3: Công thức tính lực dẫn động

TT	Sơ đồ	Công thức
Cơ cấu nêm		Trường hợp chung: $P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \eta_p}$ Trường hợp đối xứng: $P \geq \frac{2 M_j \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \eta_p}$ $m=2$; $\eta_p = 0,9$; $\beta=4 \div 8^\circ$; $\rho=1^\circ 10'$ khi dùng ổ trượt; $\rho=3^\circ$ khi dùng ổ lăn.
Cơ cấu đòn		Trường hợp chung: $P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \cos \alpha}{b \eta_p}$ Trường hợp đối xứng: $P \geq \frac{2 M_j \cos \alpha}{b \eta_p}; \eta_p = 0,9 \div 0,95.$
Cơ cấu thanh răng		Trường hợp chung: $P \geq \frac{2 \sum_{j=1}^m M_j}{m_c z_c \eta_p}$ Trường hợp đối xứng: $P \geq \frac{4 M_j}{m_c z_c \eta_p}; \eta_p = 0,94.$

Các ký hiệu: m - số mỏ kẹp; N_i - lực tiếp xúc giữa mỏ kẹp và vật (N), tính theo bảng 5.2; M_j - momen kẹp (Nm) của mỏ kẹp thứ j , tính theo công thức:

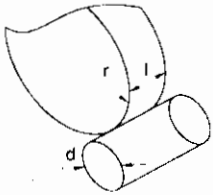
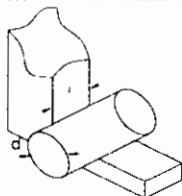
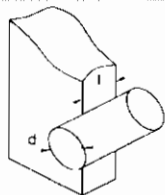
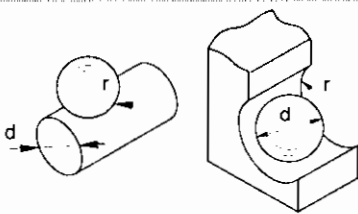
$$M_j = \sum_{i=1}^k N_i \cos \varphi_i [a_i \operatorname{tg} \varphi_i \pm c_i - \mu(a_i \mp c_i \operatorname{tg} \varphi_i)]; \quad k - \text{số điểm tiếp xúc}; a_i, c_i$$

- khoảng cách từ tâm quay của mỏ kẹp đến điểm tiếp xúc thứ i (m); φ_i - góc tiếp xúc; μ - hệ số ma sát giữa vật liệu mỏ kẹp và vật liệu của vật; ρ - góc ma sát quy đổi, có tính đến lực cản trên các chốt của đòn; β - góc nêm; η_p - hiệu suất của cơ cấu; b - kích thước của đòn (m); α - góc nghiêng của đòn; m_c - modul răng trên quạt; z_c - số răng trên quạt.

• **Tính ứng suất tiếp xúc**

Trong một số trường hợp, nhất là khi kẹp nhờ lực ma sát, thì ứng suất tiếp xúc khá lớn. Điều đó có thể dẫn đến hư hỏng bề mặt mỏ kẹp hoặc đối tượng, nhất là các chi tiết máy đã được gia công tinh. Vì vậy, điều kiện chung là ứng suất tiếp xúc thực tế phải nhỏ hơn giá trị cho phép. Công thức tính ứng suất tiếp xúc cho các trường hợp thông thường được cho trong bảng 5.4, trong đó giá trị m cho trong bảng 5.5.

Bảng 5.4: Công thức tính ứng suất tiếp xúc

TT	Sơ đồ	Công thức
1		$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_q}{l} \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{r} \right)}$
2		$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_q}{l} \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{r} \right)}$
3		$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{2NE_q}{ld}}$
4		$\sigma = m \sqrt{\frac{NE_q^2}{r^2}} \quad \text{khi } \frac{d}{2} < r$

Ghi chú: N- lực tiếp xúc giữa mỏ kẹp và vật (N), tính theo bảng 5.2; E_q - modul đàn hồi quy đổi của vật liệu mỏ kẹp và vật; l- bề rộng của mỏ kẹp (cm); d- đường kính của vật (cm); r- bán kính đầu mỏ kẹp (cm); m- hệ số phụ thuộc vào tỷ số $2r/d$ (bảng 5.5).

Modul đàn hồi quy đổi E_q được tính từ modul đàn hồi của vật liệu đối tượng E_v và của mô kẹp E_m theo công thức:

$$E_q = \frac{2E_v E_m}{E_v + E_m}.$$

Bảng 5.5: Giá trị hệ số m theo tỷ số $2r/d$

$2r/d$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,10	0,05
m	0,388	0,4	0,42	0,44	0,468	0,49	0,536	0,6	0,716	0,97	1,98

5.4.3.2. Tính toán tay kẹp chân không và điện - từ

Công thức kiểm nghiệm lực kẹp cần thiết cho cơ cấu được cho trong bảng 5.6, dùng chung cho các trường hợp chân không, điện từ, tĩnh điện,...

Lực P trong các công thức cho trường hợp chân không và điện từ, như sau:

- **Tính lực kẹp chân không**

Lực kẹp được tính theo công thức:

$$P = k_p F_{tx} (p_a - p_b) \quad (N)$$

trong đó:

k_p - là hệ số tính đến sự thay đổi áp suất khí quyển và tình trạng kín khít của mặt tiếp xúc, $k_p = 0,85$

F_{tx} - diện tích tiếp xúc giữa đầu kẹp và vật, thường lấy $F_{tx} = 0,6 \div 0,7$ giá trị thực;

p_a - áp suất khí quyển;

p_b - áp suất dư trong buồng hút.

Đối với hệ thống nối giữa buồng hút với bơm có gioăng kín khít thì áp suất p_b được lấy bằng áp suất chân không của bơm. Nếu không đạt được yêu cầu trên thì có thể chọn $p_a - p_b = (3,0 \div 3,5) N/cm^2$.

- **Tính lực kẹp điện từ**

Lực kẹp được tính theo công thức:

$$P = \frac{I_n^2}{25F(R_k + R_l)^2} \quad N$$

trong đó:

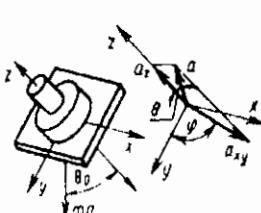
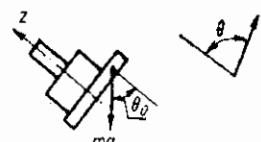
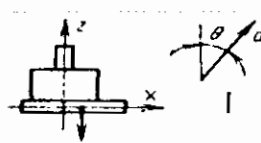
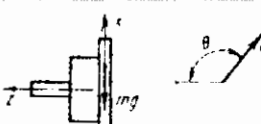
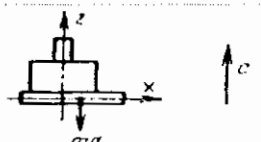
I_n - số ampe-vòng của cuộn dây nam châm.

F - diện tích tiếp xúc giữa cực nam châm và vật.

R_k, R_l - từ trở của khe hở không khí và của lõi thép trong mạch từ.

Nếu trong vật liệu sắt từ có chứa các tạp chất P, S, Mn, Ni,... thì từ trở tăng, lực kẹp bị giảm.

Bảng 5.6: Công thức kiểm nghiệm lực kẹp chân không và điện từ

TT	Sơ đồ	Công thức
1		$\mu\left(\frac{P}{mk_1k_2} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta\right) \geq g \sin \varphi_0 \sin \theta_0 + a \sin \varphi \sin \theta;$ $\mu\left(\frac{P}{mk_1k_2} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta\right) \geq g \cos \varphi_0 \sin \theta_0 + a \cos \varphi \sin \theta;$
2		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ$ $\mu\left(\frac{P}{mk_1k_2} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta\right) \geq g \sin \theta_0 + a \sin \theta $
3		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \quad \theta_0 = 90^\circ;$ $\mu\left(\frac{P}{mk_1k_2} - g + a \cos \theta\right) \geq a \sin \theta$
4		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \quad \theta_0 = 90^\circ;$ $\mu\left(\frac{P}{mk_1k_2} - a \cos \theta\right) \geq g + a \sin \theta$
5		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \quad \theta_0 = \theta = 90^\circ;$ $\frac{P}{mk_1k_2} \geq g + a$

Ký hiệu: P- lực hút (N); m- khối lượng của vật (kg); g- gia tốc trọng trường; a- gia tốc hút vật; θ - góc giữa phương gia tốc a với trục z (trùng phương với lực hút); φ - góc giữa hình chiếu của các gia tốc a lên mặt phẳng xoy với trục y; μ - hệ số ma sát giữa vật liệu mỏ kẹp và vật; k_1 - hệ số dự trữ; k_2 - hệ số tính đến sự trùng của điểm đặt lực nâng và trọng tâm của vật (đối với vật hút tròn $k_2 = r/(r + \Delta x)$, trong đó r là bán kính mặt tiếp xúc, Δx là khoảng cách giữa trục z và toạ độ trọng tâm của vật).

Chương 6

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ROBOT

Các chương trước đã tập trung giải quyết các vấn đề thuộc về cấu trúc, động học, động lực học, thiết kế quỹ đạo,... của tay máy. Chương này sẽ đề cập đến hệ thống điều khiển, nếu không có nó thì tay máy không thể trở thành robot được.

Muốn điều khiển được *robot* thì phải có 4 yếu tố:

- Hệ thống phát động (*Actuators*) và chấp hành (*Drivers, Motors*).
- Hệ thống cảm biến (*Sensors*).
- Bộ điều khiển (*Controller*), gồm phần cứng và phần mềm hệ thống.
- Chương trình điều khiển.

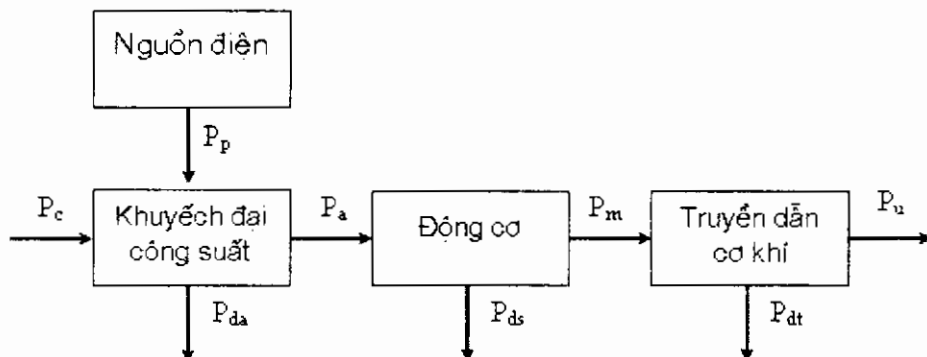
Các vấn đề trên sẽ được lần lượt trình bày trong chương này.

6.1. HỆ THỐNG CHẤP HÀNH

Chuyển động của các khớp trong tay máy được thực hiện bởi hệ thống chấp hành. Nó gồm các bộ phận sau:

- Nguồn cấp điện,
- Khuếch đại công suất,
- Động cơ,
- Truyền động cơ khí.

Hình 6.1 là sơ đồ nối ghép hệ thống chấp hành, trong đó có thể hiện sự chuyển đổi năng lượng.



Hình 6.1: Sơ đồ hệ thống chấp hành

Để thể hiện quan hệ chung, ký hiệu P_i là tín hiệu điều khiển (thường là tín hiệu điện); P_u là công suất cơ học cần thiết để làm chuyển động khớp. Các đại lượng trung gian, gồm công suất điện cung cấp cho động cơ (điện, thủy lực hoặc khí nén) P_a ; công suất nguồn P_p (thường có cùng bản chất vật lý với P_a); công suất cơ học do động cơ phát ra P_m . Ngoài ra còn có các loại công suất tổn hao trên các khâu trung gian: khuếch đại công suất, động cơ và truyền dẫn P_{da} , P_{ds} , P_{dt} . Xuất phát điểm để chọn các khâu trong hệ thống chấp hành là công suất cơ khí P_u để đảm bảo lực và vận tốc chuyển động của khớp.

Phần sau đây trình bày khái quát chức năng của các cụm chính.

6.1.1. Truyền dẫn cơ khí

Chuyển động tại các khớp của tay máy thường có vận tốc thấp và momen lớn, trong khi các động cơ thường làm việc với vận tốc lớn và momen nhỏ. Vì vậy, giữa động cơ và khớp thường có bộ phận biến tốc để sử dụng vùng làm việc có lợi nhất của động cơ. Thông qua bộ phận truyền dẫn này, công suất P_m trở thành P_u và bị tổn hao một lượng P_{dt} do ma sát. Khi chọn bộ phận truyền dẫn cần căn cứ vào công suất cần thiết, loại chuyển động của khớp và vị trí đặt động cơ so với khớp, vì bộ phận truyền dẫn không chỉ biến đổi giá trị công suất mà cả dạng chuyển động, ví dụ biến chuyển động quay của trục động cơ thành chuyển động tịnh tiến trong khớp. Nếu khéo bố trí động cơ và bộ phận truyền dẫn có thể giảm tiêu hao năng lượng. Ví dụ, nếu đặt động cơ và bộ phận truyền dẫn gần thân máy thì có thể tăng tỷ số công suất tiêu hao / trọng lượng cơ cấu.

Trong robot thường sử dụng các loại truyền dẫn sau:

- Cơ cấu trục vít - bánh vít có tỷ số truyền lớn, cho phép đổi phương trục và thay đổi điểm tác dụng của lực.

- Cơ cấu vít me - đai ốc cho phép biến chuyển động quay của trục động cơ thành chuyển động thẳng tại khớp trượt. Vít me - đai ốc bị thường được dùng để giảm ma sát. Thường cơ cấu này được lắp có độ dôi để giảm khe hở và tăng độ cứng vững.

- Truyền động đai răng và truyền động xích cho phép đặt động cơ xa trục khớp. Lực căng đai gây tải trọng phụ nên đai thường được dùng khi vận tốc chuyển động lớn và lực nhỏ. Ngược lại, xích hay bị dao động nên thường dùng khi vận tốc nhỏ.

Với giả thiết chuyển động không có khe hở và không có trượt, tỷ số truyền của các bộ truyền động cơ khí là không đổi.

Ngày nay người ta hay gắn trực tiếp rotor của động cơ lên trục quay của khớp mà không dùng truyền dẫn cơ khí trung gian. Điều đó loại trừ được ảnh hưởng của biến dạng cơ khí và khe hở, giảm tổn hao năng lượng. Tuy nhiên nó đòi hỏi các giải pháp kỹ thuật điều khiển để duy trì quan hệ tuyến tính truyền động trong dải rộng. Truyền động trực tiếp còn chưa phổ biến trong kỹ thuật robot vì lý do kết cấu.

6.1.2. Động cơ

Động cơ là nguồn tạo động lực chuyển động cho các khớp. Tùy thuộc dạng năng lượng sử dụng, người ta dùng các loại *động cơ khí nén*, *động cơ thủy lực* và *động cơ điện*. Công suất vào động cơ P_u chỉ được chuyển một phần (P_n) thành cơ năng. Phần mất mát P_{ds} là do tổn hao cơ khí, thủy lực hoặc khí nén. Trong kỹ thuật *robot* người ta dùng các động cơ công suất từ chục wat đến hàng chục kilowat. Do đặc điểm sử dụng trong *robot*, chẳng hạn yêu cầu "bám sát" quỹ đạo thiết kế, định vị chính xác,... các động cơ phải có các tính chất sau:

- Quán tính nhỏ và tỷ số năng lượng tiêu hao / trọng lượng cao.
- Có khả năng chịu quá tải và lực xung.
- Có khả năng gia tốc tốt.
- Dải tốc độ làm việc rộng ($1 \div 10.000$ v/ph).
- Độ chính xác định vị cao (ít nhất $1/1000$ vòng tròn).
- Có thể làm việc trơn tru ở vận tốc thấp.

Động cơ khí nén khó đáp ứng các yêu cầu trên, vì không thể khắc phục tính nén được của môi chất thể khí. Chúng thường chỉ được dùng cho các chuyển động đóng mở, ví dụ dùng cho tay kẹp hoặc chuyển động điểm - điểm.

Động cơ điện gồm các loại động cơ một chiều, xoay chiều thông dụng và động cơ servo, trong đó động cơ servo được dùng phổ biến hơn cả. Động cơ servo khác với các loại động cơ bình thường ở chỗ nó được điều khiển tự động bằng một hệ thống điều khiển điện tử có phản hồi. Tín hiệu phản hồi được lấy từ *sensor* vận tốc hoặc *sensor* vị trí, giám sát liên tục chuyển động tương đối giữa rotor và stator, từ đó sinh ra tín hiệu điều khiển tốc độ và chiều quay của rotor. Động cơ servo có đặc tính động lực

học tốt, đồng thời kết cấu đơn giản, làm việc tin cậy nên ngày càng được ưa dùng. Động cơ điện một chiều cổ điển không được ưa chuộng vì có bộ góp điện gây nhiều phiền phức khi sử dụng đã được thay bằng động cơ điện một chiều không cổ góp (*Brushless DC Servomotor*). Động cơ bước, do có công suất nhỏ, độ chính xác thấp (do không có mạch phản hồi vị trí, do đặc tính động lực học phụ thuộc tải trọng, thậm chí có hiện tượng "bỏ bước" khi tải lớn), nhưng lại rẻ tiền, nên được dùng cho những nơi không đòi hỏi độ chính xác điều khiển cao.

Động cơ thuỷ lực có các đặc tính động lực học tương đương với động cơ điện, có thể trực tiếp sinh ra chuyển động thẳng và chuyển động quay.

Mặc dù, về đại thể, bản thân động cơ điện và động cơ thuỷ lực có đặc tính động lực học tương đương nhau, nhưng chúng khác nhau về *đặc điểm sử dụng*.

Về phương diện đó, động cơ điện có các ưu điểm sau:

- Dễ cung cấp năng lượng, vì hệ thống cấp điện có ở khắp nơi.
- Giá rẻ, chủng loại phong phú và dải công suất rộng.
- Hiệu suất biến đổi năng lượng cao.
- Dễ sử dụng và dễ chăm sóc.
- Không gây ô nhiễm môi trường.

Bên cạnh đó, chúng có các nhược điểm sau:

- Phát nóng ở trạng thái tĩnh hoặc khi tốc độ thấp, vì vậy thường phải dùng phanh,
- Cần bảo vệ đặc biệt nếu làm việc trong môi trường dễ cháy.

Ngược lại, động cơ thuỷ lực có các ưu điểm:

- Làm việc tốt ở trạng thái tĩnh và tốc độ thấp mà không bị phát nóng.
- Tự bôi trơn và tản nhiệt tốt nhờ sự lưu thông của chất lỏng trong khi làm việc.

- An toàn trong mọi môi trường.
- Có công suất riêng theo trọng lượng cao.

Bên cạnh đó, chúng có các nhược điểm sau:

- Cần trạm cung cấp thuỷ lực riêng.
- Đắt tiền, ít chủng loại, khó lắp đặt, khó chăm sóc và bảo trì.

- Hiệu suất biến đổi năng lượng thấp.
- Dễ gây ô nhiễm môi trường do dầu trong hệ thống bị rò khi vận hành hoặc có dầu thải khi bảo dưỡng, sửa chữa.

Xét về khía cạnh điều khiển và vận hành, động cơ điện dễ điều khiển và có thể thay đổi chế độ làm việc một cách linh hoạt. Đặc tính động lực học của động cơ thủy lực còn phụ thuộc vào nhiệt độ dầu. Động cơ điện làm việc tốt ở tốc độ cao và tải trọng nhỏ nên thường phải dùng truyền động cơ khí trung gian. Ngược lại, động cơ thủy lực làm việc tốt khi tốc độ thấp và tải lớn nên thường truyền động trực tiếp.

Mục 6.2 sẽ trình bày chi tiết hơn về mô hình điều khiển của các loại động cơ servo thông dụng.

6.1.3. Khuyếch đại công suất

Bộ khuyếch đại công suất có nhiệm vụ biến đổi trạng thái năng lượng (gọi chung là *lưu* và *áp*) của nguồn cung cấp sao cho phù hợp với yêu cầu của động cơ. Công suất cung cấp tỷ lệ với tín hiệu điều khiển P_c và thường lớn hơn công suất điều khiển nên bộ biến đổi này có tên là bộ khuyếch đại công suất. Một bộ phận công suất vào, gồm P_i và P_p , sau khi biến đổi được cung cấp cho động cơ (P_d). Phần khác (P_{du}) bị tổn thất trên bản thân bộ biến đổi.

Đối với động cơ điện, bộ biến đổi thường phải biến điện năng dưới dạng xoay chiều thông dụng, ví dụ 230/380 V- 50 Hz thành điện một chiều (cho động cơ một chiều) hoặc thành điện xoay chiều với điện áp và tần số thích hợp (cho động cơ xoay chiều). Các bộ biến đổi dùng cho động cơ một chiều được gọi là *AC to DC converter*, hay là *chopper*. Loại dùng cho động cơ một chiều không chổi than được gọi là *DC to AC converter* hay *inverter*. Để điều khiển động cơ xoay chiều không đồng bộ, có thể dùng bộ biến đổi bề rộng xung (*pulse width modulator*) hoặc bộ biến đổi tần số (*frequency modulator* hay *frequency inverter*). Các thông số quan trọng nhất của bộ biến đổi là hiệu suất biến đổi $P_d/(P_i + P_p)$ và tỷ số truyền P_d/P_c . Giá trị của chúng thường vào khoảng 0,9 và 10^6 .

Động cơ thủy lực thường được điều khiển bằng cách thay đổi lưu lượng chất lỏng cung cấp cho nó. Cơ cấu điều khiển thường là các van tiết lưu, cho phép thay đổi lưu lượng cung cấp theo tín hiệu điện.

6.1.3. Nguồn cung cấp chính

Nhiệm vụ của nguồn cung cấp chính là cung cấp năng lượng tới đầu vào của bộ biến đổi.

Nếu là điện năng thì nguồn cung cấp thường là biến áp. Nếu dùng dòng điện một chiều thì phải có chỉnh lưu.

Nguồn cung cấp cho các động cơ thuỷ lực là trạm bơm các loại, như bơm bánh răng, cánh gạt, piston,... Truyền động cho chúng là các động cơ sơ cấp, thường là động cơ điện xoay chiều không đồng bộ. Ngoài ra, trong hệ thống cung cấp còn có bể chứa (để tránh hiện tượng mạch đập), bộ lọc, van an toàn, van tràn,... giúp cho hệ thống làm việc được ổn định, an toàn. Vai trò của chúng giống như tụ điện là phẳng và các kiểu bộ lọc khác trong hệ thống nguồn điện.

6.2. ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ SERVO

Vì động cơ điện và động cơ thuỷ lực thường được dùng nhiều nhất trong kỹ thuật robot, nên sau đây mô tả kỹ hơn về mô hình toán học và sơ đồ điều khiển của chúng.

6.2.1. Điều khiển động cơ điện

Chúng ta đã biết nhiều về các loại động cơ điện thông thường, như động cơ điện một chiều có cổ góp, động cơ điện xoay chiều đồng bộ và không đồng bộ. Các động cơ dùng trong điều khiển tự động cần có những tính chất đặc biệt, như dễ điều khiển, quán tính nhỏ, có thể làm việc ổn định ở tốc độ thấp hoặc trong trạng thái tĩnh,...

Tuy có sự khác nhau về kết cấu và nguyên lý làm việc, động cơ điện một chiều và động cơ servo có thể được mô hình hoá giống nhau. Thông qua biến phức s , sự cân bằng điện của phần ứng được mô tả bởi phương trình:

$$V_a = (R_a + sL_a)I_a + V_g \quad (6.1)$$

trong đó

V_a , R_a , L_a và I_a lần lượt là điện áp, điện trở, điện kháng và dòng điện phần ứng.

