

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TS. BÙI QUÝ LỰC

Hệ thống **ĐIỀU KHIỂN² SỐ**

TRONG CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TS. BÙI QUÝ LỰC

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ TRONG CÔNG NGHIỆP

(In lần thứ ba)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

Lời nói đầu

Máy công cụ điều khiển số CNC ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các xí nghiệp công nghiệp ở nước ta. Phát huy hiệu quả sử dụng, bảo dưỡng, vận hành máy CNC là vấn đề được đặc biệt quan tâm của chúng ta. Muốn phát huy được hiệu quả tối đa khả năng thiết bị cũng như cải tiến nó cho phù hợp với con người Việt Nam đòi hỏi phải có sự hiểu biết sâu sắc về máy CNC.

Máy công cụ điều khiển số CNC là thiết bị với hệ điều khiển phức tạp đòi hỏi người vận hành phải nắm vững cả ba lĩnh vực: Cơ khí, Điện tử và Tin học. Và đòi hỏi kiến thức sâu hơn đối với người bảo dưỡng và thiết kế máy CNC.

Trong nền kinh tế thị trường khắc nghiệt và đầy biến động vấn đề chủ động trong kinh doanh cũng như nâng cao chất lượng sản phẩm thì vấn đề làm chủ thiết bị sẽ tránh cho các doanh nghiệp bị động trong sản xuất. Một vấn đề khác đặt ra cho chúng ta cần đào tạo nguồn nhân lực có trình độ kỹ thuật cao, thiết bị thực hành không thể thiếu được. Vì vậy trước mắt chúng ta cần nghiên cứu và chế tạo các thiết bị phục vụ cho đào tạo và nghiên cứu khoa học trong các trường đại học cũng như trong các trường dạy nghề.

Cuốn sách này cung cấp cho bạn đọc những vấn đề cơ bản nhất của hệ điều khiển máy công cụ điều khiển số và các thiết bị dùng hệ điều khiển này. Cuốn sách trợ giúp một phần cho bạn đọc có ý tưởng thiết kế hệ điều khiển máy CNC dùng động cơ bước.

Đối tượng phục vụ của tài liệu là sinh viên ngành Cơ khí trong các trường đại học, cao đẳng. Ngoài ra nó còn là tài liệu tham khảo cho sinh viên đang theo học ngoài ngành cơ khí, các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật và những người ham muốn nghiên cứu chế tạo máy CNC và các thiết bị điều khiển số khác.

Chúng tôi hy vọng cuốn sách sẽ đáp ứng được phần nào nhu cầu của bạn đọc. Chắc chắn rằng trong quá trình biên soạn không tránh khỏi những thiếu sót mong được sự lượng thứ của bạn đọc.

Chúng tôi chân thành cảm ơn tới bạn bè, đồng nghiệp và các cán bộ chuyên trách của Nhà xuất bản đã giúp đỡ để cuốn sách sớm được phục vụ bạn đọc. Và mong nhận được sự góp ý của bạn đọc để lần tái bản sau cuốn sách sẽ được hoàn thiện hơn.

Mọi ý kiến xin gửi về: Bộ môn Máy và Ma sát học, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, số 1, Đại Cồ Việt, Hà Nội.

Tác giả

Mục lục

Trang

Lời nói đầu

Chương 1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN, HIỆU QUẢ KINH TẾ MÁY CÔNG CỤ CNC DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP

1.1. Lịch sử phát triển máy điều khiển số CNC.	9
1.2. Hiệu quả kinh tế của máy CNC	13
1.3. Máy CNC dùng trong công nghiệp	14
1.3.1. Máy khoan CNC	14
1.3.2. Máy phay CNC	16
1.3.3. Máy tiện CNC	17
1.3.4. Máy doa CNC	18
1.3.5. Máy mài CNC	19
1.3.6. Trung tâm gia công	20
1.3.7. Máy gia công EDM	22
1.3.8. Máy gia công bằng tia nước	23