V_g là sức điện động của phần ứng, tỷ lệ với vận tốc góc ω của rotor

$$V_g = k_r \omega. \quad (6.2)$$

Hệ số k_v thể hiện quan hệ giữa vận tốc góc của rotor với sức điện động. Nó phụ thuộc kết cấu của động cơ và tính chất điện từ của phần cảm.

Tương tự, phương trình cân bằng cơ học của động cơ có dạng:

$$C_m = (sI_m + F_m)\omega + C \quad (6.3)$$

$$C_m = k_t I_a \quad (6.4)$$

trong đó, C_m và C_r là momen chủ động và momen phản lực, I_m và F_m là momen quán tính và hệ số cản nhớt trên trục động cơ. Hệ số tỷ lệ k_t biểu diễn quan hệ giữa momen của động cơ và dòng điện phản ứng. Trong hệ đơn vị SI, giá trị của nó bằng k_v .

Đối với bộ phận khuếch đại công suất, quan hệ giữa điện áp vào V_c và điện áp phản ứng V_a chính là hàm truyền

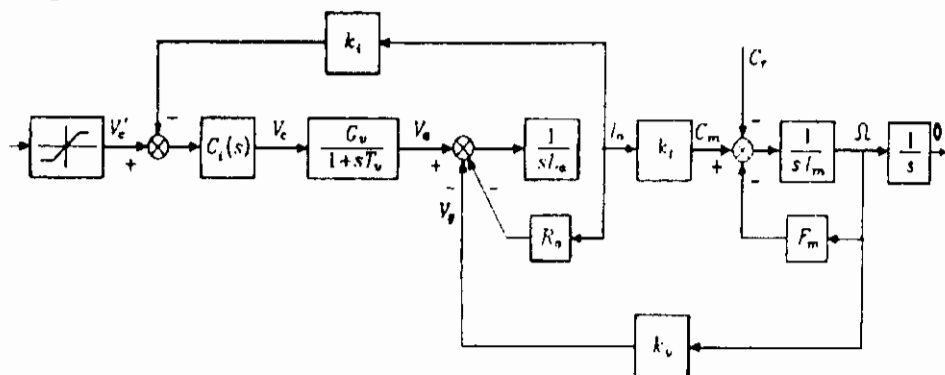
$$\frac{V_a}{V_c} = \frac{G_v}{1 + sT_v} \quad (6.5)$$

trong đó

G_v là hệ số điện áp.

T_v là hằng số thời gian. Giá trị của T_v nhỏ so với các hằng số thời gian khác của hệ thống nên có thể bỏ qua. Ví dụ, nếu dùng bộ biến tần trong khoảng $(10 \div 100)$ kHz thì giá trị của T_v nằm trong khoảng $(10^{-5} \div 10^{-4})$ giây.

Sơ đồ khối của động cơ servo với khuếch đại công suất được thể hiện trong hình 6.2.



Hình 6. 2: Sơ đồ khối của động cơ servo với khuếch đại công suất

Trong sơ đồ trên, bên cạnh các khối thể hiện các quan hệ nói trên, còn có các yếu tố sau:

- Vòng phản hồi dòng điện phản ứng thông qua bộ biến đổi k_i giữa cuộn dây phản ứng và khuếch đại công suất.

- Khối hiệu chỉnh dòng điện $C_i(s)$ có đặc tính phi tuyến ở trạng thái bão hoà.

Vòng phản hồi được dùng với 2 mục đích. Một mặt, điện áp V'_c đóng vai trò điện áp chuẩn. Nếu chọn $C_i(s)$ thích hợp thì độ trễ của I_a so với V'_c sẽ nhỏ hơn độ trễ giữa I_a và V_c . Mặt khác, tính phi tuyến ở trạng thái bão hoà cho phép hạn chế sự tăng của V'_c . Nó có tác dụng như bộ hạn chế dòng điện, bảo vệ khối khuếch đại công suất.

Từ sơ đồ trên, bằng cách chọn $C_i(s)$, có thể nhận được hệ điều khiển vận tốc hoặc hệ điều khiển momen.

Nếu $k_i = 0$, và nếu hệ số cản nhớt rất nhỏ so với hệ số hãm điện năng, nghĩa là ($F_m \ll k_i k_f / R_a$), đồng thời đặt $K = C_i(0)G_v$ và giả thiết $C_r = 0$ thì dẫn đến trạng thái *điều khiển vận tốc*:

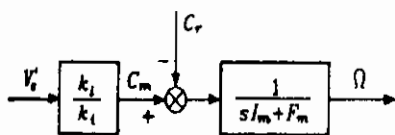
$$\omega \approx \frac{K}{k_v} v'_c. \quad (6.6)$$

Nếu $k_i \neq 0$ và chọn hàm truyền dòng điện rất lớn ($Kk_i \gg R_a$) sẽ dẫn đến trạng thái *điều khiển momen*:

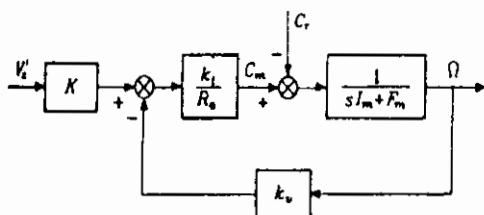
$$C_m \approx \frac{k_f}{k_i} (v'_c - \frac{k_v}{K} \omega). \quad (6.7)$$

Vì K thường có giá trị lớn nên momen hầu như không phụ thuộc vào vận tốc góc.

Với các điều kiện trên, nhận được sơ đồ điều khiển vận tốc và điều khiển momen như trong các hình 6.3 và 6.4.



Hình 6. 3: Sơ đồ điều khiển vận tốc



Hình 6. 4: Sơ đồ điều khiển momen

Từ các sơ đồ trên, có mối quan hệ giữa các đại lượng vào (điện áp điều khiển V_c , momen phản ứng C_r) với đại lượng ra, là vận tốc góc ω

- Đối với điều khiển vận tốc:

$$\omega = \frac{\frac{K}{k_v}}{1 + s \frac{R_a I_m}{k_v k_t}} V'_c - \frac{\frac{R_a}{k_v k_t}}{1 + s \frac{R_a I_m}{k_v k_t}} C_r. \quad (6.8)$$

- Đối với điều khiển momen:

$$\omega = \frac{\frac{k_t}{k_t F_m}}{1 + s \frac{I_m}{F_m}} V'_c - \frac{\frac{I}{F_m}}{1 + s \frac{I_m}{F_m}} C_r \quad (6.9)$$

6.2.2. Điều khiển động cơ thủy lực

Các động cơ thủy lực được điều khiển bằng cách thay đổi lưu lượng dầu qua bơm. Bất kể sự khác nhau về cấu trúc vật lý, các mối quan hệ cơ bản giữa *lưu lượng và áp suất, chuyển động của chất lỏng và chuyển động của các chi tiết, sự cân bằng cơ học của các chi tiết* đều xuất phát từ đạo hàm quan hệ vào/ra.

Giả sử Q là lưu lượng cung cấp, Q_m là lưu lượng vào động cơ, Q_l là lưu lượng tổn hao do lọt dầu trên bơm, Q_c là lưu lượng tổn hao do tính nén được của dầu, ta nhận được phương trình cân bằng lưu lượng như sau:

$$Q = Q_m + Q_l + Q_c \quad (6.10)$$

Các đại lượng tổn hao Q_l và Q_c được tính đến khi hệ thống làm việc dưới áp suất cao, cỡ hàng trăm atmosphe.

Gọi P là chênh lệch áp suất giữa dầu ra và dầu vào của bơm do tải, ta có quan hệ

$$Q_l = k_l P \quad (6.11)$$

Tổn hao lưu lượng do tính nén được của chất lỏng tỷ lệ với thể tích tức thời của chất lỏng V và áp suất P thông qua hệ số nén γ và biến phức s:

$$Q_c = \gamma V s P \quad (6.12)$$

Từ (6.12) thấy rằng hệ số tỷ lệ $k_c = \gamma V$ giữa đạo hàm theo thời gian của áp suất P và lưu lượng phụ Q_c thuộc vào thể tích V của chất lỏng. Vì

vậy, đối với động cơ quay thì k_r là hằng số, còn đối với động cơ tịnh tiến thì V thay đổi nên phản ứng của hệ thống tùy thuộc điểm công tác.

Lưu lượng chất lỏng vào động cơ tỷ lệ với lượng biến thiên trong một đơn vị thời gian của thể tích chất lỏng trong bể chứa. Mặt khác lượng biến thiên này lại tỷ lệ với vận tốc góc của động cơ. Cuối cùng nhận được:

$$Q_m = k_q \omega \quad (6.13)$$

Điều kiện cân bằng cơ học của các chi tiết chuyển động được mô tả bằng phương trình tương tự như (6.3):

$$C_m = (sI_m + F_m)\omega + C_r \quad (6.14)$$

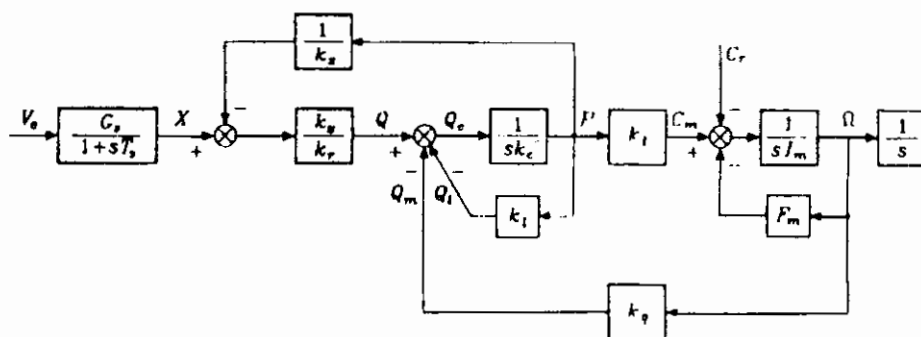
Cuối cùng thì momen của động cơ tỷ lệ với độ chênh lệch áp suất của bơm:

$$C_m = k_p P \quad (6.15)$$

Đối với van điều khiển, hàm truyền giữa vị trí X của van và điện áp điều khiển V_c được xác định như sau:

$$\frac{X}{V_c} = \frac{G_s}{1 + sT_s} \quad (6.16)$$

Vì hằng số thời gian T_s rất nhỏ (cỡ mili giây) so với các hằng số thời gian khác của hệ thống, nên G_s được coi là hệ số truyền tương đương của van và quan hệ giữa V_c và X là tuyến tính.



Hình 6.5: Sơ đồ khối hệ điều khiển động cơ thủy lực

Trên cơ sở các phương trình đã nêu, có thể xây dựng sơ đồ khối của hệ thống điều khiển động cơ thủy lực, gồm van, bộ phân phối, động cơ như trong hình 6.5. So sánh hình 6.2 với hình 6.5 có thể nhận ra sự

tương tự về hình thức giữa đặc tính động lực học của động cơ thuỷ lực và động cơ điện. Tuy nhiên điều đó *không có nghĩa là có thể dùng động cơ thuỷ lực để điều khiển vận tốc và điều khiển momen thay cho động cơ điện*. Về hình thức thì mạch phản hồi áp suất của động cơ thuỷ lực tương tự mạch phản hồi dòng trong động cơ điện, nhưng không thể thay đổi kết cấu của panel thuỷ lực một cách dễ dàng như đối với bảng mạch điện.

6.3. HỆ THỐNG CẢM BIẾN

Điều khiển tự động luôn đòi hỏi sự giám sát hệ thống hoặc quá trình. Hệ thống đo các đại lượng, đại diện cho trạng thái làm việc của robot và cho sự tương tác của nó với môi trường, ảnh hưởng rất lớn đến tính năng kỹ thuật của robot và phải được chọn tương ứng với yêu cầu điều khiển. Tuy nhiên, đo lường là một lĩnh vực chuyên sâu của kỹ thuật tự động hoá, đã có môn học và các tài liệu riêng về *sensor*. Trong chương này chỉ đề cập đến các khái niệm, phân loại chung và nguyên tắc làm việc của một số loại *sensor* hay gặp trong kỹ thuật robot.

6.3.1. Khái niệm và phân loại cảm biến

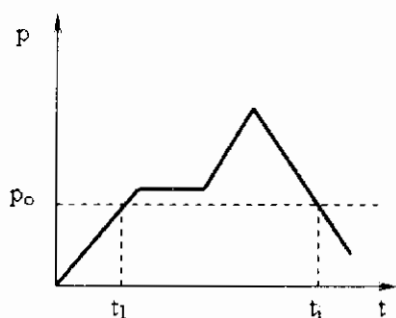
6.3.1.1. Các khái niệm

Cảm biến là thiết bị dùng để nhận giá trị của đại lượng vật lý cần đo và biến đổi nó thành tín hiệu mà thiết bị đo hay thiết bị điều khiển có thể xử lý được.

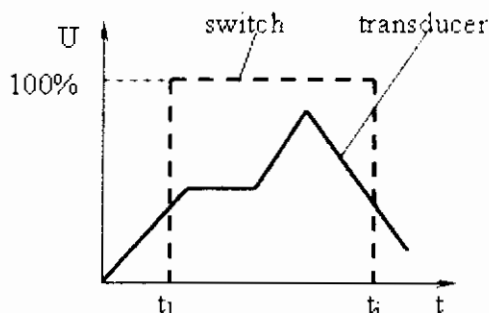
Như vậy, cảm biến có 2 chức năng: "*cảm*", nghĩa là nhận tín hiệu cần đo và "*biến*", nghĩa là chuyển đổi dạng và giá trị của tín hiệu để sẵn sàng cung cấp cho thiết bị hiển thị hay xử lý tiếp theo. Có nhiều đại lượng vật lý, như lực, rung động, thành phần hoá học,... rất khó đo trực tiếp một cách chính xác và rẻ tiền. Người ta phải chuyển đổi chúng sang đại lượng tương đương khác, thường là đại lượng điện như điện áp, dòng điện, điện trở,... để dễ sử dụng các thiết bị hiển thị và xử lý chuẩn, thông dụng và rẻ tiền. Dạng và giá trị tín hiệu xuất ra của các cảm biến thường được chuẩn hoá để dễ ghép nối vào các mạch xử lý tiếp theo.

Cảm biến còn có các tên khác, như *dầu đo*, *sensor*,... Từ có gốc Anh *sensor* đã được phổ cập rộng rãi trên thế giới, kể cả trong các tài liệu xuất bản ở Việt Nam.

Sensor là tên chung của **Switch** và **Transducer**. **Switch** là thiết bị đóng mở, thường gọi là công tắc), chỉ có 2 trạng thái tín hiệu ra là đóng và mở. **Transducer** là thiết bị biến đổi. Tín hiệu ra và tín hiệu vào của nó có thể khác nhau về bản chất vật lý và giá trị, nhưng không khác nhau về quy luật biến thiên theo thời gian. Ví dụ với cùng tín hiệu vào là áp suất không khí (hình 6.6), **Switch** có trạng thái đóng nếu áp suất $p \geq p_o$, có trạng thái mở nếu $p < p_o$, còn **Transducer** thì cho tín hiệu ra là điện áp nhưng không thay đổi quy luật biến thiên theo thời gian vốn có của tín hiệu vào.



Tín hiệu vào sensor



Tín hiệu ra của sensor

Hình 6. 6: Sự khác nhau giữa switch và transducer

6.3.1.2. Phân loại sensor

Theo chức năng, người ta phân biệt 2 nhóm *sensor*. Một nhóm dùng để giám sát trạng thái công tác của bản thân robot, được gọi là *sensor trong* (*proprioceptive sensors*). Nhóm thứ hai, được gọi là *sensor ngoài* (*heteroceptive sensors*), dùng để đo các thông số của môi trường và sự tương tác của robot với môi trường*

Các loại *sensor trong* chủ yếu là: *sensor vị trí*, *sensor vận tốc* và *sensor gia tốc* hay *sensor lực*.

* Môi trường ở đây được hiểu là mọi yếu tố bên ngoài robot, kể cả đối tượng công tác.

Sensor ngoài có rất nhiều loại, tùy thuộc thông số môi trường cần đo, ví dụ *sensor* nhiệt độ để đo nhiệt độ của môi trường mà robot hoạt động, *sensor* lực để đo lực nắm (kẹp) của tay hoặc để định vị đối tượng (ví dụ, để lồng trục vào bạc khi lắp ráp), thiết bị quan sát (*vision system*) để nhận dạng đối tượng,...

Ngoài cách phân loại *sensor* theo chức năng như trên, còn có nhiều cách phân loại khác, ví dụ:

- Theo đại lượng cần đo, có *sensor* nhiệt độ, áp suất, vận tốc, gia tốc, lưu lượng,...
- Theo kết cấu và nguyên lý làm việc, có *sensor* điện trở, điện dung, điện cảm, áp điện, quang điện, điện động,...
- Theo phương thức cảm nhận, có *sensor* tiếp xúc (*tactile sensor*), không tiếp xúc (*proximity sensor*).

6.3.2. Nguyên lý làm việc của một số loại sensor

6.3.2.1. Cảm biến vị trí

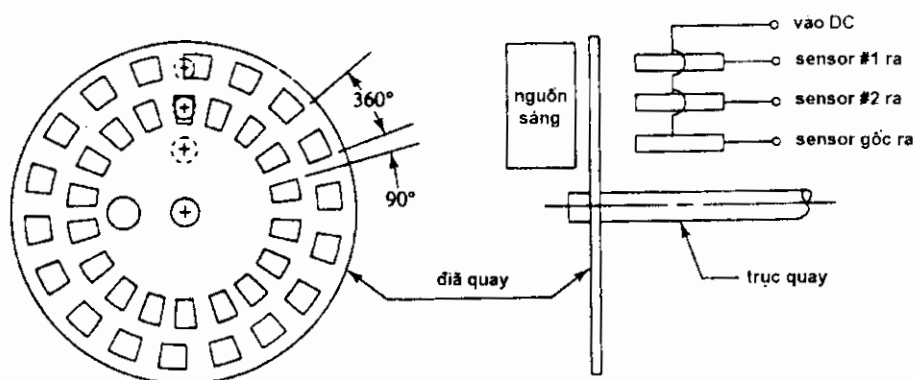
Các cảm biến (*sensor*) vị trí, như tên gọi của chúng, được dùng để giám sát vị trí tức thời của các cơ cấu. Tùy theo dạng chuyển động cần quan tâm mà vị trí có thể được tính bằng đơn vị dài hay đơn vị góc. Nhờ các chuyển đổi cơ khí cần thiết có thể dùng *sensor* đo góc để đo chiều dài và ngược lại. Các *sensor* đo chiều dài có thể là biến trở, biến thể vi sai, *encoder* thẳng. Để đo góc quay có các loại *sensor* đo góc, như biến trở quay, *encoder* góc, *resolver*,... Sau đây nói về hai loại *sensor* thường gặp nhất là *encoder* và *resolver*.

Encoder là thước đo vị trí theo nguyên tắc số, trong đó tọa độ được mã hoá theo hệ nhị phân. Tùy theo đơn vị đo, chúng ta dùng *encoder* thẳng (*linear encoder*) hay *encoder* góc (*rotary encoder*). Hai loại này giống nhau về nguyên lý làm việc, chỉ khác nhau ở chỗ các vạch được khắc theo đường thẳng hay theo vòng tròn. Theo phương pháp mã hoá, có 2 loại *encoder* là tuyệt đối (*absolute*) và gia số (*incremental*).

Thước đo vị trí theo gia số (*Incremental encoder*) có 1 hoặc 2 đĩa quang, được khắc các vùng trong và đục xen kẽ nhau (hình 6.7). Nếu dùng một đĩa thì nó được gắn với trục quay. Nếu dùng 2 đĩa thì một đĩa gắn với

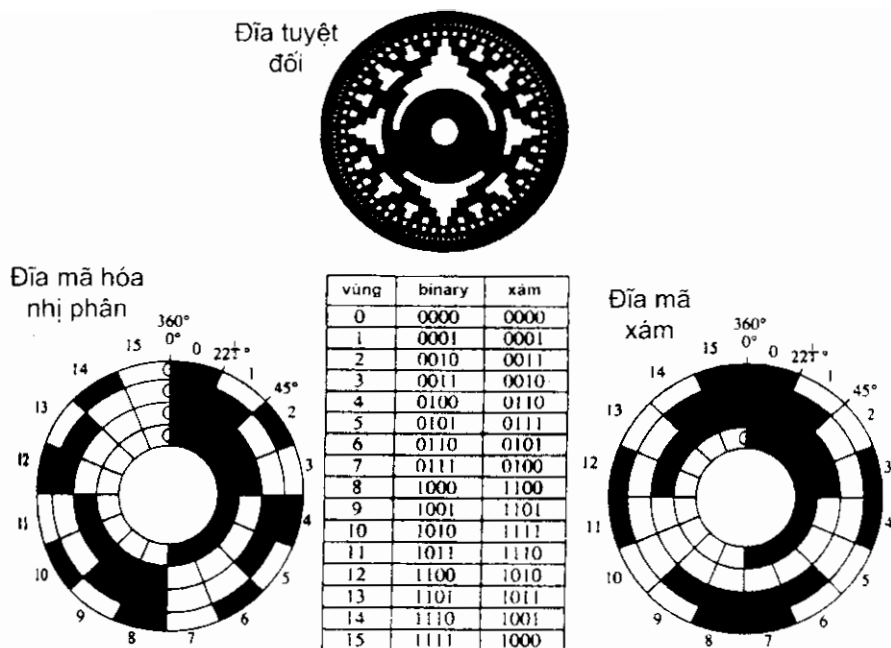
trục quay, còn đĩa kia cố định. Một phía của đĩa đặt nguồn sáng, phía đối diện đặt 3 "con mắt điện" (*photodiode* hoặc *phototransistor*) để thu tín hiệu của từng vòng tròn. Tại một vị trí nhất định của đĩa, vùng nào cho tia sáng đi qua sẽ được mã hoá là 1, vùng nào ngăn tia sáng sẽ được mã hoá là 0. Số vùng sáng, tối trên đĩa quyết định độ phân giải của *encoder*.

Tại thời điểm bắt đầu làm việc, hệ thống phải được quy không bằng cách quay lỗ sát vòng tròn thứ hai tới vị trí đối diện nguồn sáng để con mắt thứ ba nhìn thấy tia sáng. Khi hệ thống bắt đầu làm việc, một bộ xử lý sẽ đếm số lần con mắt ngoài cùng nhìn thấy tia sáng, từ đó tính ra góc mà đĩa đã quay. Chiều quay của đĩa được nhận biết nhờ sự phối hợp tín hiệu của 2 vòng: nếu đĩa quay theo chiều kim đồng hồ thì mắt ngoài cùng nhìn thấy tia sáng trước mắt thứ hai và ngược lại. Căn cứ chiều quay mà gia số sẽ được cộng hoặc trừ vào tổng số.



Hình 6. 7: Sơ đồ nguyên lý của thước đo vị trí theo gia số

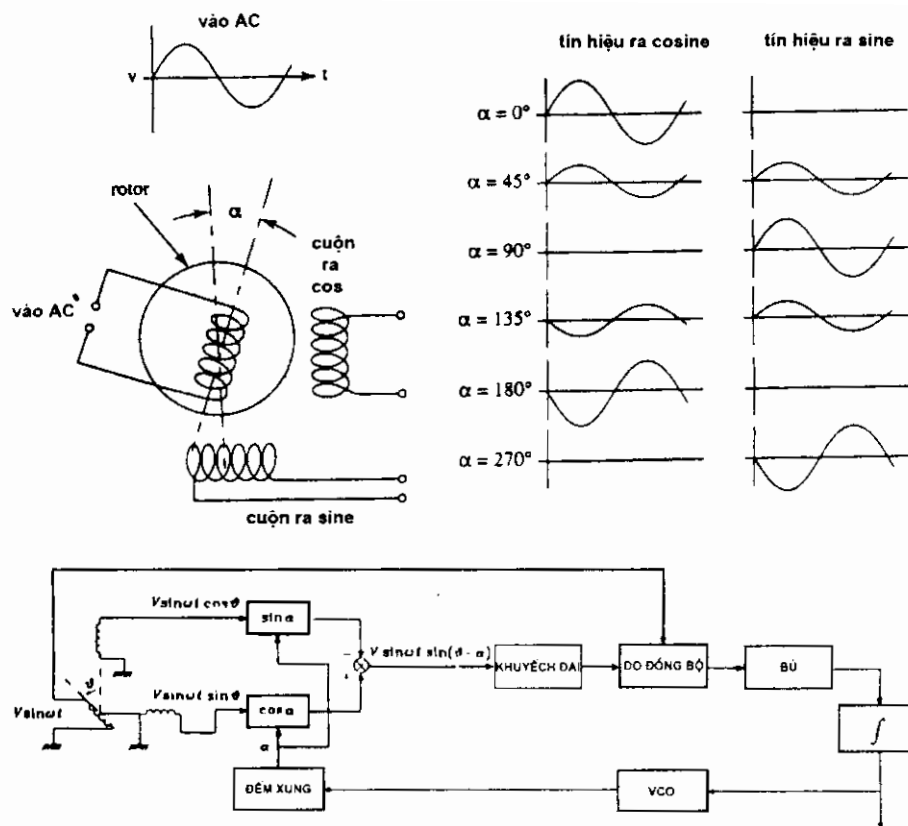
Thước đo vị trí tuyệt đối (*Absolute Encoder*) có một đĩa quang, trên đó có nhiều vòng tròn đồng tâm. Mỗi vòng chứa các vùng trong và đục xen kẽ nhau. Số vòng tròn quyết định độ phân giải của *encoder*. Nếu số vòng tròn là n thì số phần mà một vòng tròn có thể được chia ra bằng $2n$, góc nhỏ nhất mà *encoder* phân biệt được là $360^\circ/2n$. Ví dụ, nếu số vòng là $n = 4$ thì số phần chia của vòng tròn là $2^4 = 16$, *encoder* sẽ phân biệt được góc quay $360^\circ/16 = 22,5^\circ$. Nếu $n = 8$ thì góc đó là $360^\circ/4096 = 0,088^\circ$. Trên hình 6.8 là sơ đồ *encoder* với 4 vòng tròn.



Hình 6. 8: Sơ đồ nguyên lý của thước đo vị trí tuyết đối

Resolver (hình 6.9) không phát ra tín hiệu số như *encoder* mà phát ra tín hiệu tương tự đại diện cho vị trí của đối tượng đo. Nhìn về ngoài nó giống động cơ điện nhưng nguyên lý làm việc của nó giống biến thế nhiều hơn. Cuộn dây rotor được cấp điện áp xoay chiều thông qua các vành dẫn điện.

Điện áp cung cấp cho rotor có dạng hình sin, dạng $V \sin \omega t$, tần số trong khoảng $0,4 \div 10 \text{ kHz}$. Stator của *resolver* có 2 cuộn dây, đặt lệch nhau 90° điện nên trên một cuộn xuất hiện điện áp $V \sin \omega t \cdot \cos \vartheta$, còn trên cuộn kia có điện áp $V \sin \omega t \cdot \sin \vartheta$. Rõ ràng là giá trị điện áp ra phụ thuộc góc ϑ giữa rotor và stator. Tín hiệu phản hồi α của góc quay được cung cấp cho 2 cuộn dây qua hàm $\sin \alpha$ và $\cos \alpha$, sau khi nhân với tín hiệu đầu vào và cộng đại số được tín hiệu ra là $V \sin \omega \cdot \sin(\vartheta - \alpha)$. Tín hiệu này được khuếch đại và gửi tới khối đồng bộ, đảm bảo giá trị của nó phải tỷ lệ với $\sin(\vartheta - \alpha)$. Nếu có sai lệch, tín hiệu được bù bởi thiết bị bù. Sau đó, tín hiệu được tích phân. Mạch phản hồi có bộ tạo dao động, chuyển đổi điện áp thành tần số (*voltage-to-frequency converter* - *VCO*), và khối đếm xung. Giá trị số α đại diện cho góc quay ϑ .



Hình 6. 9: Sơ đồ nguyên lý làm việc và xử lý tín hiệu của resolver

6.3.2.2. Cảm biến vận tốc

Mặc dù có thể xác định vận tốc từ kết quả đo vị trí, người ta vẫn thường đo trực tiếp nó bằng cảm biến độc lập. Các cảm biến vận tốc thường dùng có tên là *tachometer*. Có 2 loại *tachometer* là DC *tachometer* và AC *tachometer*.

DC tachometer là một máy phát điện một chiều, dùng nam châm vĩnh cửu. Yêu cầu đặc biệt đối với chúng là quan hệ tuyến tính giữa tín hiệu vào (tốc độ quay) và tín hiệu ra (điện áp); giảm hiệu ứng từ trễ và ảnh hưởng của nhiệt độ. Nhược điểm của DC *tachometer* là dùng cổ góp điện và không thể loại trừ được hiện tượng mạch đập bằng phương pháp lọc, vì tần số tín hiệu ra thay đổi thường xuyên. Độ tuyến tính của DC *tachometer* có thể đạt trong khoảng $0,1 \div 1\%$, hệ số đập mạch bằng khoảng $2 \div 5\%$ giá trị danh định của tín hiệu ra.

AC tachometer khắc phục được hiện tượng mạch đập. Nó gồm stator, có 2 cuộn dây và rotor kiểu cóc. Cuộn dây thứ nhất (cuộn kích từ) được cấp điện áp xoay chiều hình sin với tần số khoảng 400 Hz . Khi rotor quay, trên cuộn dây thứ hai sẽ xuất hiện điện áp xoay chiều tỷ lệ thuận với tốc độ quay của rotor. Hiện tượng mạch đập vẫn có nhưng có thể loại trừ bằng bộ lọc thích hợp, vì tần số tín hiệu ra không đổi. Ngoài ra, AC tachometer còn có các ưu điểm khác, như không gặp các phiền phức do cổ góp, rotor không có cuộn dây nên nhẹ, momen quán tính nhỏ, dễ cân bằng và chắc chắn. Nhược điểm của nó là có điện áp dư ở đầu ra ngay cả khi rotor không quay do hồ cảm ký sinh giữa các cuộn dây.

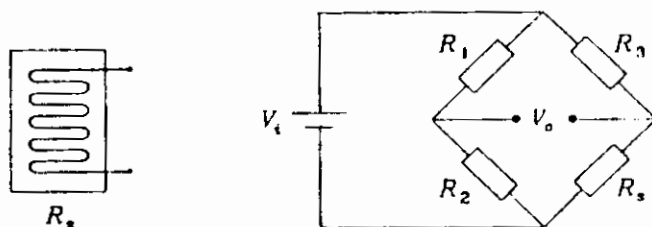
6.3.2.3. Cảm biến đo lực

Một vật chịu tác dụng của lực và momen bao giờ cũng bị biến dạng, nghĩa là có chuyển vị tương đối giữa các phần của nó. Vì vậy các phép đo lực và momen thường được quy về đo chuyển vị. Thông số của các linh kiện điện, như điện trở, điện dung, điện cảm, thường thay đổi khi bị biến dạng. Dựa vào đó người ta chế tạo các đầu đo kiểu điện trở, điện dung, điện cảm để đo lực. Trong một số tinh thể vật chất, như thạch anh, khi bị biến dạng sẽ có chênh lệch điện áp giữa các vùng. Dựa vào đó, người ta chế tạo ra các đầu đo lực kiểu áp điện (*piezoelectric*).

Trong số các loại *sensor* lực kể trên, người ta hay dùng kiểu điện trở, gọi là *tensiometer* (hình 6.10). Đó là điện trở làm bằng dây dẫn mảnh, được dán lên phần tử biến dạng. Nếu phần tử bị kéo thì tiết diện dây bị giảm, do đó điện trở của nó tăng. Ngoài yêu cầu về độ tuyến tính, điện trở suất của vật liệu làm *tensiometer* phải ít thay đổi theo nhiệt độ. Để tăng vùng làm việc tuyến tính, người ta dùng cầu cân bằng, trong đó *tensiometer* là một nhánh (R_x). Khi chưa tác dụng lực, cầu cân bằng, nghĩa là $V_o = 0$. Khi có lực, R_x thay đổi, làm cầu mất cân bằng. Tín hiệu ra được tính theo công thức:

$$V_o = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_x}{R_3 + R_x} \right) V_i. \quad (6.17)$$

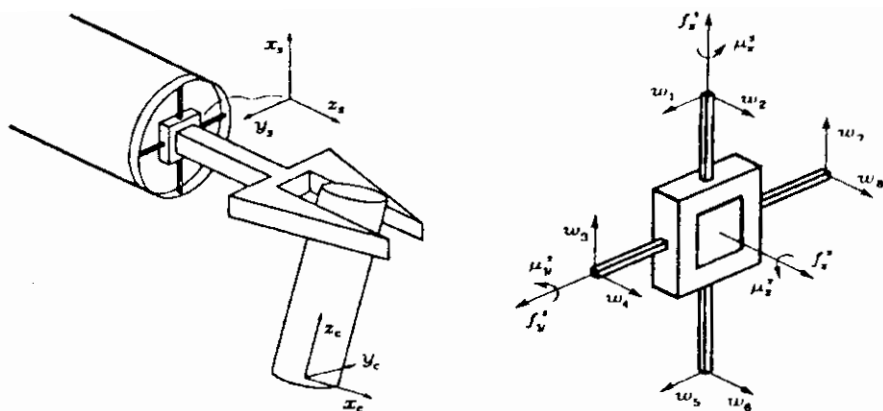
Để bù sự ảnh hưởng của nhiệt độ, người ta dùng R_3 như điện trở bù, gắn lên vùng không chịu lực. Nếu gắn R_3 lên phía đối diện của phần tử biến dạng, sao cho R_x chịu kéo còn R_3 chịu nén thì sẽ tăng được độ nhạy của *sensor*.



Hình 6. 10: Cảm biến điện trở và sơ đồ nối kiểu cầu cân bằng

Quan hệ giữa lực tác dụng và tín hiệu ra phụ thuộc rất nhiều vào cách gắn *sensor* lên phần tử biến dạng. Sau đây là ví dụ minh họa về ứng dụng *tensiometer* vào đo lực tác dụng lên cổ tay khi nâng vật. Hình 6.11 cho thấy, trong trường hợp này phần tử biến dạng có dạng chữ thập (kiểu Maltese), đóng vai trò truyền lực giữa kẹp và cổ tay. Các *tensiometer* được dán lên các nhánh chữ thập, sao cho *sensor* nhận được tín hiệu lực tác dụng theo bất cứ phương nào. Mỗi nhánh chữ thập được dán 2 *tensiometer*, nên tổng số giá trị đo được là 8, từ ω_1 đến ω_8 . Lực tổng quát tác dụng lên cổ tay có 6 thành phần: 3 thành phần lực hướng theo 3 trục tọa độ (f_x, f_y, f_z) và 3 thành phần momen quanh 3 trục đó (μ_x, μ_y, μ_z). Quan hệ giữa các thành phần lực và momen với các giá trị đo được biểu diễn qua một ma trận, gọi là *ma trận chuẩn định* (*calibration matrix*):

$$\begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \\ \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & c_{13} & 0 & 0 & 0 & c_{17} & 0 \\ c_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{25} & 0 & 0 \\ 0 & c_{32} & 0 & c_{34} & 0 & c_{36} & 0 & c_{38} \\ 0 & 0 & 0 & c_{44} & 0 & 0 & 0 & c_{48} \\ 0 & c_{52} & 0 & 0 & 0 & c_{56} & 0 & 0 \\ c_{61} & 0 & c_{63} & 0 & c_{65} & 0 & c_{67} & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \\ \omega_7 \\ \omega_8 \end{bmatrix} \quad (6.18)$$



Hình 6.11: Phần tử biến dạng kiểu Maltese

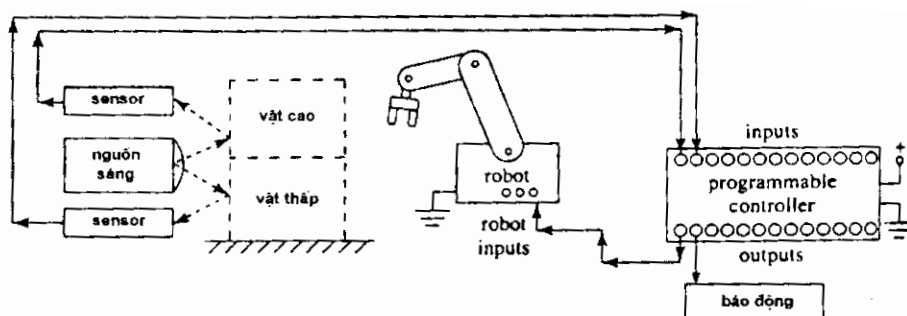
Các *sensor* thông dụng kiểu này có đường kính khoảng 10 cm, cao khoảng 5 cm; có giới hạn đo lực ($50 \div 500$) N và momen ($5 \div 70$) Nm; độ phân giải đo lực khoảng 0,1% và momen 0,05% giá trị cực đại; tốc độ lấy mẫu của mạch xử lý khoảng 1 Hz.

Chú ý rằng giá trị lực và momen đo được là các giá trị tại khung đo, không phải tại vật (hình 6.11). Muốn xác định được giá trị lực và momen tại vật, cần tiến hành các phép chuyển đổi tọa độ như đã trình bày trong các chương trước.

6.3.2.4. Thiết bị quan sát (Visual System)

Thiết bị quan sát là một loại *sensor* đặc biệt, có khả năng nhận biết và xử lý hình ảnh của đối tượng. Thiết bị quan sát được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp nói chung, song ứng dụng trong robot là ứng dụng đặc trưng nhất. Mặt khác, xử lý ảnh là một trong những lĩnh vực phát triển mạnh nhất của công nghệ thông tin hiện đại, nên thiết bị quan sát trên robot gắn liền với máy tính.

Trên hình 6.12 là một hệ thống quan sát đơn giản của robot, để nhận biết 2 vật: một vật cao và một vật thấp. Hệ thống có một nguồn sáng và 2 *sensor* thu ánh sáng. Nếu có vật cao trước nguồn sáng thì cả 2 *sensor* đều nhận được ánh sáng phản xạ. Nếu chỉ có vật thấp thì chỉ riêng *sensor* thấp nhận được. Nếu không có vật nào thì không *sensor* nào nhận được tín hiệu. "Hình ảnh" của đối tượng chỉ gồm có 2 điểm ảnh (trong kỹ thuật xử lý ảnh, điểm ảnh được gọi là pixel).

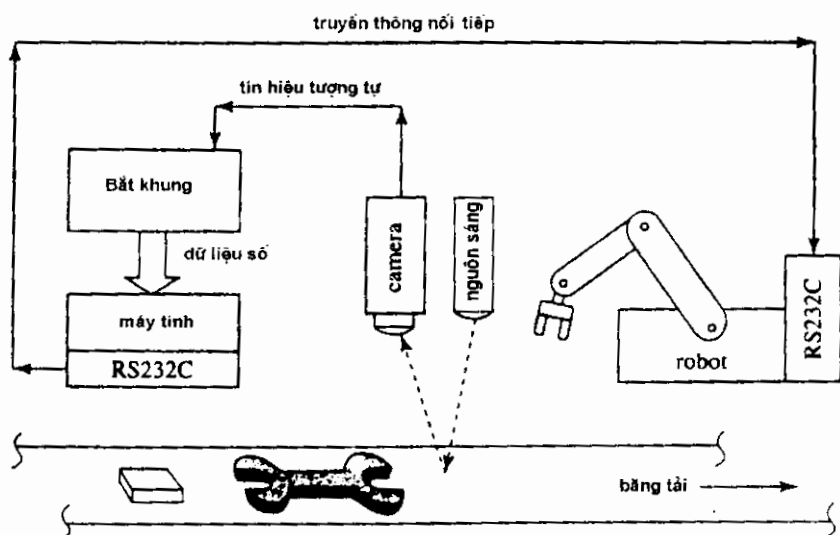


Hình 6.12: Hệ thống quan sát 2 pixel

Tín hiệu về đối tượng, tuy chỉ có 2 pixel nhưng cũng cần bộ phân tích, ví dụ một PLC. Nó sẽ được lập trình để:

- Báo hiệu cho robot nếu có vật cao trước mặt. Vì vậy robot chỉ phải phản ứng khi gặp vật cao.
- Nổi hiệu lệnh cho người nếu chỉ có vật thấp trước mặt. Như vậy, người chỉ phải phản ứng nếu gặp vật thấp.

Gọi hệ thống trên là "thiết bị quan sát" có thể là hơi lạm dụng từ này và hệ thống như vậy có lẽ không tồn tại trên thực tế, nhưng nó cho một hình dung ban đầu về thiết bị quan sát.



Hình 6.13: Hệ thống nhận dạng chi tiết

Thiết bị quan sát thật sự (hình 6.13) cũng có các bộ phận cơ bản như hệ thống ví dụ ở trên. Đó là hệ thống đơn giản để nhận dạng chi tiết. Nó có khả năng phân biệt các chi tiết trong trường quan sát của mình.

Hệ thống nhận dạng nói trên gồm có:

- **Nguồn sáng**, tia sáng do nó phát ra sẽ bị phản xạ bởi vật và được thu bởi...

- **Camera**, biến đổi quang năng thành điện năng, cung cấp cho...

- **Bộ thu ảnh** (*Framegrabber*), gồm mạch điện tử và phần mềm để phân tích tín hiệu thành các pixel và biểu diễn chúng dưới dạng mã nhị phân. Sơ đồ phân bố các điểm ảnh gọi là bitmap. Sơ đồ này sẽ được chuyển tới...

- **Máy tính** để lưu trữ và xử lý tiếp. Máy tính sẽ so sánh sơ đồ điểm ảnh của vật với sơ đồ điểm ảnh chuẩn (gọi là template) trong thư viện để xem vật thuộc loại nào. Máy tính sẽ chỉ cho robot biết chi tiết nó đang nhìn thấy là chi tiết nào, thông qua...

- **Giao diện đầu ra**. Nó chuyển tín hiệu từ hệ thống nhận dạng cho bộ điều khiển robot. Ví dụ, một mã "H" (nếu chi tiết là hộp), mã "C" (nếu chi tiết là cờ lê) sẽ được truyền theo giao diện chuẩn RS 232.

Thiết bị nhận dạng càng chính xác nếu số điểm ảnh trên một đơn vị diện tích ảnh (nghĩa là độ phân giải) càng lớn. Đơn vị chuẩn của độ phân giải là *dpi* (*dots per inch*). Màn hình máy tính có độ phân giải cỡ *100 dpi*, còn máy in laser thường có độ phân giải cao hơn (cỡ *300 dpi* trở lên). Độ phân giải của ảnh càng lớn thì tốc độ xử lý và dung lượng bộ nhớ của máy tính càng phải cao. Khả năng nhận dạng chính xác của thiết bị quan sát cần cho những trường hợp sau:

- Phân biệt các chi tiết khá giống nhau,
- Phân biệt sản phẩm tốt và phế phẩm,
- Sử dụng màu sắc để nhận dạng đối tượng,
- Đo kích thước của chi tiết,
- Nhận biết vật cản để tránh va chạm,
- Nhận biết khoảng cách và hướng của chi tiết,
- Nhận biết tốc độ và hướng chuyển động của đối tượng,

- Nhận biết đối tượng 3 chiều.

Các thiết bị nhận dạng mục tiêu của máy bay ném bom, nhận dạng đường cho các ô tô tự lái,... là những ví dụ về các thiết bị quan sát hiện đại.

6.4. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Các phần trên đã trình bày về hệ thống cơ khí (xương cốt) và hệ thần kinh ngoại vi. Muốn điều khiển được robot cần một hệ thống thần kinh trung ương, tức là não bộ. Đó là hệ thống điều khiển.

6.4.1. Kiến trúc chức năng

Hệ thống điều khiển robot cần có các khả năng sau:

- Điều khiển chuyển động của các cơ cấu cơ khí (*manipulation ability*);

- Thu nhận thông tin về trạng thái của hệ thống và về môi trường công tác (*sensory ability*);

- Phân tích thông tin và phản ứng trước điều kiện thực tế trong phạm vi xác định (*intelligent behavior ability*);

- Lưu trữ, xử lý và cung cấp thông tin về hệ thống (*data processing ability*).

Muốn vậy, bộ điều khiển cần có các khối (modul) cơ bản:

- Modul cảm biến thu nhận, biến đổi, hiệu chỉnh, tổng hợp thông tin về trạng thái của hệ thống và về môi trường.

- Modul tổng hợp, thiết lập mô hình tổng hợp về hệ thống và môi trường trên cơ sở thông tin do modul cảm biến cung cấp.

- Modul ra quyết định, đưa ra phương thức hành động. Từ chiến lược hành động, lập kế hoạch, điều khiển hoạt động của cơ cấu để thực hiện nhiệm vụ theo tình huống cụ thể.

Các modul trên tự động liên kết với nhau theo nhiệm vụ, được quy định trong chương trình, có tính đến khả năng thích ứng của hệ thống trong tình huống cụ thể. Tuy vậy, vẫn cần có giao diện với người vận hành để khi cần con người có thể kiểm tra, giám sát, can thiệp vào hệ thống.

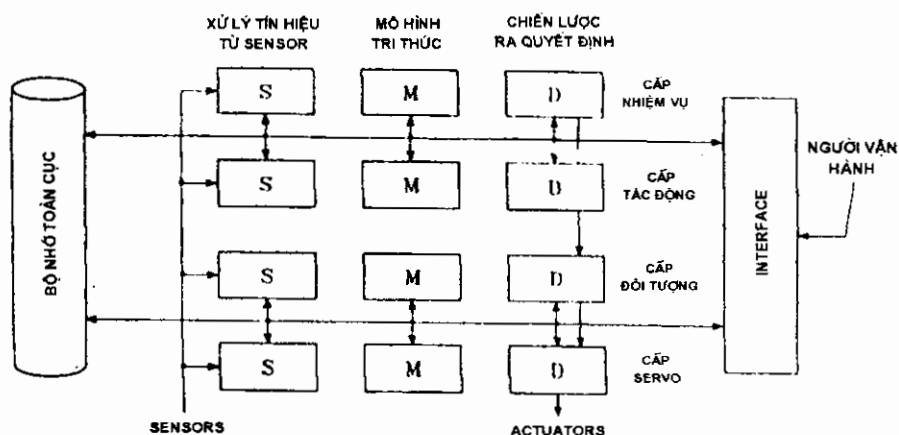
Tính đến cường độ trao đổi thông tin giữa các modul với nhau và giữa hệ thống với người vận hành, cần có bộ nhớ chung để lưu trữ các thông tin ban đầu và thông tin cập nhật của hệ thống và môi trường.

Cấu trúc chức năng trên được phân cấp theo thứ bậc. *Cấu trúc bậc thấp* liên quan đến các dịch chuyển vật lý. *Cấu trúc bậc cao* gắn với chức năng phân tích logic. Các bậc liên hệ với nhau thông qua dòng dữ liệu. Sơ đồ trên hình 6.14 cho phép nhìn nhận tổng quan về cấu trúc chức năng và cấu trúc thứ bậc của hệ điều khiển robot.