Chương 2. NHỮNG ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN VÀ PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ NC-CNC

2.1 Định nghĩa trục và trục máy	25
2.1.1. Định nghĩa trục	25
2.1.2. Định nghĩa trục máy.	26
2.2. Cấu trúc hệ trục máy NC – CNC	27
2.2.1. Ba trục thẳng thứ nhất: X, Y và Z	27
2.2.2. Ba trục quay thứ nhất A, B và C	30
2.2.3. Ba trục thẳng thứ hai U, V và W	31
2.2.4. Ba trục thẳng thứ ba P, Q và R	32
2.2.5. Hai trục quay thứ hai D và E	33
2.3. Hệ tọa độ	34
2.3.1. Hệ tọa độ Decac	34

2.3.2. Hệ tọa độ cực	35
2.3.3. Tọa độ quy chiếu	36
2.4. Phân loại hệ thống điều khiển NC	40
2.4.1. Phân loại theo dạng điều khiển	40
2.4.2. Phân loại theo cấu trúc điều khiển	54
2.4.3. Phân loại theo kiểu điều khiển	57

Chương 3. PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ

3.1. Thành phần cơ bản hệ thống CNC	64
3.2. Chức năng của cụm điều khiển	65
3.3. Phần cứng cụm điều khiển	65
3.3.1. Bộ xử lý trung tâm	66
3.3.2. Bộ nhớ	68
3.3.3. Truyền dẫn	69
3.3.4. Truyền dẫn secvo	71
3.3.5. Điều khiển tốc độ trục chính	72
3.3.6. Hệ điều khiển trình tự	73
3.3.7. Chương trình điều khiển máy	73
3.3.8. Mạch biến vào – ra	76
3.4. Phần mềm CNC	77
3.4.1. Phần mềm điều khiển	78
3.4.2. Phần mềm ghép nối	79
3.4.3. Postprocessor	80
3.4.4. Phần mềm ứng dụng	82
3.5. Điều khiển về gốc máy và hạn chế hành trình	95
3.5.1. Điều khiển về gốc máy	95
3.5.2. Hạn chế hành trình bàn máy	96
3.6. Mã hoá tốc độ chạy dao	97

Chương 4. HỆ DẪN ĐỘNG CHẠY DAO TRONG MÁY CNC

4.1. Giới thiệu	100
4.2. Động cơ secvo thủy lực	101
4.2.1. Nguồn đầu áp lực	103

4.2.2. Van secvo	104
4.2.3. Động cơ thủy lực	108
4.2.4. Khuếch đại secvo	110
4.3. Điều khiển động cơ bước	116
4.3.1. Các kiểu động cơ bước	116
4.3.2. Một số thông số cơ bản của động cơ bước	132
4.3.3. Hệ điều khiển động cơ bước	137
4.4. Điều khiển động cơ secvo một chiều	147
4.4.1. Động cơ secvo một chiều chổi than	147
4.4.2. Động cơ secvo DC không chổi than	151
4.5. Động cơ AC secvo	159
4.6. Lựa chọn động cơ	160

Chương 5. BỘ TRUYỀN BIẾN ĐỔI CHUYỂN ĐỘNG QUAY THÀNH CHUYỂN ĐỘNG TỊNH TIẾN

5.1. Tính ưu việt của bộ truyền vít me – lăn	163
5.2. Động học và động lực học cơ cấu vít me – lăn	164
5.3. Kết cấu bộ truyền vít me-bi	166
5.4. Tính toán thiết kế bộ truyền vít me – bi	171
5.4.1. Yêu cầu đối với bộ truyền được thiết kế	171
5.4.2. Tính toán thiết kế bộ truyền	172

Chương 6. THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN TRONG MÁY CÔNG CỤ CNC