Tuỳ theo yêu cầu đối với hoạt động của robot, các chức năng được phân cấp với mức độ khác nhau. Nói chung, có thể phân thành 4 cấp chính:

- Cấp nhiệm vụ (*task level*), giải quyết các vấn đề chung về nhiệm vụ. So sánh yêu cầu đặt ra với khả năng chấp nhận của hệ thống, tình trạng hiện tại của hệ thống và môi trường,...

- Cấp chiến lược (*action level*), giải quyết phương thức hành động chung, ví dụ hệ toạ độ, vị trí của phần công tác, các điểm phải đi qua, hàm nội suy sẽ sử dụng,...

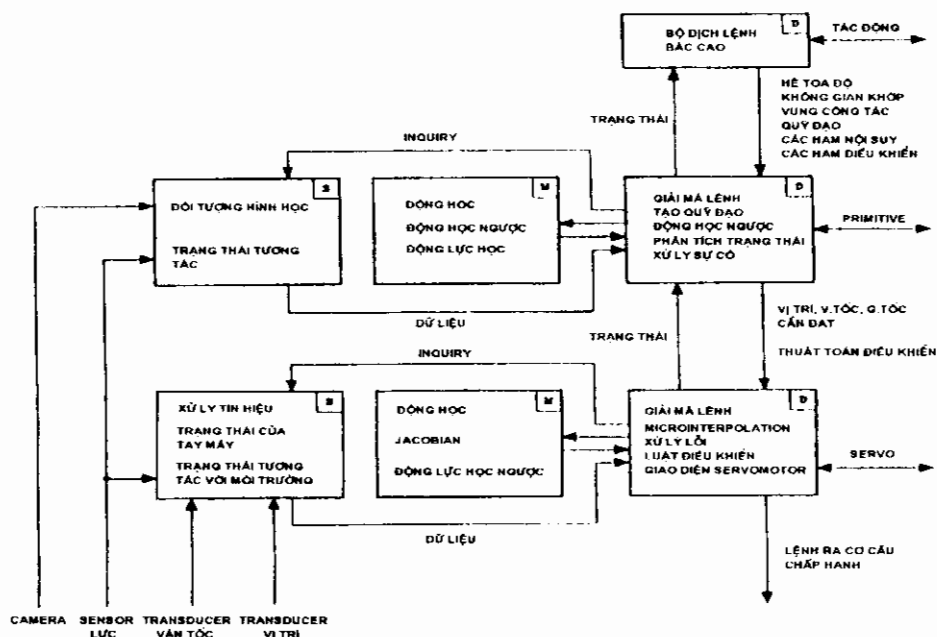


Hình 6. 14: Cấu trúc chức năng và thứ bậc của hệ điều khiển robot

- Cấp kế hoạch (*primitive level*), thiết lập quỹ đạo, tính toán động học và động học ngược, phân tích tình trạng hệ chấp hành,...

- Cấp thừa hành (*servo level*), liên quan đến các hoạt động cụ thể, như giải mã lệnh, nội suy, xử lý lỗi, giao diện với cơ cấu chấp hành.

Sơ đồ trong hình 6.15 cho phép hình dung chi tiết về sự phân cấp điều khiển. Trên thực tế, không phải hệ điều khiển robot nào cũng có đầy đủ các cấp điều khiển nói trên. Hầu hết các RBCN không có cấp nhiệm vụ. Ngược lại, một số loại robot, như robot dùng trong vũ trụ, trong quân sự, trong y học,.... có nhiều cấp điều khiển hơn.



Hình 6. 15: Phân cấp điều khiển robot

6.4.2. Môi trường lập trình

Đặc điểm quan trọng của robot là làm việc theo chương trình và tái lập trình được. Chương trình là phương tiện để người sử dụng truyền đạt cho robot các nhiệm vụ mà nó phải thực hiện và hướng dẫn cho robot làm việc đó thế nào. Vì vậy robot cần có một môi trường lập trình với ngôn ngữ lập trình nhất định. Môi trường lập trình, ngoài hệ thống lệnh và hàm như các ngôn ngữ lập trình khác, còn phải có khả năng giám sát quá trình làm việc của robot và có phản ứng thích hợp. Nói cách khác, dù hệ thống được thiết kế chính xác và tỷ mỉ đến đâu thì cũng không lường hết được mọi yếu tố bất trắc. Chương trình phải cho phép robot phản ứng hợp lý trong mỗi tình huống. Nói tóm lại, môi trường lập trình robot cần có các yếu tố sau:

- Hệ thống điều hành trong thời gian thực.
- Mô hình hoá không gian công tác.
- Điều khiển chuyển động.
- Đọc và xử lý thông tin từ hệ thống *sensor*.

- Giao diện với hệ thống vật lý.
- Phát hiện và xử lý lỗi.
- Phục hồi các chức năng làm việc đúng.
- Cấu trúc ngôn ngữ xác định.

Như vậy, môi trường lập trình bắt nguồn từ cấu trúc hệ điều khiển, nghĩa là có kết cấu chức năng và thứ bậc.

Sự phát triển của môi trường lập trình phụ thuộc vào khoa học máy tính. Theo định hướng chức năng có thể nhận thấy 3 thế hệ của môi trường lập trình: lập trình kiểu làm mẫu (*teach-in programming*), lập trình định hướng robot (*robot oriented programming*), lập trình định hướng đối tượng (*object oriented programming*). Thế hệ sau thường bao cả chức năng của các thế hệ trước.

6.4.2.1. Lập trình kiểu làm mẫu

Đây là phương pháp lập trình đơn giản nhất. Người vận hành dùng một thiết bị đặc biệt, gọi là *teach pendant* hay trực tiếp dẫn dắt tay máy thực hiện các thao tác. Mọi thao tác sẽ được ghi nhớ để sau đó tay máy có thể lặp lại. Dù ngày nay ngôn ngữ lập trình đã phát triển, phương pháp lập trình này hiện vẫn còn được sử dụng, ví dụ cho người mới học lập trình hoặc để lập trình các thao tác phức tạp, khó diễn đạt trực tiếp bằng ngôn ngữ lập trình bậc cao.

6.4.2.2. Lập trình định hướng robot

Phương pháp này phát triển trên cơ sở kỹ thuật máy tính hiện đại. Đặc điểm cơ bản của nó là dùng ngôn ngữ lập trình bậc cao, có cấu trúc để mô tả các thao tác. Các yếu tố chính của môi trường gồm:

- Bộ soạn thảo chương trình dưới dạng text editor.
- Cấu trúc biểu thị dữ liệu phức tạp.
- Sử dụng các biến trạng thái.
- Thực hiện các phép toán ma trận.
- Sử dụng ký hiệu để biểu diễn hệ tọa độ.
- Có khả năng chuyển đổi hệ tọa độ vật trên các khâu, khớp của tay máy.
- Dùng kỹ thuật chương trình con, thủ tục, vòng lặp.
- Có khả năng tính toán song song.

- Các chức năng điều khiển logic khả trình (PLC).

Sử dụng môi trường lập trình định hướng robot có thể tạo ra các giao diện với các thiết bị khác trong hệ thống sản xuất. Mặt khác, không nhất thiết phải lập trình trực tiếp trên thiết bị mà trên một trạm lập trình độc lập (*offline programming*). Một công cụ lập trình rất có hiệu quả là CAD/CAM, cho phép mô tả hệ thống và môi trường làm việc dưới dạng đồ họa.

6.4.2.3. Lập trình định hướng đối tượng

Lập trình hướng đối tượng cho phép thâm nhập vào cấp điều khiển cao nhất: mô hình hoá môi trường làm việc của robot như trong hệ thống sản xuất thực. Trong hệ thống đó robot chỉ là một trong những thiết bị, làm việc đồng bộ với các thiết bị khác. Đối tượng lập trình và mô tả là nhiệm vụ sản xuất của cả hệ thống chứ không phải chỉ riêng robot. Môi trường lập trình này dần dần mang các đặc tính của hệ chuyên gia và trí tuệ nhân tạo.

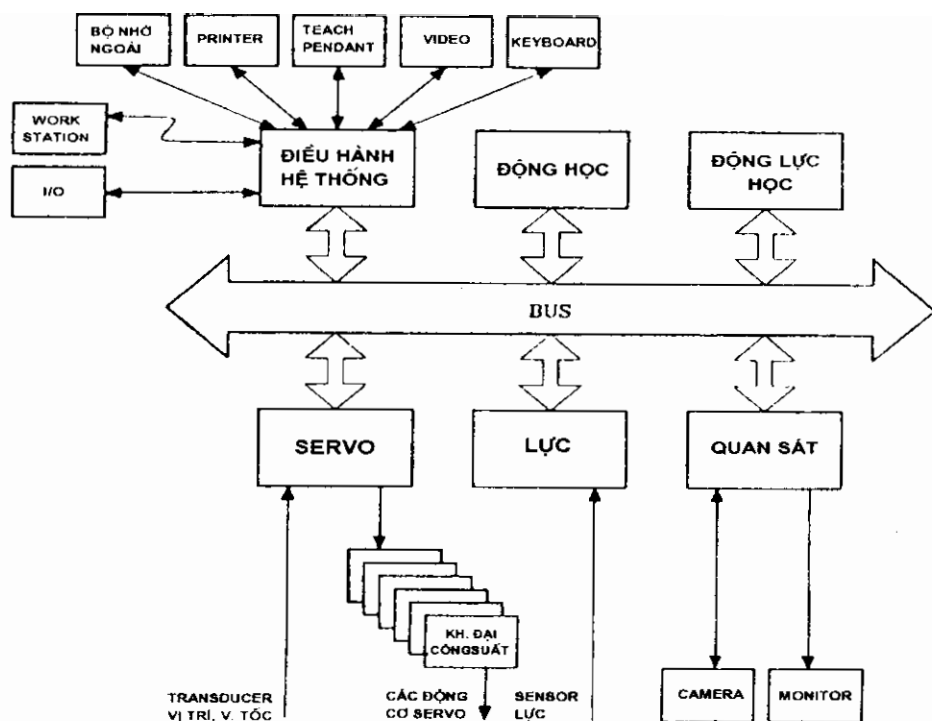
6.4.3. Cấu trúc phần cứng

Thống nhất với cấu trúc chung của hệ thống điều khiển, phần cứng cũng có cấu trúc chức năng theo thứ bậc. Sơ đồ cấu trúc phần cứng như trong hình 6.16.

Trong hệ thống này, từng chức năng được hình thành nhờ bảng mạch riêng. Các bảng mạch được liên kết với nhau qua đường truyền (BUS) dữ liệu. Độ rộng của BUS phải đủ cho các phép xử lý thời gian thực.

Bảng mạch (Board) hệ thống, thực chất là CPU, gồm:

- Một bộ vi xử lý với bộ đồng xử lý toán học,
- Một EPROM cho cấu hình hệ thống,
- Một RAM riêng (local),
- Một RAM chia sẻ với các bảng mạch khác thông qua BUS,
- Một số cổng nối tiếp và song song để ghép với BUS hoặc các thiết bị bên ngoài.
- Các bộ đếm, thanh ghi và đồng hồ.
- Hệ thống ngắt.



Hình 6. 16: Sơ đồ cấu trúc phần cứng của hệ điều khiển RBCN

Board hệ thống thực hiện các chức năng sau:

- Giao diện với teach pendant, bàn phím, video, máy in,
- Giao diện với bộ nhớ ngoài (ổ cứng) để lưu dữ liệu và chương trình,
- Giao diện với các trạm hoặc hệ điều khiển khác trong mạng cục bộ (LAN),
- Giao diện vào ra (I/O) với các thiết bị ngoại vi, như băng tải, nâng hạ, đo lường, ON/OFF sensor,
- Bộ dịch chương trình,
- Bộ điều khiển BUS.

Board động học thực hiện các chức năng:

- Tính toán động học của cấu trúc,
- Giải các bài toán thuận, nghịch, *Jacobian* của động học tay máy,
- Test quỹ đạo,
- Giải quyết vấn đề liên kết động học thừa.

Board động lực học giải bài toán ngược của động lực học tay máy.

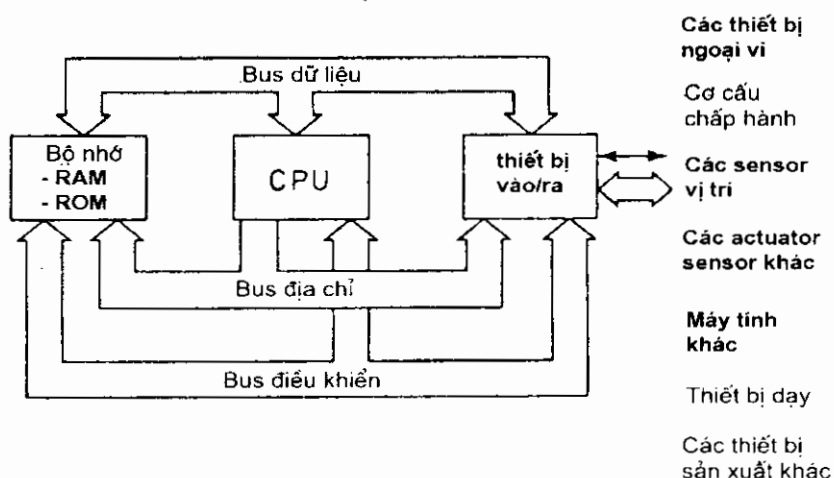
Servo board có các chức năng:

- Nội suy quỹ đạo,
- Thực hiện các thuật toán điều khiển,
- Chuyển đổi số - tương tự và giao diện với các bộ khuếch đại công suất,
- Xử lý các thông tin về vị trí và vận tốc,
- Ngắt chuyển động khi có sự cố.

Các board khác có các chức năng xử lý thông tin từ các *sensor* tương ứng.

Mặc dù các board đều truyền dữ liệu qua BUS, tốc độ trao đổi dữ liệu của chúng không cần giống nhau. Các thông tin hệ thống cung cấp cho *servo board* cần cập nhật nhanh nhất có thể được, nên tốc độ trao đổi của chúng rất cao ($100 \div 1000$) Hz. Board động học và động lực học chỉ thực hiện các phép tính, không trực tiếp tham gia điều khiển hệ thống nên trao đổi thông tin ở tần số thấp hơn ($10 \div 100$) Hz. *Vision board* còn trao đổi dữ liệu với tần số thấp hơn nữa ($1 \div 10$) Hz. Việc các board trao đổi dữ liệu với tốc độ khác nhau giúp phòng ngừa tình trạng nghẽn kênh dữ liệu.

Sự phát triển của kỹ thuật điều khiển robot không thể tách rời sự phát triển của công nghệ thông tin. Bản thân bộ điều khiển robot là một máy tính chuyên dùng (hình 6.17), bên cạnh những nguyên tắc chung, có những đặc điểm riêng trong cấu tạo và hoạt động.



Hình 6. 17: Bộ điều khiển robot có cấu trúc như một máy tính

6.4.3.1. Bộ xử lý trung tâm

Máy tính đã gây nên sự phát triển đáng kể của kỹ thuật điều khiển robot. Các bộ vi xử lý (VXL) 8 bit, như Motorola 6800 hoặc Zilog Z-80 đã từng được sử dụng phổ biến trong điều khiển robot. Ngày nay, phần lớn robot đã dùng VXL 16 bit, với co-processor để tăng khả năng tính toán. Thông dụng nhất là các bộ VXL Intel 8086, 8088. Ngoài tăng đáng kể tốc độ xử lý, chúng còn có khả năng mở rộng bộ nhớ địa chỉ, cho phép điều khiển tốt hơn vận tốc và gia tốc của phần công tác và mở rộng tiện ích lập trình. Một số robot hiện đại đã dùng bộ VXL 32 bit. Chúng rất thích hợp với kiểu điều khiển quỹ đạo liên tục.

6.4.3.2. Bộ nhớ

Trên hình 6.18 là sơ đồ cấu trúc bộ nhớ của bộ điều khiển robot.

Địa chỉ	Nội dung bộ nhớ	Loại bộ nhớ
\$FFFFF	Chương trình quản lý vào / ra (trao đổi dữ liệu với thiết bị vào / ra)	ROM
	Chương trình điều khiển servo (xác định vị trí, vận tốc, momen của phần chấp hành)	
	Chương trình quản lý chuyển động (cung cấp setpoints cho các chương trình điều khiển, tọa độ cho các trục để điều khiển theo quỹ đạo liên tục)	
	Chương trình điều hành hệ thống (dịch và thi hành các lệnh của người dùng)	
	Các chương trình ứng dụng (dịch và thi hành chương trình của người dùng)	
	Các chương trình của người dùng	RAM
	Quỹ đạo được "dạy" theo kiểu Teach - in	
	Giá trị các biến hiện thời	
	Các thông số điều khiển được thiết đặt	
		
	Dành riêng cho computer	
\$00000	Thiết bị vào / ra (dùng cho một số máy tính như bộ nhớ)	Phân cứng

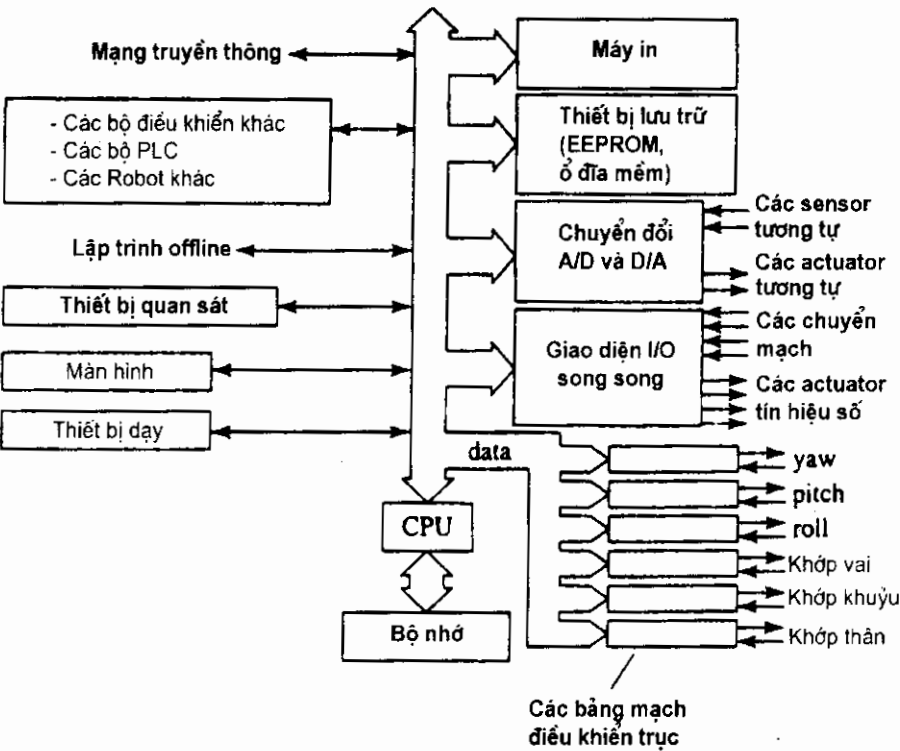
Hình 6. 18: Sơ đồ tổ chức bộ nhớ của robot

Bộ điều khiển robot sử dụng nhiều loại chương trình. Tùy theo tầm quan trọng, được phép thay đổi đến mức nào, chương trình điều hành hệ thống do nhà sản xuất cung cấp hay chương trình của người dùng,... mà các chương trình được lưu trữ trong ROM hay RAM.

6.4.3.3. Thiết bị vào/ra

Thiết bị vào/ra của robot (xem hình 6.19) phục vụ cho nhiệm vụ điều khiển, nghĩa là giao diện giữa máy tính với các hệ thống thiết bị trong robot và các thiết bị bên ngoài:

- **Thiết bị điều khiển các trục**, điều khiển nguồn động lực cung cấp cho các trục để thi hành các nhiệm vụ của robot. Máy tính điều khiển hệ thống chấp hành thông qua các thiết bị này. Chúng có thể là các servo driver, inverter,... Chúng có thể bao gồm cả bộ chuyển đổi số - tương tự, cho phép máy tính điều khiển động cơ một chiều. Nếu dùng hệ điều khiển servo thì cần thu nhận tín hiệu từ các *sensor*.



Hình 6. 19: Sơ đồ thiết bị vào / ra của robot

- **Thiết bị dạy (Teach Pendants)** có trên hầu hết robot. Loại đơn giản chỉ cho phép nhớ các tọa độ mà robot được dẫn qua để sau đó lặp lại. Loại phức tạp hơn có thể có các phím điều khiển chức năng, như chuyển động các trục, mở và đóng kẹp,... và các lệnh xử lý chương trình, như ghi, đọc, chạy chương trình,...

- **Các thiết bị ngoại vi**, như máy in, thiết bị lưu trữ ngoài, màn hình,...

- **Giao diện với hệ thống sensor**, có thể là số hay tương tự tùy theo loại *sensor* và thiết bị xử lý.

- **Giao diện với các hệ điều khiển khác**, như PLC, máy CNC, robot và các thiết bị sản xuất khác,...

- **Mạng truyền thông** cục bộ hay diện rộng.

Chương 7

SỬ DỤNG ROBOT CÔNG NGHIỆP

7.1. CÁC LĨNH VỰC ỨNG DỤNG ĐIỂN HÌNH CỦA RBCN

Robot được sử dụng trong mọi lĩnh vực: sản xuất, quốc phòng, nghiên cứu khoa học, dân sinh,... trong đó, công nghiệp là nơi sử dụng robot một cách phổ biến nhất. Trong công nghiệp, cùng với các thiết bị công nghệ và các thiết bị nâng chuyển, robot cũng đã được thống nhất hoá cao về kết cấu và ứng dụng. Xu hướng ứng dụng RBCN nhằm vào một số trường hợp chính như sau:

- Công việc buồn tẻ, đơn điệu, hoặc làm việc liên tục cả ngày đêm, ví dụ vận chuyển, xếp dỡ hàng hoá, phục vụ máy công cụ, lắp ráp, đo lường, bao gói sản phẩm,...

- Công việc nặng nhọc;

- Công việc gây nguy hiểm cho con người;

- Làm việc trong các môi trường không lợi cho sức khoẻ của con người, như nóng, độc, phóng xạ, dưới nước sâu, trong lòng đất, ngoài khoảng không vũ trụ,...

Tuy robot được sử dụng rộng rãi như vậy nhưng tài liệu này chủ yếu đi sâu vào lĩnh vực ứng dụng rộng rãi nhất của RBCN, là ngành chế tạo máy.

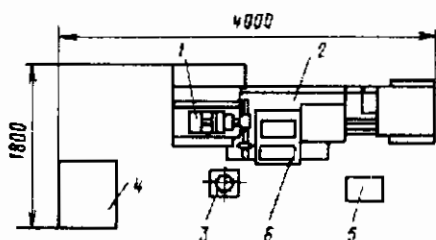
7.2. CÁC HỆ THỐNG SẢN XUẤT CÓ SỬ DỤNG RBCN

Ngày nay người ta đã dùng tính từ *robot hoá* để chỉ các hệ thống sản xuất có sử dụng RBCN. Căn cứ vào hình thái tổ chức sản xuất, người ta phân biệt 4 dạng robot hoá hệ thống sản xuất.

7.2.1. Robot hoá các thiết bị công nghệ

Đây là dạng ứng dụng đơn giản nhất của RBCN, trong đó thiết bị công nghệ được phục vụ bởi một hay các robot (hoặc được trang bị cơ cấu phục vụ dạng robot) để tự động hoá các công việc phục vụ. Trong gia công cắt gọt, các công việc thường được phục vụ bởi robot là vận chuyển phôi và sản phẩm, đưa phôi vào thiết bị gá kẹp và tháo sản phẩm sau gia công (thay phôi), đảo phôi trong khi gia công, xếp sản phẩm vào giá, đo sản phẩm trên máy hoặc đưa sản phẩm lên thiết bị đo, làm sạch đồ gá hoặc bề mặt chi tiết, thay dụng cụ,... Trong sản xuất đúc, robot thường được giao

nhiệm vụ lắp, dỡ khuôn, rót vật liệu, làm sạch vật đúc,... Trong gia công áp lực, robot có thể đảm nhận việc đưa phôi vào vùng gia công và lấy sản phẩm, đảo phôi khi rèn. Có những trường hợp, như khi hàn, sơn,... robot đồng thời là thiết bị công nghệ, nghĩa là nó trực tiếp điều khiển mỏ hàn hay đầu phun sơn để hoàn thành nguyên công công nghệ.

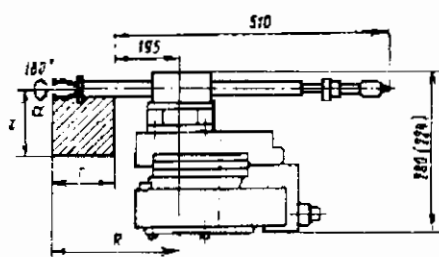


(a)

Hình 7.1:

a- Sơ đồ máy công cụ có lắp robot
kiểu PHTM-01.01.

b- Sơ đồ cấu trúc và vùng công tác
của robot kiểu PHTM-01.01.



(b)

Trên hình 7.1 (a) là sơ đồ một tổ hợp gồm máy tiện ren vít điều khiển số 2, kiểu 1И1611МФ3, được lắp robot 1, kiểu PHTM-01.01. Phễu rung 3 để định hướng phôi trước khi đưa vào máy. Robot nhặt phôi đã được định hướng từ phễu 3. Chi tiết sau gia công được robot lấy khỏi mâm cặp và đặt lên khay 6.

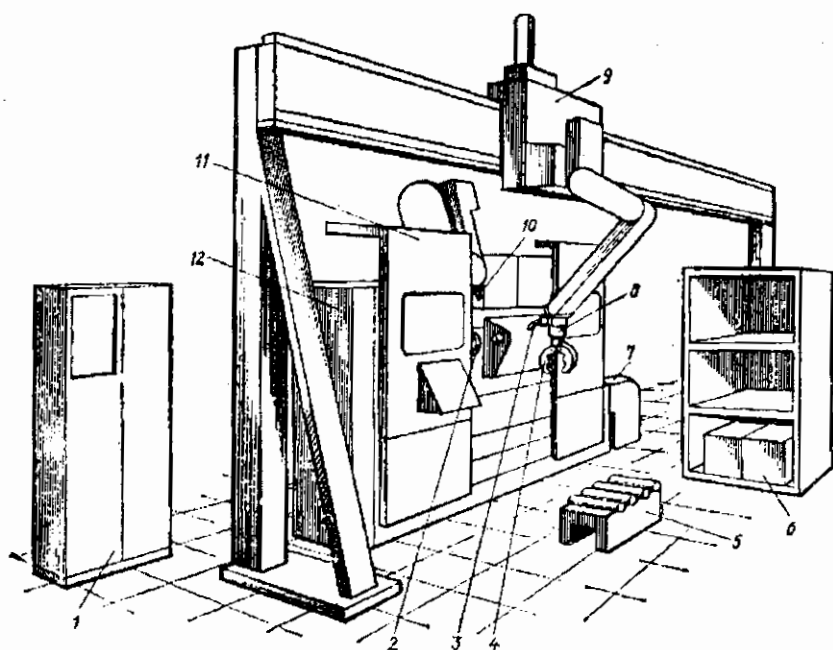
Tổ hợp này dùng để gia công các chi tiết tròn xoay, dùng phôi rời có đường kính 6÷50 mm, dài 10÷50 mm, khối lượng dưới 0,1 kg. Thời gian gia công một chi tiết từ 0,15 đến 0,5 ph. Năng suất gia công tăng 150% so với không dùng robot.

Trên hình 7.1 (b) là sơ đồ của robot PHTM-01.01. Nó được thiết kế để phục vụ các máy gia công cắt gọt, máy dập nguội và lắp ráp đơn giản. Các tính năng kỹ thuật chính của nó trong bảng 7.1.

Bảng 7.1: Tính năng kỹ thuật của robot PHTM-01.01

Tên thông số	Giá trị	Tên thông số	Giá trị
Sức nâng (kg)	0,1	Tầm vươn lớn nhất (mm)	345
Số bậc tự do	5	Di chuyển thẳng x/r/z (mm)	50/150/50
Kiểu truyền động	khí nén	Vận tốc thẳng theo x/r/z (m/s)	0,17/0,6/0,17
Kiểu điều khiển	chu trình	Di chuyển góc φ/α ($^{\circ}$)	220/90
Số tọa độ lập trình	4	Vận tốc góc theo φ/α ($^{\circ}/s$)	6,2/1,53
Sai số định vị (mm)	$\pm 0,1$	Khối lượng (kg)	30

Trên hình 7. 2 là sơ đồ không gian của tổ hợp máy - robot để gia công cơ khí. Đó là một thiết bị vạn năng hẹp, có khả năng thay đổi cấu hình để thích ứng với sự thay đổi trong một phạm vi hẹp kích thước và hình dạng chi tiết.

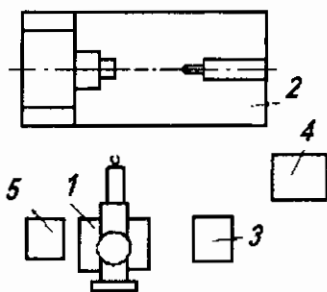
*Hình 7. 2: Sơ đồ không gian của tổ hợp máy - robot*

Ví dụ về máy công cụ được một robot độc lập phục vụ ở trên hình 7.3 (a). Tổ hợp dùng máy tiện CNC kiểu A616Φ3. Robot kiểu БРИГ-10Б có nhiệm vụ lấy phôi từ giá 3, cấp cho máy tiện và lấy chi tiết gia công xong khỏi máy, chất vào giá 5. Tổ hợp có thể gia công các chi tiết dạng đĩa,

đường kính đến 100 mm, dài đến 200 mm, hoặc chi tiết dạng trục, đường kính đến 80 mm, dài đến 600 mm. Robot kiểu БРИГ-10 trên hình 7.3 (b) được thiết kế để phục vụ các máy tiện bán tự động kiểu 1A730, 1A240П-6, máy phay ren 5K63, máy tiện CNC kiểu АТ ПР-2М12. Nó có tính năng cơ bản như trong bảng 7.2.

Bảng 7. 2: Tính năng kỹ thuật của robot БРИГ-10

Tên thông số	Giá trị	Tên thông số	Giá trị
Sức nâng (kg)	10	Tầm vươn lớn nhất (mm)	1260
Số bậc tự do	5	Chuyển vị dài y/r/z (mm)	200/600/100
Kiểu truyền động	khí nén	Vận tốc dài theo x/r/z (m/s)	0,3/0,6/0,3
Kiểu điều khiển	chu trình	Chuyển vị góc φ/α (°)	210/180
Số tọa độ lập trình	4	Vận tốc góc theo φ/α (°/s)	1,53/1,53
Sai số định vị (mm)	$\pm 0,3$	Khối lượng (kg)	300

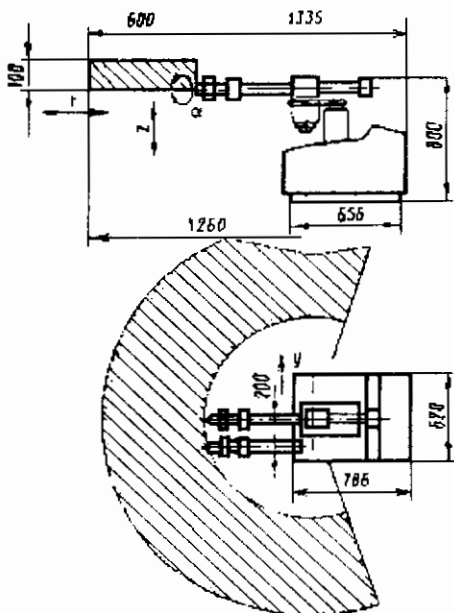


(a)

Hình 7. 3

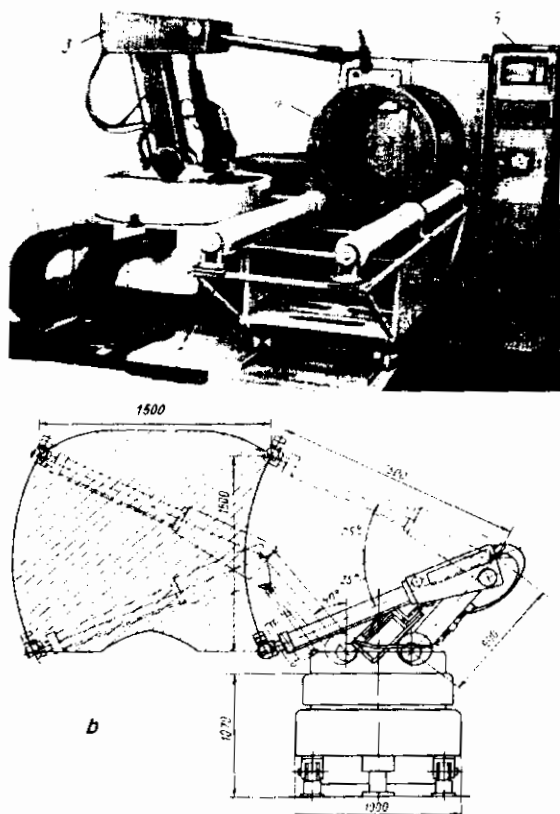
a- Sơ đồ máy công cụ được phục vụ bởi robot độc lập.

b- Robot БРИГ-10.



(b)

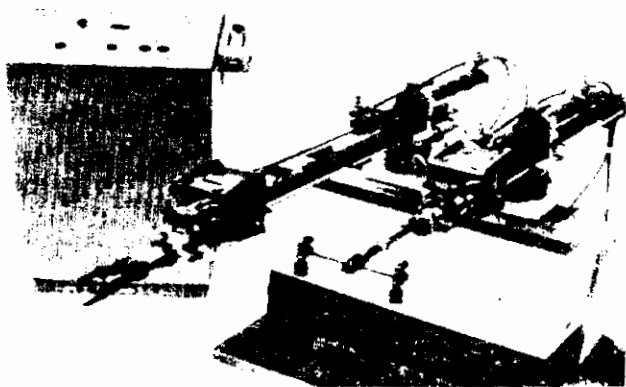
Trên hình 7.4 là robot phun sơn kiểu ППК-20. Nó mang đầu phun sơn và có đồ gá để xoay vật cần sơn.



Hình 7. 4: Robot phun sơn kiểu ППК-20

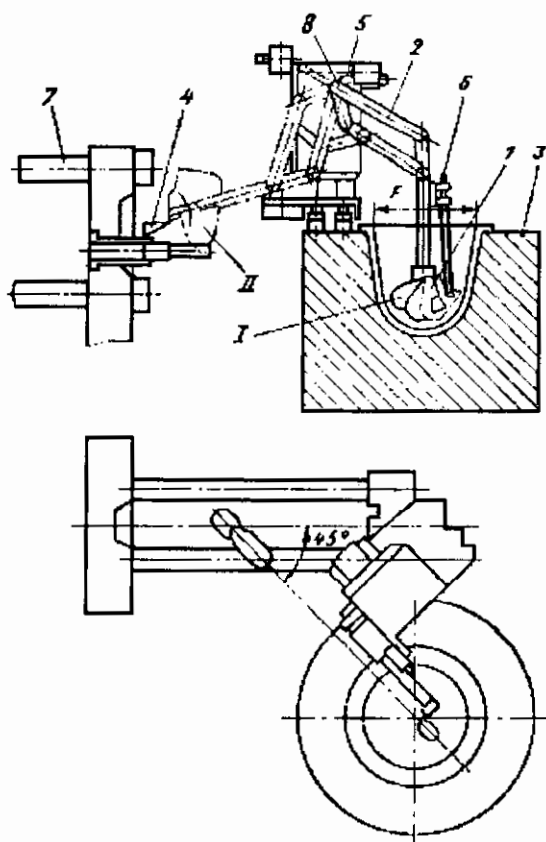
Trên hình 7.5 là robot kiểu РИТМ-05-01, phục vụ máy dập tấm. Nó có 2 cánh tay: một tay mang kim gắp, tay kia mang 2 buồng hút chân không.

Hình 7. 5:
Robot kiểu
РИТМ-05-01
phục vụ máy
dập tấm



Trong sản xuất đúc, robot thường được dùng để thay thế con người trong các công việc nặng nhọc, độc hại (như nóng, bụi, ồn).

Trên hình 7.6 là sơ đồ robot của hãng Toshiba, làm công việc rót vật liệu ở thiết bị đúc dưới áp lực. Phần công tác của robot là thìa 1, được kẹp trên cánh tay 2. Cánh tay là cơ cấu hình bình hành. Tại vị trí I, thìa múc kim loại nóng chảy trong lò. Lượng kim loại được điều chỉnh nhờ một cơ cấu quay đặc biệt 6, tùy theo góc quay của nó. Xi lanh thuỷ lực 5 làm quay cánh tay 2 quanh trục 8 để chuyển thìa về phía phễu 4 (vị trí II). Kim loại được rót qua phễu vào buồng áp lực của máy đúc.

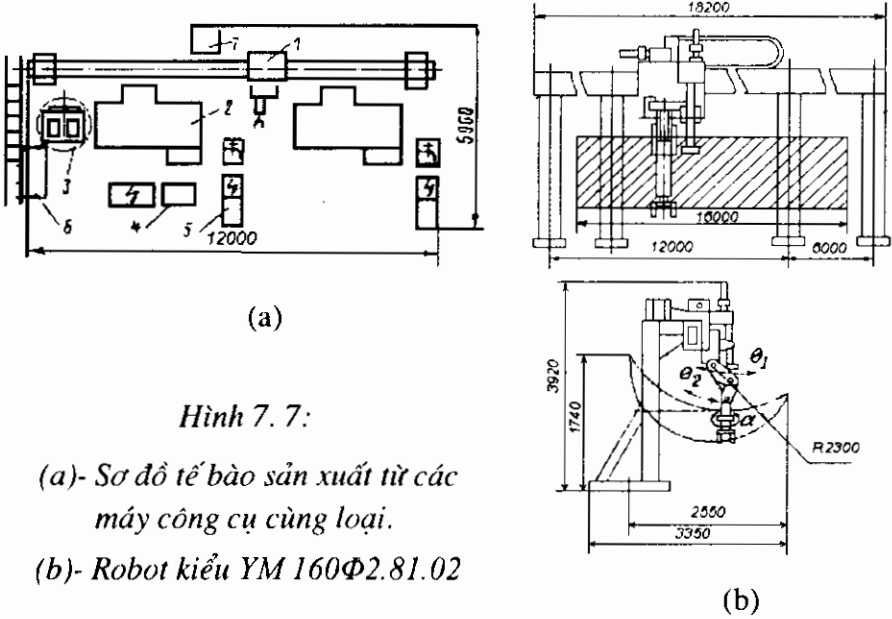


Hình 7. 6: Sơ đồ robot phục vụ thiết bị đúc áp lực

7.2.2. Robot hoá các tế bào sản xuất

Tế bào sản xuất (*manufacturing cell*) là tổ hợp, gồm (các) thiết bị công nghệ, (các) robot và các thiết bị phục vụ khác, để hoàn thành một nhiệm vụ sản xuất độc lập. Các thiết bị phục vụ có thể là thiết bị xếp dỡ, định hướng,... Mỗi tế bào sản xuất có thể hoạt động độc lập hoặc liên kết với các thiết bị hay tế bào sản xuất khác để hình thành một hệ thống sản xuất (*manufacturing system*). Tế bào sản xuất có robot phục vụ được gọi là *tế bào sản xuất robot hoá*. Một tế bào sản xuất tự động hoá được điều khiển bởi một bộ điều khiển chung (*cell controller*).

Trên hình 7.7 (a) là sơ đồ một tế bào sản xuất robot hoá để tiện chi tiết khối lượng đến 40 kg. Nó gồm hai máy tiện CNC cùng kiểu 16K30Φ3, được phục vụ bởi robot kiểu YM160Φ2.81.02. Nó có sơ đồ như trên hình 7.7 (b). Chu trình hoạt động của tế bào như sau: Robot nhặt phôi trên bàn quay 3, đặt vào mâm cặp của máy tiện thứ nhất để gia công một đầu. Sau đó, chuyển phôi đó sang máy tiện kia để gia công đầu còn lại. Cuối cùng, chuyển chi tiết vào bàn quay. Bàn quay 180°, chuyển chi tiết về phía giá chi tiết.



Hình 7. 7:

- (a)- Sơ đồ tế bào sản xuất từ các máy công cụ cùng loại.
- (b)- Robot kiểu YM 160Φ2.81.02

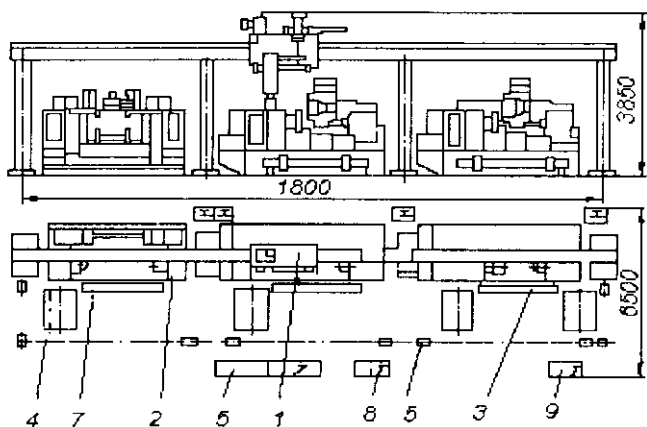
YM 160Φ2.81.02 là robot kiểu cổng, dùng để phục vụ đồng thời các máy cắt kim loại. Tính năng kỹ thuật cơ bản của nó như trong bảng 7.3.

Bảng 7. 3: Tính năng kỹ thuật của robot YM 160Φ2.81.02

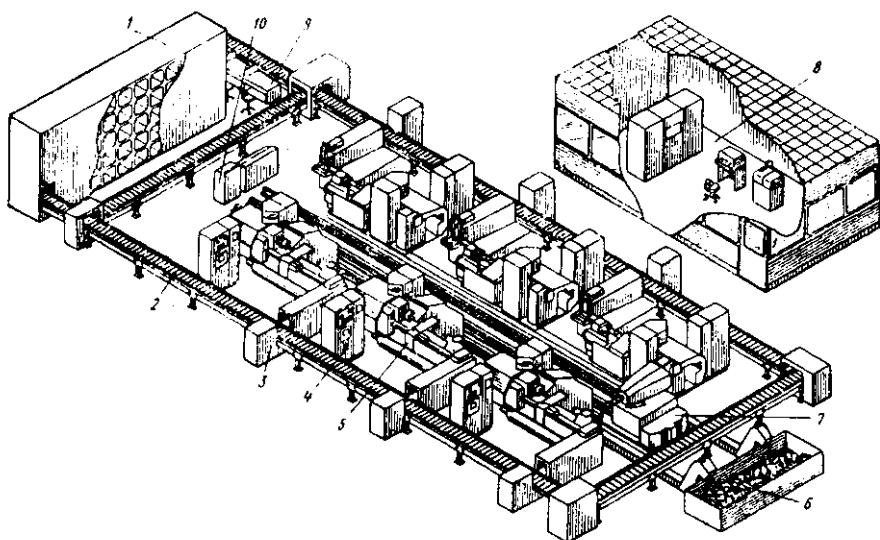
Tên thông số	Giá trị	Tên thông số	Giá trị
Sức nâng (kg)	160	Tầm vươn lớn nhất (mm)	2300
Số bậc tự do	4	Chuyển vị dài (mm)	16000
Truyền động	Khí nén	Vận tốc dài (m/s)	1,2
Kiểu điều khiển	YTIM-331	Chuyển vị góc $\theta_1/\theta_2/\alpha$ (°)	90/90/90-180
Số tọa độ lập trình	4	Vận tốc góc theo $\theta_1/\theta_2/\alpha$ (°/s)	0,51/0,51/0,25
Sai số định vị (mm)	±0,5	Khối lượng (kg)	6500

Trên hình 7.8 là sơ đồ tế bào sản xuất để gia công tiện - phay các chi tiết dạng trục có khối lượng đến 160 kg. Nó gồm có máy phay - khoan tâm kiểu MP-179, máy tiện điều khiển số 1B732Φ3, được phục vụ bởi robot kiểu YM 160Φ2.81.02. Robot 1 có nhiệm vụ cấp phôi cho các máy phay 2, máy tiện 3 và chuyển chi tiết vào các giá đựng 4.

Hình 7.8: Tế bào sản xuất gồm các máy công cụ khác loại



Trên hình 7.9 là sơ đồ toàn cảnh một tổ hợp sản xuất tự động, gồm 6 máy tiện điều khiển theo chương trình số, được phục vụ bởi robot Kawasaki Unimate-5030.



Hình 7.9: Sơ đồ toàn cảnh của tổ hợp sản xuất tự động

Tổ hợp gồm có kho chứa tự động 1; băng tải con lăn 2 để vận chuyển phôi và chi tiết; thiết bị vận chuyển phôi từ băng tải đến từng máy công cụ 3; các máy công cụ 5 với tủ điều khiển 4; băng tải chuyển phôi và thùng đựng 6; robot 7; phòng điều khiển trung tâm nhờ máy tính 8; bàn kiểm tra (KCS) 9 và trạm quan sát 10.

7.2.3. Robot hoá hệ thống sản xuất

Khác với tế bào sản xuất, nhiệm vụ của hệ thống sản xuất là hoàn thành một hay một số sản phẩm hoàn chỉnh. Vì vậy, một hệ thống sản xuất được tổ hợp từ các tế bào sản xuất và các thiết bị công nghệ, thiết bị phục vụ đơn lẻ. Về tổ chức, người ta phân biệt 2 dạng hệ thống sản xuất: *dây chuyền sản xuất và công đoạn sản xuất*.