6.1. Encoder	185
6.1.1. Các dạng encoder và ứng dụng	185
6.1.2. Encoder tuyệt đối	187
6.1.3. Encoder gia số	190
6.2. Resolver	199
6.3. Inductosyn	206
6.4. Chuyển đổi số – tương tự (DAC)	208
6.4.1. Chuyển đổi DAC điện trở trọng số	209
6.4.2. Chuyển đổi DAC thang điện trở	211
6.5. Sensor hiệu ứng Hall	213

6.5.1. Hiệu ứng Hall	213
6.5.2. Sensor hiệu ứng Hall	215
6.6. Bộ đếm lùi	217
6.7. Sensor đo tốc độ	219

Chương 7. BỘ NỘI SUY TRONG MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ

7.1. Tích phân số DDA	221
7.1.1. Vai trò bộ nội suy	221
7.1.2. Nguyên tắc thuật toán tích phân số	222
7.2. Nội suy thẳng dùng mạch tích phân DDA	230
7.3. Nội suy vòng dùng mạch tích phân DDA	238
7.4. Phần mềm nội suy	246

1

LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN, HIỆU QUẢ KINH TẾ MÁY CÔNG CỤ CNC DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP

1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN MÁY ĐIỀU KHIỂN SỐ CNC

Máy điều khiển số (Computer Numerical Control - CNC) đã ra đời từ lâu. Người ta cho rằng sự kiện ra đời chiếc máy dệt dùng tấm thép trên đó có lỗ để tự động điều khiển đường chuyển động của kim dệt do Joseph M. Jacquard chế tạo năm 1808 là thời điểm ra đời của máy điều khiển số. Máy dệt được điều khiển trên cơ sở thông tin hai trạng thái, trạng thái thứ nhất là kim ở vị trí có lỗ, tương ứng với mức logic bằng "1" và trạng thái thứ hai là kim ở vị trí không có lỗ, tương ứng với mức logic bằng "0". Khi thay đổi quy luật vị trí lỗ trên tấm thép cho kiểu áo mới cần gia công và quy luật lỗ trên tấm thép chính là chương trình điều khiển máy.

Chương trình điều khiển máy mà thông tin điều khiển viết dưới dạng "1" và "0" được gọi là chương trình điều khiển số và máy được điều khiển theo chương trình trên gọi là máy điều khiển theo chương trình số. Tấm thép mang chương trình điều khiển tự động hoàn chỉnh trên được xem là vật lưu trữ chương trình điều khiển máy.

Khi nói đến sự hình thành và phát triển các dạng máy công cụ điều khiển số không thể không nói tới sự ra đời và phát triển của máy tính số. Phát minh ra máy tính là một bước ngoặt quan trọng của điều khiển số.

Máy tính cơ lần đầu tiên được Pascal chế tạo vào năm 1642. Máy tính cơ được hình thành trên cơ sở tổ hợp các bộ truyền bánh răng. Cho đến năm 1834 Babbage chế tạo máy tính như là một máy tính cơ với độ chính xác cao. Máy của Babbage không chỉ thực hiện được các phép tính số học mà còn hình thành được nhiều hàm toán học như máy tính ngày nay. Đặc biệt là máy tính có khả năng lưu trữ, nhớ, nhập và xuất dữ liệu. Do kết cấu máy quá phức tạp nên nó không còn cơ hội phát triển và đến năm 1940 Aiken người Mỹ và Zuse người Đức đã thiết kế máy tính trên cơ sở tổ hợp các rôlê. Ba năm sau, Mauchly và Eckert thiết kế, chế tạo máy tính điện tử và đặt tên là ENIAC và đây là chữ viết tắt tiếng Anh (Electronic numerical integrator and computer). ENIAC đã sử dụng gần hai chục nghìn bóng điện tử, diện tích lắp đặt thiết bị lên tới hàng mét vuông, trọng lượng máy hai ba chục tấn và tiêu hao hàng trăm kW, chương trình điều khiển máy rất phức tạp. Máy tính điện tử ổn định làm việc kém và chỉ hoạt động trong vài phút.