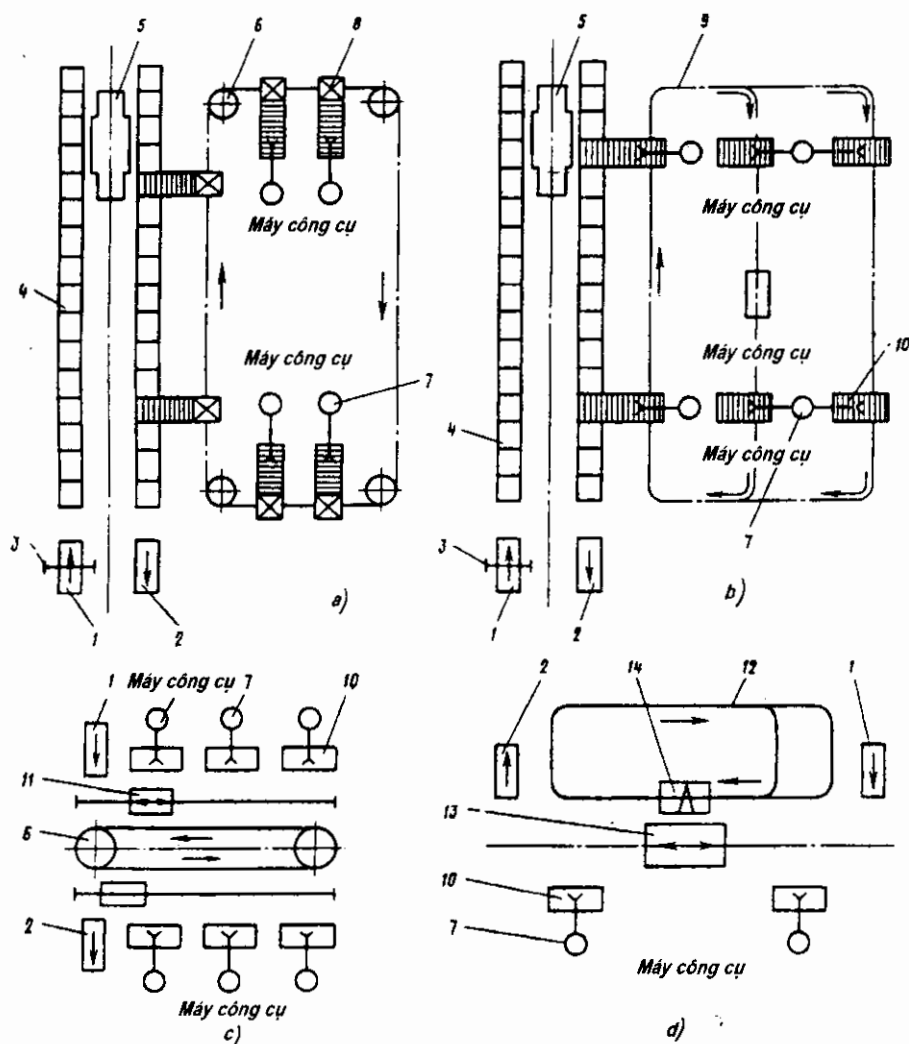
Dây chuyền sản xuất robot hoá là tổ hợp các tế bào sản xuất robot hoá, được liên kết với nhau bằng các thiết bị vận chuyển hoặc gồm một số thiết bị công nghệ, được phục vụ bởi một hay một số robot và các thiết bị vận chuyển,... để hoàn thành các nguyên công công nghệ gia công sản phẩm. Dây chuyền được tổ chức một cách chặt chẽ. Về mặt không gian và thời gian, các thiết bị công nghệ được sắp xếp theo *trình tự công nghệ*. Về mặt thời gian, *nhịp* sản xuất ở từng nguyên công (nghĩa là thời gian hoàn thành nguyên công tại mỗi thiết bị) phải bằng nhau hoặc bằng bội số của nhau để đảm bảo nhịp chung của dây chuyền. Đối với sản xuất dây chuyền, phương tiện vận chuyển không chỉ có nhiệm vụ vận chuyển đơn thuần mà còn duy trì nhịp sản xuất. Chúng được bố trí theo khuôn dạng của dây chuyền và tuân theo các nguyên tắc nhất định. Trên hình 7.10 là một sơ đồ bố trí phương tiện vận chuyển trên dây chuyền sản xuất robot hoá. Sự phối hợp một cách đồng bộ giữa các thiết bị trên dây chuyền được đảm bảo bởi một hệ điều khiển chung (*global controller*).

Thiết bị trên dây chuyền gồm: thiết bị xếp dỡ 1, 2; thiết bị kiểm tra kích thước của phôi 3; các giá đựng 4; cầu trục xếp dỡ 5; băng tải 6; robot 7; thiết bị vận chuyển có bàn nâng hạ 8; đường vận chuyển một ray 9; thiết bị vận chuyển độc lập 10; tay máy treo 11.

Công đoạn sản xuất robot hoá không đòi hỏi phải tổ chức các thiết bị công nghệ một cách khắt khe về không gian và thời gian.

7.2.4. Robot trong sản xuất linh hoạt

Sản xuất linh hoạt xuất hiện và phổ biến vào khoảng thập kỷ 80. Nó là kết quả của sự phát triển của máy công cụ điều khiển số, RBCN, kỹ thuật điều khiển tự động nhờ máy tính,... Một hệ thống sản xuất linh hoạt (*Flexible Manufacturing System - FMS*) trước hết phải là hệ thống sản xuất tự động hoá khả trình (*Programmable Automation System*), được robot hoá.



Hình 7. 10: Một số dạng sơ đồ bố trí dây chuyền sản xuất robot hoá

Điểm mấu chốt nhất để phân biệt *FMS* với hệ thống sản xuất cứng (*Fixed Manufacturing System*) là ở chỗ *FMS* có khả năng thích ứng với sự thay đổi đối tượng sản xuất mà *không cần sự can thiệp của con người*. Sự tích hợp hệ thống thiết bị *phản ứng* (hệ thống sản xuất linh hoạt, mạng truyền thông, hệ máy tính và thiết bị ngoại vi) và *phần mềm* (hệ điều hành, hệ CSDL, các phần mềm chức năng), cho phép thực hiện tự động và trọn vẹn mọi giai đoạn của quá trình sản xuất (từ thiết kế, chuẩn bị công nghệ, điều khiển sản xuất, giám sát chất lượng, bao gói, thống kê,...) hình thành hệ thống sản xuất tích hợp nhờ máy tính (*Computer Integrated Manufacturing - CIM*).

Theo ГОСТ 26228-85, *FMS* được định nghĩa như sau:

Hệ thống sản xuất linh hoạt là tổ hợp giữa hệ thống *công nghệ* (các máy điều khiển số, các tổ hợp sản xuất robot hoá, các tế bào sản xuất linh hoạt, các thiết bị công nghệ đơn lẻ,...) và hệ thống đảm bảo các *chức năng* làm việc tự động của hệ thống, có khả năng tự điều chỉnh để thích ứng với sự thay đổi bất kỳ đối tượng sản xuất trong danh mục.

Hệ thống đảm bảo chức năng gồm có các hệ thống tự động hoá *thiết kế* sản phẩm, chuẩn bị *công nghệ*, *vận chuyển* đối tượng, đảm bảo *dụng cụ*, giám sát *chất lượng*, thu và chuyển *phoi*, điều khiển.

Một *FMS* có thể là một dây chuyền linh sản xuất hoạt, một công đoạn sản xuất linh hoạt, một phân xưởng sản xuất linh hoạt. Nó cũng được hình thành từ các tế bào sản xuất linh hoạt (*Fixed Manufacturing Cell - FMC*).

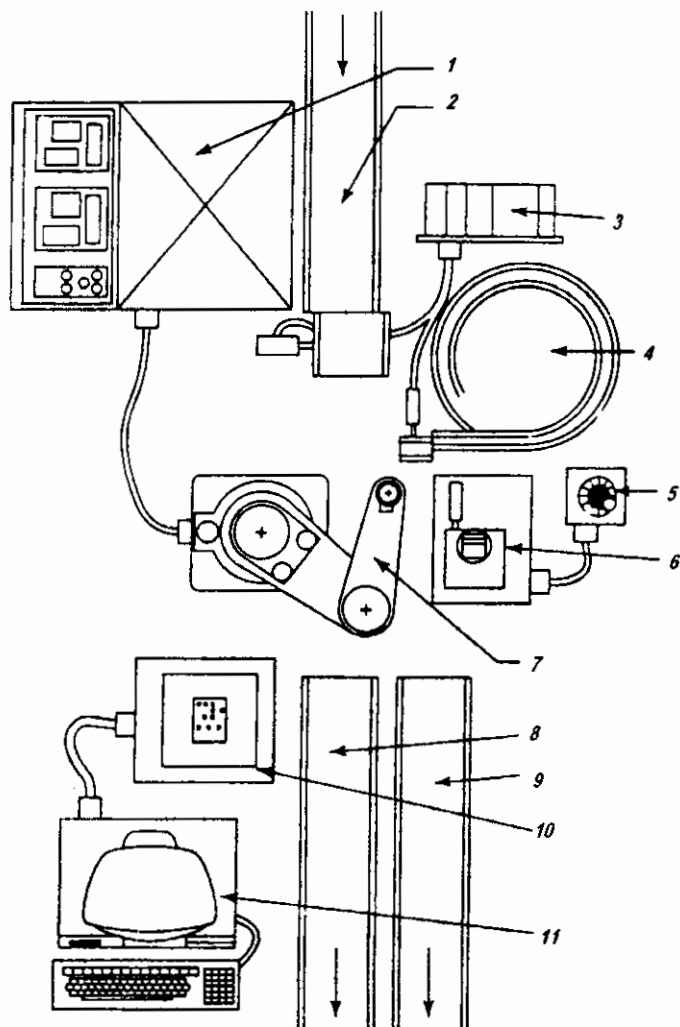
Ví dụ sau sẽ giúp bạn đọc so sánh giữa một tổ hợp sản xuất robot hoá thông thường và một tổ hợp sản xuất linh hoạt.

• 7.2.4.1. Tế bào sản xuất tự động hoá thông thường

Trên hình 7.11 là sơ đồ tế bào sản xuất tự động hoá để hàn đầu nối lên bảng mạch điện tử. Các thiết bị trong hệ thống gồm: 1- bộ điều khiển robot; 2- băng tải nạp bảng mạch; 3- bộ logic khả trình (PLC); 4- chảo quay; 5- bộ điều khiển nhiệt độ; 6- gá hàn; 7- robot; 8- băng tải cho sản phẩm "tốt"; 9- băng tải cho sản phẩm "hỏng"; 10- bàn kiểm tra; 11- máy tính (PC) có card giao diện và chương trình điều khiển thiết bị kiểm tra.

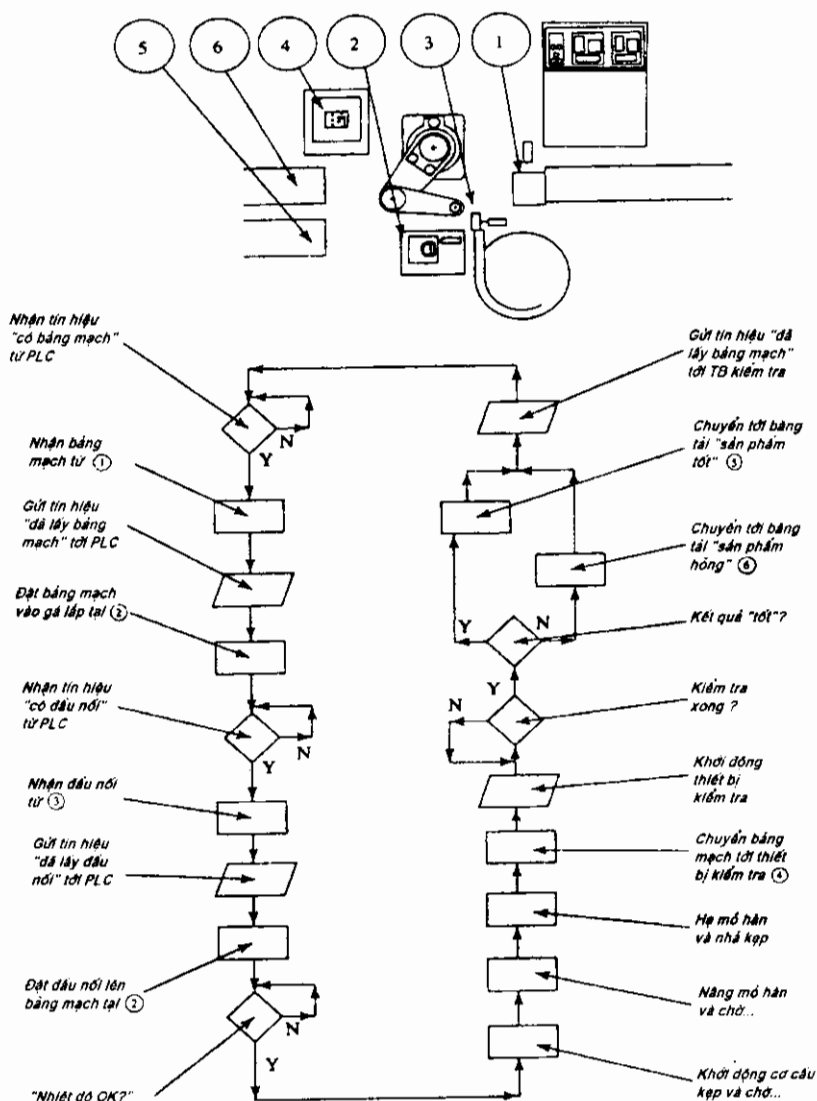
Quá trình làm việc của tế bào có 2 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Bảng mạch cơ sở được chuyển vào nhờ băng tải 2. Bảng gá đặt cuối băng tải, được điều khiển bởi PLC 3 định hướng bảng mạch để robot có thể nhặt được. Robot 7 chuyển bảng mạch từ băng tải lên bàn gá hàn 6. Các đầu nối được chứa trong chảo quay 4. Cũng nhờ sự điều khiển của PLC 3, các đầu nối được tách riêng và định hướng ở đầu ra của chảo. Robot 1 nhặt đầu nối, đặt vào đúng vị trí quy định trên bảng cơ sở đã đặt trước lên bàn gá hàn. Mở hàn thiếc, có bộ phận ổn nhiệt tự động, hàn chắc đầu nối vào bảng mạch.



Hình 7. 11: Sơ đồ tế bào sản xuất tự động hoá thông thường

Giai đoạn 2: (xem sơ đồ logic trên hình 7.12). Robot chuyển băng mạch đã được hàn đầu nối từ gá hàn 6 lên bàn của thiết bị thử 10. Quá trình thử được điều khiển bằng máy tính 11. Kết quả thử (tốt hay hỏng) được chuyển đến robot. Tùy theo kết quả nhận được, robot sẽ chuyển sản phẩm tới băng tải tương ứng. Trong trường hợp này, robot không chỉ làm nhiệm vụ vận chuyển mà còn giữ vai trò điều khiển trung tâm. Các bộ điều khiển khác không liên hệ trực tiếp với nhau mà qua bộ điều khiển của robot.



Hình 7. 12: Sơ đồ logic hoạt động của robot

Toàn bộ chu trình gồm 6 bước:

1. Robot chờ tín hiệu từ PLC, báo bảng mạch đã sẵn sàng trên bảng gá của băng tải. Nếu có tín hiệu thì robot nhấc bảng mạch lên, báo cho PLC biết và đặt bảng mạch lên gá hàn.

2. Lập lại công việc như bước 1, nhưng với đối tượng là đầu nối.

3. Nếu bộ điều khiển hàn KHÔNG báo hiệu "nhiệt độ OK" thì robot chờ cho mỏ hàn được đốt nóng. Nếu có tín hiệu "nhiệt độ OK" thì robot tác động lên cơ cấu kẹp của máy hàn. Nửa giây sau (chờ kẹp xong), robot tác động lên cơ cấu nâng cho mỏ hàn (có thiết) tiếp xúc với các chân của đầu nối. Chờ 5 giây cho quá trình hàn hoàn thành, robot điều khiển các cơ cấu hạ mỏ hàn, tháo kẹp, chuyển bảng mạch sang thiết bị thử.

4. Robot phát tín hiệu, báo cho thiết bị thử biết đã có bảng mạch và chờ kết quả.

5. Robot "đọc" kết quả thử. Nếu "ON" thì chuyển bảng mạch sang băng tải của sản phẩm tốt. Nếu "OFF" thì chuyển sang phía sản phẩm hỏng.

6. Robot báo cho thiết bị thử biết là bảng mạch đã được lấy đi.

• 7.2.4.2. Tế bào sản xuất linh hoạt

Để có thể nhận biết đối tượng gia công và tự quyết định giải pháp công nghệ tương ứng, so với tế bào tự động hóa thông thường vừa mô tả ở phần trên, FMC trên hình 7.13 có thêm các bộ phận sau: thiết bị đọc mã vạch 1 để nhận biết đối tượng gia công; bộ điều khiển chung 2 của tế bào để phối hợp các thiết bị; các chảo quay 4 chứa lẫn lộn tất cả các loại đầu nối. So với hệ TĐH thông thường, quá trình làm việc của nó có các đặc điểm sau:

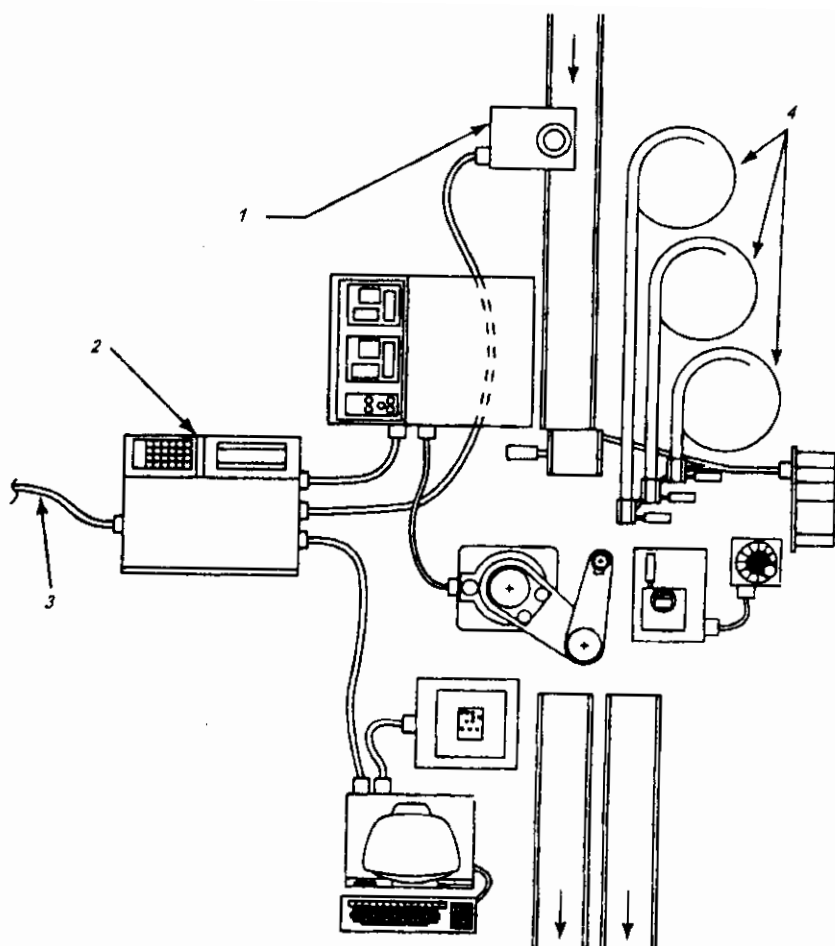
1. Tế bào có thể nhận một số bảng mạch khác nhau. Các bảng mạch được đưa vào từ băng tải một cách ngẫu nhiên. Thiết bị đọc mã vạch có nhiệm vụ "nhận dạng" loại bảng mạch. Nó sẽ báo cho bộ điều khiển trung tâm biết mã của bảng mạch. Bộ điều khiển trung tâm sẽ yêu cầu các bộ điều khiển khác thực hiện các chương trình tương ứng. Do đó...

2. Đầu nối được chọn chính xác từ chảo tương ứng để hàn,

3. Mỏ hàn được đưa đúng vị trí của đầu nối trên bảng mạch,

4. Máy tính điều khiển trạm thử theo đúng chương trình kiểm tra phù hợp từng bảng mạch.

Để FMC có thể nối ghép và làm việc trong FMS, bộ điều khiển tế bào cần được nối với bộ điều khiển hệ thống (gọi là *Plant Controller*). Khi đó, loại bảng mạch có thể do *plant controller* chỉ định nên không cần có thiết bị đọc mã vạch trên các tế bào nữa.



Hình 7. 13: Sơ đồ thiết bị trong tế bào sản xuất linh hoạt

7.3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KINH TẾ KHI SỬ DỤNG RBCN

7.3.1. Xác định nhu cầu sử dụng robot

Số lượng robot phục vụ cho một hệ thống sản xuất phụ thuộc số thiết bị công nghệ chính mà chúng phục vụ. Vì vậy, trước hết phải tính số lượng thiết bị công nghệ chính để hoàn thành nhiệm vụ sản xuất.

Số thiết bị kiểu r được tính theo công thức sau:

$$S_r = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ic,r} N_i}{60F_0} \quad (7.1)$$

trong đó:

$T_{ic,i}$ - thời gian để hoàn thành một sản phẩm thứ i trên nhóm thiết bị r (ph);

N_i - số lượng sản phẩm thứ i cần được hoàn thành trong 1 năm;

n - số loại sản phẩm được hoàn thành trên nhóm thiết bị kiểu r ;

F_0 - quỹ thời gian hoạt động của nhóm thiết bị thứ r trong 1 năm (giờ).

Khi tính số lượng robot phục vụ cho từng nhóm máy, cần tính đến khả năng phục vụ nhiều máy và một robot có thể phục vụ nhiều loại máy khác nhau. Điều kiện để một robot có thể phục vụ nhiều máy là sự tương tự về kết cấu, tính chất vật lý của các chi tiết để không phải thay thế thiết bị kẹp trong quá trình hoạt động. Mặt khác, thời gian từng chiếc không được quá nhỏ, ví dụ $T_{ic} \geq 3 \text{ ph}$. Với các điều kiện đó, số lượng robot cần thiết để phục vụ các nhóm thiết bị xác định là

$$R = \frac{S}{k_{nm}} \quad (7.2)$$

trong đó

S - số thiết bị công nghệ cần được phục vụ;

k_{nm} - hệ số phục vụ nhiều máy của robot, không nên chọn quá 4.

7.3.2. Tính toán hiệu quả kinh tế khi sử dụng RBCN

Hiệu quả kinh tế của việc trang bị robot được tính như mọi trường hợp đầu tư cơ bản.

Chỉ tiêu kinh tế quan trọng nhất là *hiệu quả kinh tế quy đổi*:

$$H = C_0 - C = (G_0 + \frac{K_0}{T_{ic}}) - (G + \frac{K}{T_{ic}}) \quad (7.3)$$

trong đó:

H - hiệu quả kinh tế hàng năm nhờ trang bị robot;

C, C_0 - chi phí quy đổi khi sử dụng và không sử dụng robot;

G, G_0 - tổng chi phí thường xuyên để sản xuất lượng sản phẩm hàng năm khi sử dụng và không sử dụng robot;

K, K_0 - đầu tư cơ bản khi sử dụng và không sử dụng robot;

T_{ic} - thời hạn thu hồi vốn tiêu chuẩn (năm).

Việc sử dụng robot chỉ có hiệu quả nếu $H > 0$.

Chỉ tiêu kinh tế thứ hai là *thời hạn thu hồi vốn đầu tư*. Việc xác định nó xuất phát từ điều kiện, tổng tiết kiệm do giảm chi phí sản xuất trong T năm phải lớn hơn hoặc bằng vốn đầu tư thêm do trang bị robot:

$$(G_0 - G)T \geq K - K_0$$

Từ đây ta rút ra điều kiện để trang bị robot là

$$T \leq T_{tc} = \frac{K - K_0}{G_0 - G}$$

Phụ lục

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH

Trong một số chương của tài liệu này có đề cập đến các hệ thống điều khiển của robot, trong đó chủ yếu là các hệ thống *điều khiển tuyến tính có phản hồi*. Để tạo thuận lợi cho bạn đọc khi nghiên cứu các chương trên chúng tôi sẽ nhắc lại một số vấn đề lý thuyết liên quan. Các nội dung sẽ được trình bày theo trình tự thiết lập hệ thống: từ mô tả (mô hình hoá) quá trình, đến lập sơ đồ và thiết lập hàm truyền, phép biến đổi Laplace, tác động điều khiển, cuối cùng là phân tích và đánh giá hệ thống.

PI. XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỆ THỐNG

Hầu hết các hiện tượng, quá trình thực được mô tả thông qua các đại lượng vật lý với đặc điểm chung là *tương tự* và *liên tục*. Mặc dù điều khiển số phát triển rất nhanh, trên phần lớn các thiết bị công nghiệp hiện nay vẫn dùng các hệ điều khiển trên cơ sở các đại lượng vật lý và chúng cũng mang tên là các hệ *điều khiển tương tự*. Hơn nữa, trong điều khiển số người ta cũng kế thừa nhiều khái niệm và luật của kỹ thuật điều khiển tương tự, chưa kể đến nhiều hệ thống lai giữa số và tương tự.

Các hệ điều khiển tuyến tính được mô tả bằng các phương trình vi phân bậc nhất. Ưu điểm cơ bản của các phương trình vi phân dạng tuyến tính là dễ giải hơn rất nhiều so với dạng phi tuyến, nên mặc dù rất ít các quá trình thực tế tuân theo quy luật tuyến tính, người ta vẫn cố gắng chuyển chúng về dạng tuyến tính, và vì vậy lý thuyết điều khiển tuyến tính được ứng dụng phổ biến.

Bước đầu tiên trong nghiên cứu quá trình là xây dựng mô hình toán học của nó, nghĩa là mô tả nó bằng các phương trình hoặc hệ phương trình, trong trường hợp này là các phương trình vi phân bậc nhất. Sau đây là hai ví dụ về mô hình vật lý đơn giản.

Có hệ thống thuỷ lực như trong hình P1, gồm:

- Bể chứa có tiết diện A không đổi và chiều cao mực nước h ;
- Vận tốc nước chảy vào bể là x_1 , chảy ra khỏi bể là x_2 (lít/ph);

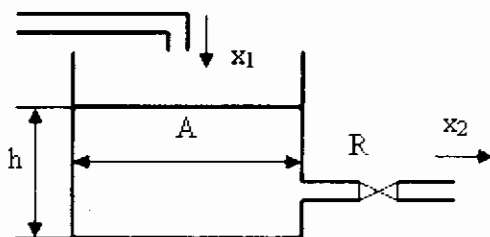
Quá trình cấp và xả nước được biểu diễn bởi phương trình vi phân sau:

$$x_1 - x_2 = A \frac{dh}{dt} \quad (P\ 1)$$

P1.1. Mô tả hệ thống thủy lực

Vận tốc nước chảy ra khỏi bể x_2 được hạn chế bằng van có sức cản R theo quan hệ:

$$R = \frac{h}{x_2} \text{ hay } x_2 = \frac{h}{R}$$

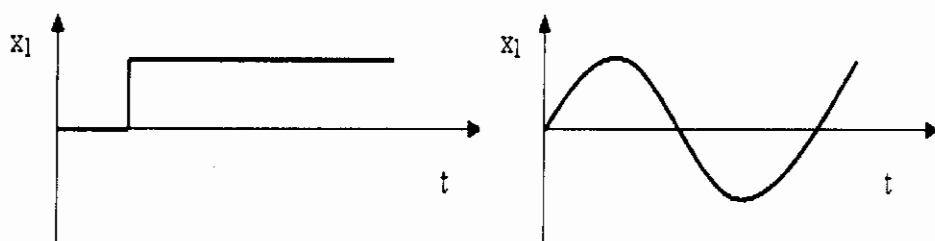


Hình P 1: Hệ thống thủy lực

Thay vào biểu thức (P 1), ta có

$$x_1 - \frac{h}{R} = A \frac{dh}{dt} \text{ hay } AR \frac{dh}{dt} + h = Rx_1 \quad (P 2)$$

(P 2) là phương trình vi phân bậc nhất với biến độc lập h , còn x_1 là tham số đầu vào với quy luật biến thiên có thể khác nhau, ví dụ dạng hằng số hoặc hình sin (hình -P2).



Hình P 2: Ví dụ về quy luật biến thiên theo thời gian của đại lượng vào x_1

Nghiệm tổng quát của phương trình trên có dạng

$$h = C_1 e^{-t/\tau} + RX_1 \quad (P 3)$$

trong đó, $\tau = AR$ được gọi là hằng số thời gian.

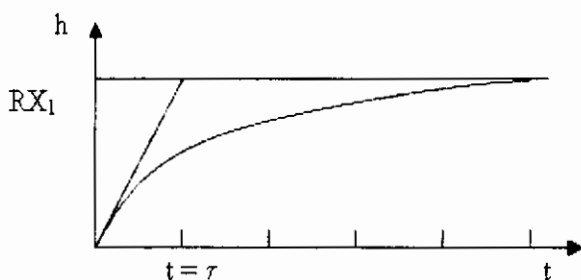
Vì tại thời điểm ban đầu $t = 0$ có $h = 0$, nên

$$0 = C_1(1) + RX_1 \rightarrow C_1 = -RX_1$$

và ta có nghiệm cuối cùng

$$h = RX_1(1 - e^{-t/\tau}) \quad (P 4)$$

Hằng số RX_1 xác định giá trị ổn định mà h đạt được sau thời gian đủ lớn. Hằng số thời gian τ càng lớn thì hệ thống càng lâu đạt tới trạng thái ổn định. Về mặt vật lý, chúng ta thấy bể càng rộng (A lớn) và sức cản của van càng cao (R lớn) thì τ càng lớn.



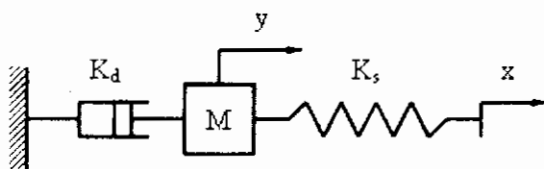
Hình P 3: Phản ứng của hệ thống khi đại lượng vào là hằng số

P1.2. Mô tả hệ thống dao động có lực cản

Trên hình P 4 là sơ đồ hệ dao động, gồm khối lượng tập trung M , lò xo có độ cứng K_s và giảm chấn có hệ số K_d . Nếu tác động một lực $K_s x$ vào đầu lò xo thì khối lượng M sẽ dao động với biên độ y . Phương trình vi phân mô tả dao động có dạng

$$M \frac{d^2 y}{dt^2} + K_d \frac{dy}{dt} + K_s y = K_s x \quad (P 5)$$

Trong phương trình trên, x là đại lượng vào, y là đại lượng ra biểu hiện phản ứng của hệ trước sự thay đổi của x .



Phương trình đặc trưng của (P 5) có dạng:

Hình P 4: Sơ đồ hệ dao động gồm khối lượng - lò xo - giảm chấn

$$Ms^2 + K_d s + K_s = 0$$

trong đó, s là toán tử vi phân.

Phương trình đặc trưng có 2 nghiệm là

$$s_{1,2} = \frac{-K_d}{2M} \pm \frac{\sqrt{K_d^2 - 4MK_s}}{2M} \quad (P 6)$$

Tùy theo các tham số M , K_d , K_s có thể xảy ra 4 trạng thái sau của hệ:

P1.2.1. Dao động không có cản

Nếu hệ không có giảm chấn (hay hệ số cản $K_d = 0$) thì phương trình đặc trưng trở thành

$$Ms^2 + K_s = 0$$

và có 2 nghiệm ảo là

$$s_{1,2} = \pm j\sqrt{\frac{K_s}{M}}$$

Nghiệm của phương trình vi phân (P 5) có dạng hàm tuần hoàn không tắt

$$y = C_1 \sin \omega_n t + C_2 \cos \omega_n t + X \quad (P 7)$$

với tần số dao động riêng $\omega_n = \sqrt{\frac{K_s}{M}}$ và được biểu diễn trong hình P 5, a.

P1.2.2. Dao động có cản với hệ số cản bé hơn hệ số cản giới hạn

Khi có phần tử giảm chấn, phương trình đặc trưng có nghiệm:

$$s_{1,2} = -a \pm j\omega_d$$

trong đó

$$a = \frac{K_d}{2M}; \quad \omega_d = \frac{\sqrt{4MK_s - K_d^2}}{2M}$$

Đại lượng ω_d là tần số dao động riêng của hệ có giảm chấn. Phương trình dao động có dạng:

$$y = e^{-at} (C_1 \sin \omega_d t + C_2 \cos \omega_d t) + X \quad (P 8)$$

Đó là phương trình dao động tắt dần, như biểu diễn trong hình P 5, b.

P1.2.3. Dao động có cản với hệ số cản bằng hệ số cản giới hạn

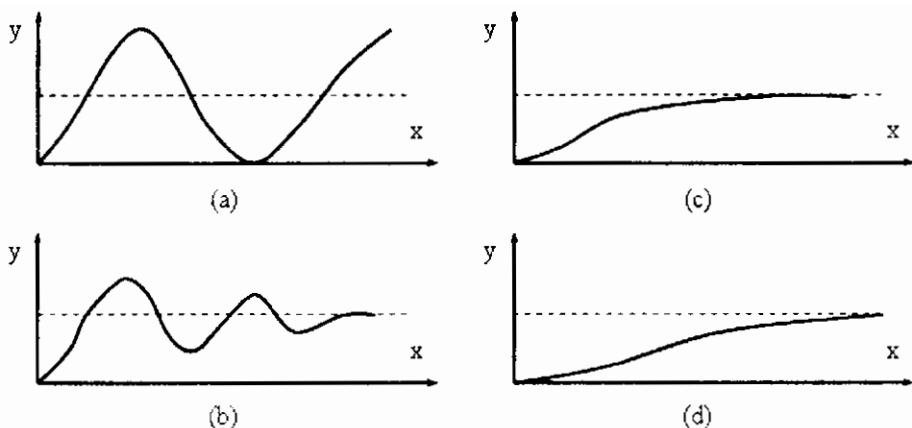
Đó là trường hợp đặc biệt của dao động có cản, khi $K_d^2 = 4MK_s$.

Phương trình đặc trưng có nghiệm kép:

$$s_{1,2} = \frac{-K_d}{2M} \pm 0$$

và nghiệm của phương trình vi phân có dạng

$$y = C_1 e^{-at} + C_2 t e^{-at} + X \quad (P 9)$$



Hình P 5: Các dạng phản ứng của hệ dao động a) không có cản, b) có cản, c) cản ở trạng thái tới hạn, d) cản quá giới hạn.

Đồ thị biểu diễn phản ứng của hệ thống có dạng như hình P5, c. Như thấy trong phương trình và trên đồ thị, hệ thống tiến đến trạng thái cân bằng mà không có dao động.

P1.2.4. Dao động có cản với hệ số cản lớn hơn hệ số cản giới hạn

Dạng phản ứng này xảy ra khi $K_d^2 > 4MK_s$, nghĩa là hệ số cản lớn hơn giá trị tới hạn. Phương trình đặc trưng có 2 nghiệm phức:

$$S_{1,2} = -a \pm b$$

trong đó

$$a = \frac{K_d}{2M}; b = \frac{\sqrt{K_d^2 - 4MK_s}}{2M}.$$

Nghiệm của phương trình vi phân có dạng

$$y = C_1 e^{(-a+b)t} + C_2 e^{(-a-b)t} + X \quad (P 10)$$

Đồ thị phản ứng có dạng tương tự như trong trường hợp cản tới hạn nhưng thời gian để hệ đạt đến trạng thái cân bằng dài hơn (xem hình P5, d).

Hai mô hình giới thiệu ở trên chỉ là các ví dụ đơn giản về hệ thống vật lý. Việc giải trực tiếp các phương trình vi phân chỉ có thể thực hiện được với các mô hình đơn giản như vậy. Các hệ thống công nghiệp thường được tổ hợp từ các hệ thống đơn giản hơn hoặc các phần tử, khâu. Để diễn tả và khảo sát các thông số của chúng cần phải sử dụng các công cụ

riêng. Phần sau đây giới thiệu công cụ truyền thống nhưng vẫn thông dụng để khảo sát các hệ điều khiển.

P2. HÀM TRUYỀN VÀ SƠ ĐỒ KHỐI

P2.1. Hàm truyền

Hàm truyền (của một hệ thống hoặc của một phần tử) được định nghĩa là tỷ số giữa thông số ra (*output*) và thông số vào (*input*)*.

Hàm truyền của một phần tử được xác định qua các bước sau:

1. Thiết lập phương trình vi phân (tuyến tính) mô tả phản ứng của hệ thống;

2. Viết phương trình vi phân dưới dạng hàm của *toán tử vi phân* s . Toán tử s còn được gọi là *biến Laplace*.

3. Hàm truyền là tỷ số giữa thông số ra và thông số vào với biến s .

Chúng ta sẽ áp dụng thủ tục trên vào 2 mô hình trong mục P1.

P2.1.1. Trường hợp hệ thống thủy lực

Ta viết lại phương trình (P 2) với chú ý rằng h là hàm của thời gian t

$$AR \frac{dh}{dt} + h = Rx_i$$

Chuyển phương trình sang dạng hàm Laplace:

$$ARsh(s) + h(s) = Rx_i(s) \rightarrow (ARs + 1)h(s) = Rx_i(s)$$

Vậy hàm truyền của hệ thống như sau

$$\frac{h(s)}{x_i(s)} = \frac{R}{ARs + 1} \quad (P 11)$$

P2.1.2. Trường hợp hệ thống dao động

Từ phương trình vi phân (P 5)

$$M \frac{d^2 y}{dt^2} + K_d \frac{dy}{dt} + K_s y = K_s x$$

Chuyển sang hàm Laplace

* Chính xác hơn, là tỷ số giữa Laplace của thông số ra với Laplace của thông số vào với điều kiện tất cả các điều kiện ban đầu bằng không.

$$Ms^2y(s) + K_dsy(s) + K_sy(s) = K_sx(s)$$

$$\rightarrow (Ms^2 + K_d s + K_s)y(s) = K_sx(s)$$

Cuối cùng, có hàm truyền

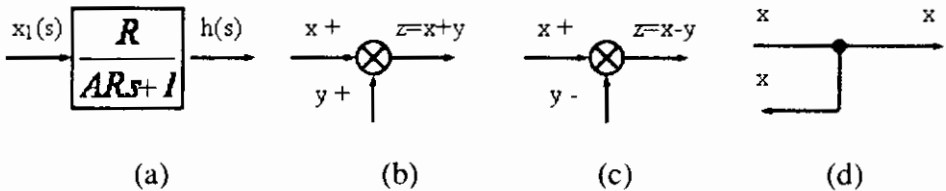
$$\frac{y(s)}{x(s)} = \frac{K_s}{Ms^2 + K_d s + K_s} \quad (P\ 12)$$

Việc xác định hàm truyền của hệ thống phức tạp hơn xác định hàm truyền của các phần tử đơn lẻ. Trước khi xác định hàm truyền của hệ thống, thường phải đưa sơ đồ khối về dạng tối giản nhờ các quy tắc *biến đổi tương đương sơ đồ khối* (Block Diagram Algebra), được trình bày dưới đây.

P2.2. Sơ đồ khối

P2.2.1. Kết cấu của sơ đồ khối

Sơ đồ khối là công cụ mô tả trực quan kết cấu của hệ thống (hình P 6). Nó gồm các phần tử cơ bản sau:

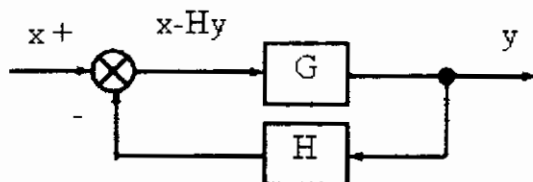


Hình P 6: Các phần tử cơ bản của sơ đồ khối

- Khối (block) thường là hình chữ nhật, trong có ghi hàm truyền để biểu diễn một phần tử của hệ thống.
- Các mũi tên chỉ hướng truyền của các đại lượng, đồng thời cũng thể hiện hướng diễn tiến của quá trình.
- Các khâu cộng biểu thị điểm cộng (trừ) các đại lượng. Nó cũng dùng làm khâu so sánh trong sơ đồ điều khiển có phản hồi.
- Các điểm rẽ nhánh biểu thị sự rẽ nhánh tín hiệu. Giá trị của đại lượng không thay đổi sau khi rẽ nhánh.

Từ các phần tử trên chúng ta có thể thiết lập các sơ đồ khối.

Trên hình P7 là ví dụ về một sơ đồ khối. Đó là hệ điều khiển có phản hồi với các thông số vào là x , ra là y . Hàm truyền trong nhánh chính (thuận) là G , nghĩa là:
 $y = Gx$



Hình P 7: Ví dụ về sơ đồ khối

Tại đầu ra có một điểm rẽ nhánh: một nhánh ra, còn một nhánh đưa về mạch phản hồi. Nhánh phản hồi lấy tín hiệu y , qua một khâu chuyển đổi (*Transducer*) có hàm truyền H . Khâu cộng, bây giờ là khâu so sánh, tạo ra tín hiệu điều khiển $x - Hy$ để điều khiển quá trình.

P2.2.2. Biến đổi tương đương sơ đồ khối

Phép biến đổi tương đương sơ đồ khối cho phép xác định hàm truyền của hệ thống phức tạp, vì vậy có thể thay thế cả hệ thống bằng một phân tử tương đương. Nó dựa trên nguyên tắc chung của các phép tính đại số truyền thống.

Với một hệ thống đơn giản, ví dụ như trong hình P 7, có thể xác định trực tiếp hàm truyền của nó như sau.

Tín hiệu điều khiển nhận được sau khâu cộng bằng $x - Hy$. Đối với mạch chính, ta có quan hệ

$$y = G(x - Hy) = Gx - GHy$$

$$y(1 + GH) = Gx$$

Từ đây nhận được hàm truyền

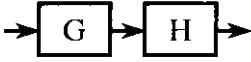
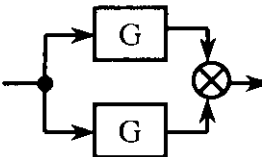
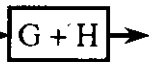
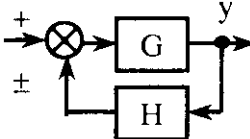
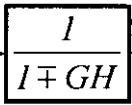
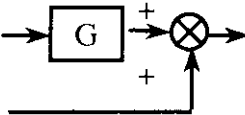
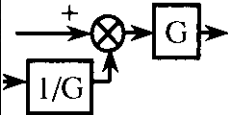
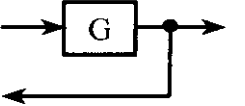
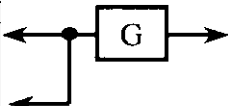
$$\frac{y}{x} = \frac{1}{1 + GH} \quad (P\ 13)$$

Đối với một sơ đồ phức tạp cần áp dụng các phép biến đổi tương đương. Có 5 phép biến đổi cơ bản như trong bảng P1.

Việc biến đổi một sơ đồ phức tạp thành sơ đồ đơn giản về cơ bản qua 4 bước sau:

1. Gộp nhóm các khối nối tiếp.
2. Gộp nhóm các khối song song.
3. Chuyển vòng điều khiển có phản hồi cơ bản thành một khối.
4. Chuyển các khâu cộng về phía trước, các điểm rẽ nhánh về phía sau.

Bảng P1: Các quy tắc biến đổi tương đương sơ đồ khối

Phương pháp biến đổi	Sơ đồ ban đầu	Kết quả	Giải thích
Gộp nhóm các khối nối tiếp			Hàm truyền tương đương bằng tích các hàm truyền
Gộp nhóm các khối song song			Hàm truyền tương đương bằng tổng các hàm truyền
Thay thế tương đương vòng điều khiển có phản hồi			
Chuyển khâu cộng về trước			
Chuyển điểm rẽ nhánh về sau			

P3. BIẾN ĐỔI LAPLACE

Phép biến đổi Laplace được áp dụng để chuyển các phương trình vi phân với biến t thành phương trình đại số với biến s . Nhờ vậy, thay vì phải giải các phương trình vi phân, chúng ta chỉ phải giải phương trình đại số.

Biến đổi Laplace của hàm $f(t)$ được định nghĩa như sau:

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \quad (P 14)$$

trong đó s là biến phức, dạng $s = a + jb$. $F(s)$ còn được gọi là hàm ảnh của nguyên hàm $f(t)$.

Để tránh việc tính các tích phân dạng (P14), người ta thường dùng bảng biến đổi Laplace của các hàm cơ bản, một số trong chúng được kê trong bảng P2.

Bảng P2: Biến đổi Laplace của một số hàm thông dụng

Hàm f(t)	Laplace F(s)	Hàm f(t)	Laplace F(s)
1	$\frac{1}{s}$	$\cos\omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
t	$\frac{1}{s^2}$	$e^{-at}\sin\omega t$	$\frac{\omega}{(s + a)^2 + \omega^2}$
t ⁿ	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	$e^{-at}\cos\omega t$	$\frac{s + a}{(s + a)^2 + \omega^2}$
e ^{-at}	$\frac{1}{s + a}$	dy/dt	$sy(s) - y(t = 0)$
te ^{-at}	$\frac{1}{(s + a)^2}$	d ² y/dt ²	$s^2y(s) - sy(t = 0) - \frac{dy(t = 0)}{dt}$
sinωt	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$		

Ví dụ: Biến đổi Laplace hàm sau, với điều kiện ban đầu: y=3 và dy/dt=0 tại t=0

$$\frac{dy}{dt} + 5y = 0$$

Theo bảng P2, ta có

$$sy(s) - 3 + 5y(s) = 0$$

$$(s + 5)y(s) = 3$$

Vậy:
$$y(s) = \frac{3}{s + 5} = 3 \frac{1}{s + 5}$$

Lại theo bảng P2, ta có lời giải của phương trình vi phân ban đầu:

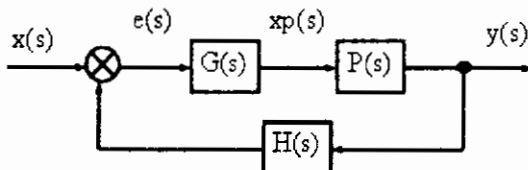
$$y = 3e^{-5t}$$

P4. TÁC ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN

Trên hình P7 đã đưa ra sơ đồ khối của một hệ điều khiển có phản hồi, trong đó G là hàm truyền của nhánh thuận. Trong các ứng dụng điển hình về điều khiển quá trình, thường nhánh thuận có 2 khâu (xem hình P8). Khâu thứ nhất được gọi là khâu điều khiển (*Controller Unit*), có hàm truyền là $C(s)$. Khâu thứ hai có hàm truyền của bản thân quá trình, ký hiệu là $P(s)$. $C(s)$ phải có tác động, sao cho tín hiệu ra của $P(s)$ có giá trị mong muốn. So sánh các sơ đồ trên hình P7 và P8, có thể nhận ra quan hệ

$$G(s) = C(s)P(s)$$

Tác động của khâu điều khiển $C(s)$ để đạt được tín hiệu ra mong muốn được gọi là *tác động điều khiển* (*Control Action*). Có 4 kiểu tác động điều khiển cơ bản, có thể được dùng độc lập hoặc kết hợp với nhau:



Hình P 8: Sơ đồ khối điều khiển quá trình

- Điều khiển tỷ lệ, ký hiệu là P (*Proportional Control*).
- Điều khiển tích phân, ký hiệu là I (*Integral Control*).
- Điều khiển vi phân, ký hiệu là D (*Derivative Control*).
- Điều khiển đóng mở (*On/Off Control*).

P4.1. Điều khiển tỷ lệ

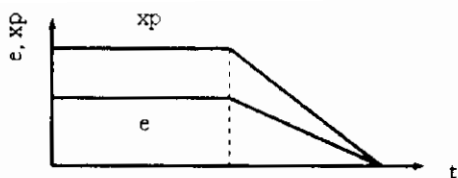
Trong điều khiển tỷ lệ, tín hiệu ra x_p tỷ lệ với tín hiệu vào e , nghĩa là:

$$x_p = Ke$$

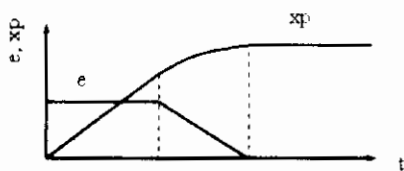
trong đó K là hệ số tỷ lệ và là hằng số. Khi phân tích hệ thống, thường viết biểu thức trên dưới dạng hàm truyền:

$$\frac{x_p(s)}{e(s)} = K \quad (P\ 15)$$

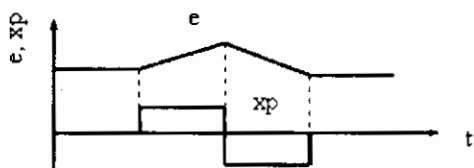
Giá trị K được gọi là tỷ số truyền của khâu điều khiển. Biến thiên của tín hiệu điều khiển e (trong mạch điều khiển có phản hồi, đó là sai lệch mà khâu so sánh đưa ra) và tín hiệu ra x_p theo thời gian được biểu diễn trên đồ thị, hình P9, a.