Hệ điều khiển máy ENIAC thực hiện hàm logic trên cơ sở hàng nghìn chuyển mạch của rôlê vì vậy độ tin cậy làm việc thấp. Máy gồm nhiều bóng điện tử làm việc cùng một lúc nên làm tăng nhanh nhiệt độ trong máy và nhiệt độ tăng theo thời gian làm việc.

Bước ngoặt quan trọng làm cho công nghệ máy tính phát triển mạnh mẽ đó là phát minh ra đèn bán dẫn năm 1948. Đèn bán dẫn có nhiều ưu điểm như kích thước nhỏ, giá thành rẻ, độ tin cậy cao, tiêu thụ năng lượng ít và nhiệt sinh ra trong quá trình làm việc không đáng kể nên nhanh chóng thay thế bóng điện tử.

Trên cơ sở phát triển của kỹ thuật bán dẫn, năm 1949 một số kỹ sư người Mỹ tiến hành thiết kế thành công hệ thống điều khiển dùng linh kiện bán dẫn cho máy phay ba trục. Máy có khả năng thực hiện di chuyển dụng cụ đến một điểm đã được tính toán tự động từ trước.

Trong quá trình gia công cơ khí, nhiều chi tiết yêu cầu gia công đạt độ bóng, độ chính xác cao, thay đổi nhanh chóng dạng sản phẩm. Do vậy máy công cụ cần phải hoàn thiện về mặt thiết kế và điều khiển nhằm nâng cao độ chính xác gia công. Vì vậy điều khiển số đã nhanh chóng được ứng dụng vào hệ thống điều khiển máy công cụ, đồng thời máy tính còn được ứng dụng để tính toán, lưu trữ dữ liệu đường dẫn dụng cụ trên băng đục lỗ, băng từ hoặc các thiết bị khác. Cùng với bước phát triển ứng dụng điều khiển số trong máy công cụ một thành công có ý nghĩa to lớn của hệ thống máy công cụ điều khiển số của MIT (Masachusetts institute of technology - MIT) là thiết kế và chế tạo thành công hệ dẫn động động cơ secvo dùng để điều khiển các trục máy công cụ. Và thành công này càng thúc đẩy ngành máy công cụ điều khiển số phát triển mạnh mẽ như ngày nay.

Năm 1959, mạch IC (integrated circuits) ra đời và nó nhanh chóng thay thế bóng bán dẫn. IC là một chip nhỏ, trên đó người ta lắp một số lớn các linh kiện (tới hàng triệu linh kiện) để thực hiện một quá trình điều khiển nào đó. IC có kích thước nhỏ, độ tin cậy cao, công suất tiêu hao nhỏ và là cơ sở để hình thành vi xử lý sau này. IC được đưa vào sử dụng nhiều trong sản xuất bắt đầu vào những năm 1965. Do IC có nhiều ưu điểm như đã nói ở trên nên nó nhanh chóng được ứng dụng vào công nghệ chế tạo máy tính điện tử. Trên cơ sở các mạch IC người ta thiết kế và chế tạo thành công bộ vi xử lý (microprocessor) cho các máy tính số.

Năm 1958 người ta sử dụng một số từ tiếng Anh làm ký tự để hình thành chương trình điều khiển máy. Hệ điều khiển máy gồm chương trình điều khiển, chương trình tính toán thông số hình học, tính toán lựa chọn chế độ gia công như tốc độ cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, bôi trơn làm mát. Tập hợp các ký tự hình thành chương trình dùng để điều khiển máy được gọi là ngôn ngữ APT (Automatically Programmed Tool). Ưu

điểm của ngôn ngữ APT là thuận lợi cho người viết chương trình, dễ dàng chuyển đổi thành một chương trình mà máy có thể hiểu được.

Trên cơ sở của APT người ta phát triển ra nhiều dạng chương trình điều khiển khác: ADAPT và AUTOSPOT của IBM; CINTURN của Cincinnati Milacron; EXAPT I, EXAPT II, EXAPT III của Đức; GENTURN của General Electric; MILTURN của Metaalinstitut ở Netherland, NEL 2PL, NEL 2C, NEL 2CL của Ferranti ...

Năm 1976, những máy điều khiển hoàn toàn tự động theo chương trình mà các thông tin viết dưới dạng số gọi là máy điều khiển số NC (Numerical Control). Cũng vào năm 1976 người ta đưa máy tính nhỏ vào hệ thống điều khiển máy NC nhằm mở rộng đặc tính điều khiển và mở rộng bộ nhớ của máy so với các máy NC, các máy này được gọi là máy CNC (Computer Numerical Control). Và sau đó các chức năng trợ giúp cho quá trình gia công ngày càng phát triển và năm 1965 hệ thống thay dao tự động được đưa vào sử dụng, năm 1979 hệ thống CAD- CAM- CNC ra đời. Và năm 1984 đồ họa máy tính phát triển, được ứng dụng để mô phỏng quá trình gia công trên máy công cụ.

Năm 1994 hệ NURBS (Not uniforme rational B-Splines) giao diện phần mềm CAD cho phép mô phỏng được các bề mặt nội suy phức tạp trên màn hình, đồng thời nó cho phép tính toán và đưa ra các phương trình toán học mô phỏng các bề mặt phức tạp, từ đó tính toán chính xác đường nội suy với độ mịn, độ sắc nét cao.

Công nghệ nano đang được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khoa học trong đó có ngành chế tạo máy công cụ. Năm 2001 Fanuc đã chế tạo hệ điều khiển nano cho máy công cụ CNC.

1.2 HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA MÁY CNC

Hiệu quả kinh tế do máy CNC đem lại có thể chỉ ra ở các khía cạnh dưới đây:

1- Khi chi tiết có độ phức tạp cao, lựa chọn phương pháp gia công phù hợp nhất là gia công trên máy CNC. Bởi vì gia công trên máy CNC rút ngắn thời gian gia công, đạt độ chính xác yêu cầu và giá thành rẻ hơn so với khi gia công trên máy công cụ vạn năng và máy tự động cứng.

2- Khả năng thay đổi dạng sản phẩm chế tạo nhanh vì chỉ cần thay đổi chương trình điều khiển mà không cần thay đổi cấu trúc máy hoặc thêm các đồ gá chuyên dùng. Máy điều khiển số đáp ứng được tính linh hoạt của sản xuất.

3- Chi phí cho sản xuất dụng cụ cắt nhỏ hơn vì máy có khả năng đánh giá được lượng mòn dụng cụ ngay trong quá trình gia công và tự động điều chỉnh máy để bù lượng mòn dụng cụ.

4- Máy CNC có tính năng tự động kiểm tra chất lượng ngay trong quá trình gia công. Các máy thông thường không có khả năng này. Do không có chức năng này, các máy vạn năng không giám sát được quá trình gia công nên tốn phí cho kiểm tra chất lượng cao hơn so với máy CNC.

5- Thời gian gia công chi tiết ở trên máy CNC nhỏ hơn so với máy vạn năng vì tập trung nguyên công cao, gia công nhiều nguyên công trong cùng một lúc.

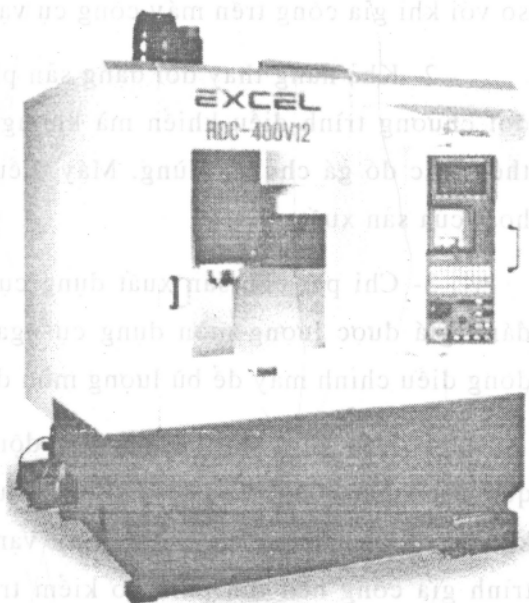
6- Máy CNC không cần dùng các đồ gá chuyên dùng để gá kẹp phôi.