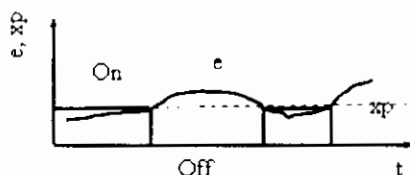
a: Điều khiển tỷ lệ (P)



b: Điều khiển tích phân (I)



c: Điều khiển vi phân (D)



d: Điều khiển đóng mở

Hình P 9: Các dạng tác động điều khiển

P4.2. Điều khiển tích phân

Với tác động điều khiển này, tín hiệu ra tỷ lệ với tích phân theo thời gian của tín hiệu vào, nghĩa là:

$$x_p = K \int e dt \quad (P 16)$$

trong đó K là tỷ số truyền của khâu điều khiển tích phân.

Hàm truyền của khâu có dạng:

$$\frac{x_p(s)}{e(s)} = \frac{K}{s} \quad (P 17)$$

Biến thiên theo thời gian của tín hiệu vào và ra được biểu diễn trên đồ thị hình P9,b. Nếu sai lệch $e > 0$ thì tín hiệu ra x_p tăng. Nếu $e = 0$ thì x_p là hằng số. Muốn x_p giảm thì e phải có giá trị âm. Điều đó dẫn đến xu hướng dao động của tín hiệu ra.

P4.3. Điều khiển vi phân

Trong điều khiển vi phân, tín hiệu ra tỷ lệ với tốc độ biến thiên của tín hiệu vào, nghĩa là:

$$x_p = K \frac{de}{dt} \quad (P 18)$$

trong đó, K là tỷ số truyền của khâu điều khiển vi phân.

Hàm truyền có dạng:

$$\frac{x_p(s)}{e(s)} = Ks \quad (P\ 19)$$

Sự biến thiên theo thời gian của tín hiệu vào và tín hiệu ra được biểu diễn trên hình P9, c. Ta thấy, kể cả khi tồn tại sai lệch $e \neq 0$ thì tín hiệu ra cũng có thể bằng 0, nghĩa là không có phản ứng của hệ thống. Đó là nhược điểm của điều khiển vi phân. Ưu điểm của nó là giảm sai số tĩnh của hệ thống, nghĩa là mỗi khi có sự biến thiên của tín hiệu vào thì hệ thống lập tức phản ứng để duy trì sự ổn định. Thường khâu điều khiển vi phân được dùng kết hợp với hai kiểu điều khiển trên.

P4.4. Điều khiển đóng mở

Điều khiển đóng mở (xem hình P9, d) làm việc trong 2 trạng thái phân biệt: Khi tín hiệu vào nhỏ hơn giá trị đặt thì bộ điều khiển đóng, tín hiệu ra đạt giá trị x_p . Khi tín hiệu vào lớn hơn giá trị đặt thì bộ điều khiển ngắt, tín hiệu ra bằng 0. Thực tế, hệ thống chỉ phản ứng khi sai khác trị tín hiệu thực và giá trị đặt đạt tới giá trị nhất định. Thông số này được dùng để đánh giá độ nhạy của hệ điều khiển.

P4.5. Điều khiển kết hợp

Mỗi kiểu điều khiển trình bày ở trên có ưu và nhược điểm riêng. Ví dụ, điều khiển tích phân có khả năng khắc phục nhanh sai lệch, nhưng khó khắc phục sai số tĩnh; còn điều khiển vi phân phạm sai số tĩnh nhỏ nhưng thời gian đạt tới trạng thái ổn định thường dài. Để đạt được tác động điều khiển như ý muốn, thường người ta kết hợp các kiểu điều khiển trên. Chúng ta hay gặp các phương án phối hợp sau:

- Điều khiển tỷ lệ - tích phân (PI) gồm nhánh tỷ lệ và nhánh tích phân song song với nhau. Hàm truyền của nó có dạng:

$$\frac{x_p(s)}{e(s)} = K_1 + \frac{K_2}{s} \quad (P\ 20)$$

- Điều khiển tỷ lệ - vi phân (PD) có hàm truyền dạng:

$$\frac{x_p(s)}{e(s)} = K_1 + K_2 s \quad (P\ 21)$$

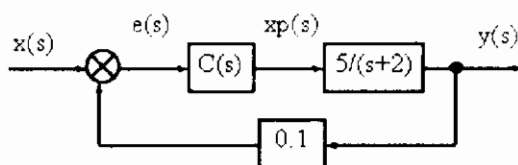
- Điều khiển tỷ lệ - vi phân - tích phân (PID) có hàm truyền dạng:

$$\frac{x_p(s)}{e(s)} = K_1 + \frac{K_2}{s} + K_3 s \quad (P\ 22)$$

P4.6. Ví dụ về tác động điều khiển

Để thấy rõ vai trò của tác động điều khiển, chúng ta xét ví dụ điều khiển quá trình sau:

Quá trình được đặc trưng bởi hàm truyền $\frac{5}{s+2}$; khâu phản hồi có hàm truyền $0,1$; khâu điều khiển có hàm truyền $C(s)$. Hàm truyền chung của hệ thống được tính nhờ phép biến đổi tương đương sơ đồ khối:



Hình P 10: Sơ đồ khối hệ điều khiển

$$\frac{y(s)}{x(s)} = \frac{5C(s)}{s+2+0,5C(s)}$$

Tín hiệu vào là hằng số: $x = 4,0$ biến đổi Laplace $x(s) = \frac{4}{s}$. Xét $C(s)$ với các kiểu điều khiển khác nhau.

1- Trường hợp điều khiển tỷ lệ với $C(s) = 2,0$:

Hàm truyền của hệ thống:

$$\frac{y(s)}{x(s)} = \frac{5 \cdot 2}{s+2+0,5 \cdot 2} = \frac{10}{s+3}$$

$$y(s) = x(s) \frac{10}{s+3} = \frac{4}{s} \cdot \frac{10}{s+3} = \frac{40}{s(s+3)} = \frac{13,33}{s} - \frac{13,33}{s+3}$$

$$y = 13,33(1 - e^{-3t})$$

Phản ứng của hệ thống có dạng như hình P11, a.

2- Trường hợp điều khiển tích phân với $C(s) = 2/s$

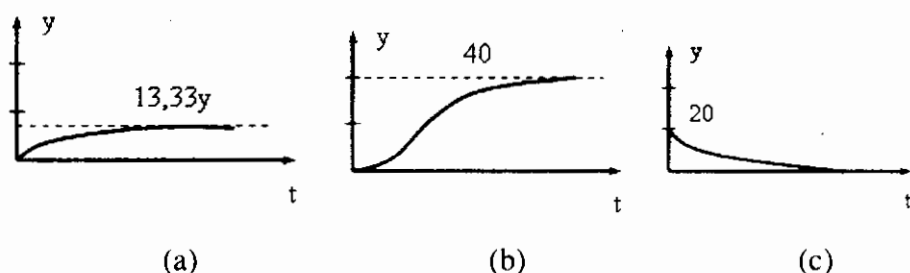
Hàm truyền của hệ thống có dạng:

$$\frac{y(s)}{x(s)} = \frac{\frac{2}{s} \cdot \frac{5}{s+2}}{1 + 0,1 \frac{10}{s(s+2)}} = \frac{10}{s(s+2)+1} = \frac{10}{s^2+2s+1} = \frac{10}{(s+1)^2}$$

$$y(s) = \frac{4}{s} \cdot \frac{10}{(s+1)^2} = \frac{40}{s} - \frac{40}{(s+1)^2} - \frac{40}{s+1}$$

$$y = 40(1 - te^{-t} - e^{-t})$$

Phản ứng của hệ thống có dạng như hình P11, b.



Hình P 11: Phản ứng của hệ thống với tác động điều khiển khác nhau

3- Trường hợp điều khiển vi phân với $C(s) = 2s$:

Hàm truyền của hệ thống:

$$\frac{y(s)}{x(s)} = \frac{10s}{s+2+s} = \frac{5s}{s+1}$$

$$y(s) = \frac{4}{s} \cdot \frac{5s}{s+1} = \frac{20}{s+1}$$

$$y = 20e^{-t}$$

Phản ứng của hệ thống có dạng như hình P11, c.

Ta thấy phản ứng của hệ thống trong các trường hợp là rất khác nhau. Khi điều khiển tỷ lệ, hệ thống nhanh chóng đạt trạng thái xác lập, bằng $13,33$. Khi điều khiển tích phân, giá trị xác lập bằng 40 , đạt được chậm hơn. Trong cả 2 trường hợp, giá trị xác lập phụ thuộc tỷ số truyền K của khâu điều khiển. Khi điều khiển vi phân, giá trị xác lập bằng 0 và không phụ thuộc vào K .

P5. PHÂN TÍCH HỆ THỐNG

Một hệ thống điều khiển muốn được áp dụng trong thực tế phải đạt những chỉ tiêu kỹ thuật nhất định. Phân tích hệ thống có nhiệm vụ đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống để xác định xem nó có đạt yêu cầu sử dụng hay không.

Để đánh giá một hệ thống điều khiển, người ta dựa vào 3 yếu tố cơ bản, là tính ổn định (*stability*), trạng thái xác lập (*steady-state performance*) và trạng thái quá độ (*transient performance*). Nói chung, tính ổn định đánh giá hệ thống có làm việc được hay không còn hai yếu tố sau nói lên phẩm chất của hệ thống.

P5.1. Tính ổn định của hệ thống

Về lý thuyết, một hệ thống được gọi là *ổn định* nếu phản ứng đầu ra không tiến tới vô hạn khi giá trị tín hiệu vào được giới hạn. Trên thực tế phản ứng đầu ra không được vượt quá một giá trị cho phép. Chúng ta nhận biết một hệ thống ổn định nếu sự biến động của tín hiệu ra giảm dần theo thời gian khi tín hiệu vào là hằng số.

Ví dụ, hệ thống được biểu diễn bởi phương trình

$$y = C - C_1 e^{at} \quad (P\ 23)$$

không ổn định do thành phần thứ hai (hàm mũ) tiến tới âm vô tận.

Hệ thống với phương trình:

$$y = C - e^{at} (C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t) \quad (P\ 24)$$

cũng không ổn định, vì tín hiệu ra dao động dưới tác động của hàm sin và hàm cosin, nhưng biên độ dao động tiến tới vô tận do tác động của hàm mũ có hệ số dương.

Để dự báo về tính ổn định, ta khảo sát kỹ hơn các trường hợp trên.

Phương trình (P 23) được suy từ nghiệm $s = +a$ của phương trình đặc trưng:

$$s - a = 0$$

Phương trình (P 24) được suy từ 2 nghiệm phức:

$$s = a - j\omega \quad \text{và} \quad s = a + j\omega$$

của phương trình đặc trưng:

$$s^2 - 2as + (\omega^2 + a^2) = 0$$

hay:

$$(s - a + j\omega)(s - a - j\omega) = 0$$

Rõ ràng, nguyên nhân gây nên sự mất ổn định của hệ thống thứ nhất là nghiệm *thực, dương* của phương trình đặc trưng, còn của hệ thống thứ hai là phần *thực dương* của các nghiệm phức. Từ đó có thể rút ra kết luận sau:

Điều kiện cần và đủ để một hệ tuyến tính ổn định là tất cả các nghiệm của phương trình đặc trưng phải có phần thực âm.

Điều đó có nghĩa là, dù chỉ một trong số các nghiệm có phần thực dương (kể cả nghiệm thực dương) thì hệ thống sẽ không ổn định.

Từ đây cũng có thể giả định về hệ có phương trình đặc trưng

$$s^2 + \omega^2 = 0$$

Nó sẽ có 2 nghiệm ảo là $s = \pm j\omega$. Với tín hiệu vào hằng số, nó dẫn tới lời giải:

$$y = C + C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$$

Phương trình trên mô tả dao động vĩnh cửu xung quanh giá trị $y = C$. Chúng ta gọi đó là trường hợp *giới hạn* của sự ổn định. Nếu biểu diễn các nghiệm lên mặt phẳng phức thì chúng ta có nhận xét, rằng *điều kiện để hệ ổn định là tất cả các điểm biểu diễn nghiệm phương trình đặc trưng của nó đều phải nằm bên trái trục ảo*. Trục ảo bây giờ là *biên giới ổn định*. Nếu lùi biên giới ổn định về phía trái trục ảo một khoảng d nào đó thì ta có một khoảng *dự trữ ổn định*.

Khảo sát tính ổn định căn cứ vào nghiệm của phương trình đặc trưng là phương pháp cơ sở nhưng không phải là duy nhất. Có những phương pháp khác, mô tả gián tiếp điều kiện ổn định dưới dạng các *tiêu chuẩn ổn định*. Có thể tìm hiểu về chúng trong các tài liệu lý thuyết điều khiển tự động.

P5.2. Trạng thái xác lập

Trạng thái xác lập chính là trạng thái cân bằng tĩnh hoặc cân bằng động của hệ thống. Về lý thuyết, hệ thống được coi là ở trạng thái xác lập khi tín hiệu ra $y(t)$ của nó đạt được một cách ổn định giá trị cân y_0 (hình P12), nghĩa là:

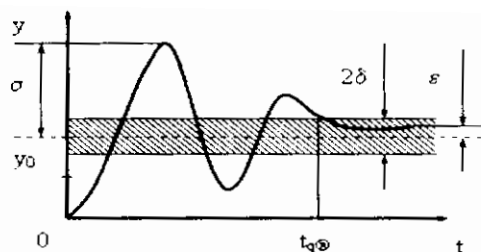
$$y_0 = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$$

Để xác định giá trị y_0 , người ta dùng định lý, gọi là định lý giá trị cuối cùng:

Nếu tồn tại $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ thì

$$y_0 = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sY(s)$$

trong đó, $Y(s)$ là biến đổi Laplace của $y(t)$.



Hình P 12: Sơ đồ xác định các thông số phẩm chất của hệ thống

Trên thực tế, có tồn tại một sai số

$$\varepsilon = \left| \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) - y_0 \right| > 0$$

Sai số đó được gọi là *sai số tĩnh* và là một thông số đánh giá phẩm chất của hệ thống ở trạng thái tĩnh.

P5.3. Trạng thái quá độ

Về lý thuyết, trạng thái tĩnh của hệ thống chỉ đạt được khi $t \rightarrow \infty$. Trên thực tế, trạng thái xác lập được chấp nhận khi $y(t)$ tiến tới y_0 với sai số không vượt quá một trị số δ cho trước, thường bằng $2 \div 5\%$ giá trị y_0 . Thời gian để hệ đạt trạng thái đó được gọi là *thời gian quá độ* t_{qd} . Đó là một thông số chất lượng của hệ thống, càng nhỏ càng tốt.

Một thông số nữa được dùng để đánh giá chất lượng của hệ thống là *giá trị vượt* σ (hình P12). Thường phải hạn chế trị số này trong khoảng $30 \div 50\%$ giá trị của y_0 .

BẢNG TRA CỨU

- Đa thức nội suy, 62
- Động cơ, 138
- Đường dịch chuyển, 57
- Động học tay máy
 - bài toán ngược, 42
 - bài toán thuận, 33
 - bài toán vận tốc, 44
- Động lực học
 - nhiệm vụ, 47
 - phương trình tổng quát, 76
- Điểm chết, 62
- Điều khiển
 - độc lập, 79
 - điện áp, 88
 - có bù, 84
 - có bù trọng lực, 89, 95
 - có liên hệ ngược, 80
 - có phản hồi gia tốc, 83
 - có phản hồi vị trí, 81
 - có phản hồi vị trí và vận tốc, 82
 - contour, 98
 - dùng động lực học ngược, 91, 96
 - dòng điện, 89
 - momen, 89
 - phân loại, 74
 - PI, 86
 - PID, 86
 - PIDD², 86
 - tác động, 87
 - tập trung, 87
 - trong không gian công tác, 93
 - trong không gian khớp, 76
- Điều khiển động cơ, 141
 - động cơ điện, 141
 - động cơ thủy lực, 144
- Điều khiển tuyến tính, 184
 - dầu đo. *Xem* cảm biến
- Bộ nhớ, 164
- Bộ xử lý trung tâm, 164
- Bậc tự do, 13
- Biến Laplace, 189
- Board hệ thống
 - board động học, 162
 - board động lực học, 163
 - servo board, 163
- BUS, 161
- Cơ cấu tay kẹp, 120
 - cơ khí, 121
 - chân không và điện - từ, 126
 - dùng bu lông đàn hồi, 128
 - khái niệm và phân loại, 120
 - phương pháp tính toán, 129
- Cell controller, 172
- Chuyển đổi thuận nhất, 30
- Chuyển động điểm - điểm, 58
- Chuyển động theo đường, 61
- CIM, 177
- CPU, 161
- Dao động
 - có lực cản, 187
 - không có lực cản, 187
- Denavit-Hartenberg
 - quy tắc, 34
 - ví dụ áp dụng, 37
- Encoder, 148
- EPROM, 161
- FMC, 10
- FMS, 10
- Góc Euler, 27
- Góc RPY, 29
- Hàm truyền, 189
- Hiệu quả kinh tế, 182

- Hiệu quả kinh tế quy đổi, 182
- Hệ thống cảm biến, 146
- Hệ thống ngắt, 161
- Jacobian
 - biểu thức, 45
 - giải tích, 46
 - hình học, 45
- Khuyếch đại công suất, 140
- Lagrange
 - động năng, 49
 - công thức chung, 47
 - thế năng, 51
 - ý nghĩa cơ học, 51
- Lyapunov, 89
- Mô tả tối thiểu của hướng, 27
- Ma trận quay
 - biểu thức toán học, 19
 - tổng hợp, 23
 - ý nghĩa, 22
- Manipulator. *Xem* tay máy
- Manufacturing cell, 172
- Manufacturing system, 172
- Mechatronics, 8
- Một số kết cấu điển hình của robot
 - kết cấu robot COAT-A-MATIC, 116
 - kết cấu robot HI-T-Hand Expert-2, 118
 - kết cấu robot MATBAC IRB-10, 114
 - kết cấu robot MP4, 111
 - kết cấu robot Unimate Mark II, 115
 - robot có điều khiển thích nghi, 118
 - robot cố định dùng tọa độ Decac và tọa độ trụ, 111
 - Robot cố định trên nền dùng tọa độ cầu, 115
 - robot treo, 117
- MRO. *Xem* Mô tả tối thiểu của hướng
- Newton-Euler, 52
- Nguồn cung cấp, 141
- Nguyên tố của đường dịch chuyển, 68
 - đường tròn, 70
 - đoạn thẳng, 69
- Object oriented programming, 160
- Offline programming, 161
- Path. *Xem* đường dịch chuyển
- Path Motion. *Xem* Chuyển động theo đường
- Path point. *Xem* điểm chốt
- Path primitives. *Xem* nguyên tố của đường dịch chuyển
- phần cứng, 161
- Point-to-point Motion. *Xem* chuyển động điểm - điểm
- Quỹ đạo, 57
 - trong không gian công tác, 67
 - trong không gian khớp, 57
- RAM, 161
- Resolver, 150
- Robot
 - arm, 12
 - articulations, 12
 - hand, 12
 - wrist, 12
- Robot
 - định nghĩa, 7
 - công nghiệp, 10
 - phân loại, 15
 - sơ đồ kết cấu, 10
 - shoulder, 12
- Robot hoá các tế bào sản xuất, 172

- Robot oriented programming, 160
- Robot trong sản xuất linh hoạt, 176
- Robotics**, 8
- Sơ đồ động lực học. Xem phương trình động lực học tổng quát
- Sơ đồ khối
 - bảng quy tắc biến đổi tương đương**, 192
 - biến đổi tương đương, 191
 - kết cấu, 190
- Sensor. Xem cảm biến
- Sensor lực, 152
- Sử dụng RBCN
 - Robot hoá thiết bị công nghệ, 167
- Sử dụng RBCN
 - robot hoá hệ thống sản xuất, 175
- Tác động điều khiển, 194
 - đóng mở, 196
 - tỷ lệ, 194
 - tỷ lệ - tích phân (PI), 196
 - tỷ lệ - vi phân - tích phân (PID), 197
 - tỷ lệ - vi phân (PD), 196
 - tích phân, 195
 - vi phân, 195
 - ví dụ, 197
- Tachometer. Xem Sensor vận tốc
- Tay máy, 11
 - kiểu để các, 13
 - kiểu anthropomorphic, 14
 - kiểu cầu, 14
 - kiểu SCARA, 14
 - kiểu trụ, 13
- Teach-in programming, 160
- Tensiometer. Xem Sensor lực
- Thông số kỹ thuật của RBCN, 98
 - đặc tính của bộ điều khiển, 103
 - số bậc tự do, 99
 - sức nâng, 98
 - tốc độ dịch chuyển, 102
 - vùng công tác, 100
- Thanh ghi, 161
- Thời hạn thu hồi vốn đầu tư, 183
- Thiết bị quan sát, 154
- Thiết bị vào / ra, 165
- Thiết kế và tổ hợp robot, 104
 - các công việc phải tiến hành, 106
 - các nguyên tắc chung, 104
 - phương pháp tổ hợp modul, 107
- Thế, vị trí, hướng của vật rắn, 18
- Tế bào sản xuất, 174
- Toán tử vi phân, 189
- Trạng thái quá độ, 201
- Trạng thái tĩnh, 201
- Trạng thái xác lập, 200
- Trajectory. Xem quỹ đạo
- Truyền dẫn cơ khí, 137
- Tự động hoá
 - cứng, 9
 - khả trình, 9
 - linh hoạt, 9
- Tính ổn định, 199
- Vector
 - quay quanh một điểm, 21
 - quay quanh một trục, 23
 - quay quanh trục bất kỳ, 25
- Vị nội suy, 67
- Vùng hoạt động, 40
- Vị trí và hướng trong không gian công tác, 72

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **U. Rembold,....:** Computer Integrated Manufacturing and Engineering; Wesley, 1993.
2. **П. Н. Беянин:** Промышленные роботы и их применение; Москва Машино-строение, 1983.
3. **А. А. Панова:** Обработка металлов резанием - Справочник технолога; Москва Машиностроение, 1988.
4. **Ю. Г. Козырев:** Промышленные роботы - Справочник; Москва Машиностроение, 1983.
5. **L. Sciavicco, B. Siciliano:** Modeling and Control of Robot Manipulators; McGraw-Hill, 1996.
6. **S. Brian Morriss:** Automated Manufacturing Systems; Mc-Graw-Hill, 1995.
7. **Lung-Wen Tsai:** Robot Analysis. The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators. John Wiley & Sons. Inc, 1999.

KỸ THUẬT ROBOT

TÁC GIẢ: PGS.TS. ĐÀO VĂN HIỆP

Chịu trách nhiệm xuất bản: PGS.TS. Tô Đăng Hải
Biên tập và sửa chế bản: Nguyễn Diệu Thuý
Trình bày và chế bản: Đào Văn Hiệp, Lê Thụy Anh
Vẽ bìa: Hương Lan

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI 2003