1.3 MÁY CNC DỪNG TRONG CÔNG NGHIỆP

Cùng với sự phát triển không ngừng của máy tính, hệ thống điều khiển số được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau trong đó có máy công cụ. Dưới đây trình bày một số dạng máy công cụ CNC thường gặp trên thị trường.

1.3.1 Máy khoan CNC (Drilling machines)

Đặc điểm chính của máy khoan là hệ tọa độ máy hình thành trên cơ sở hệ tọa độ Decac theo nguyên tắc bàn tay phải với ba trục vuông góc với nhau. Hệ thống điều khiển là hệ thống điều khiển theo vị trí (point to point). Vì vậy hệ điều khiển này không cần cụm nội suy thẳng và cong. Hệ điều khiển máy khoan CNC được thiết kế với khả năng điều khiển tương thích với hai cách viết chương trình: hệ tuyệt đối và hệ gia số. Hình 1-1 chỉ ra



Hình 1-1 Trung tâm khoan RDC 400V12 của hãng EXCEL.

trung tâm khoan RDC 400V12 của hãng EXCEL

Yêu cầu chính đối với hệ thống điều khiển máy khoan CNC là tính toán nhanh và dừng chính xác vị trí.

Thông thường cấu trúc cơ bản của máy khoan vạn năng cũng như máy khoan CNC là trục chính bố trí thẳng đứng trùng với trục Z của hệ tọa độ Decac. Bàn máy bố trí trong mặt phẳng nằm ngang trùng với mặt

phẳng XOY của hệ tọa độ Decac và vuông góc với trục chính. Các trục chuyển động được bố trí như sau:

Trục thẳng thứ nhất của máy khoan (chuyển động chạy dao thẳng đứng) được bố trí trùng với trục Z của hệ tọa độ máy. Ngoài ra trục chính còn được bố trí chuyển động quay tạo ra tốc độ cắt gọt cần thiết. Thông thường trên máy khoan chi tiết được đặt trên bàn máy.

Chuyển động thẳng thứ hai và thứ ba được bố trí cho bàn máy. Trục thẳng thứ nhất song song với trục X của hệ tọa độ máy (tương ứng chuyển động dọc của bàn máy).

Trục thẳng thứ nhất song song với trục Y của hệ tọa độ máy (chuyển động chạy dao ngang).

Vị trí tất cả các điểm trên chi tiết được xác định bởi hai tọa độ X và Y vuông góc với nhau.

Điểm gốc máy (reference point) thường bố trí ở điểm thuận lợi nào đó trên bàn máy.

Hệ điều khiển máy khoan cho phép thực hiện các dạng chu trình khoan tự động. Máy được tự động hóa các chức năng thay dụng cụ, bôi trơn, làm mát, tự động lựa chọn tốc độ cắt, tốc độ chạy dao, chiều sâu cắt và có khả năng tự động hiệu chỉnh đường kính và chiều dài dụng cụ.

Máy khoan NC được thiết kế theo modun. Vì vậy để nâng cao năng suất máy người ta thể ghép thêm vào nó một vài cụm trục chính. Điều này không làm tăng số trục của máy. Để nâng cao khả năng công nghệ của máy người ta lắp thêm các modun nhằm tăng số trục máy, ví dụ cần có chuyển động quay của trục chính người ta lắp thêm cho máy modun quay hoặc để bàn máy có chuyển động quay người ta lắp thêm modun quay trên bàn máy. Nhờ khả năng mở rộng số trục, máy khoan có khả năng gia công trên cả năm mặt của phôi có dạng hình vuông.

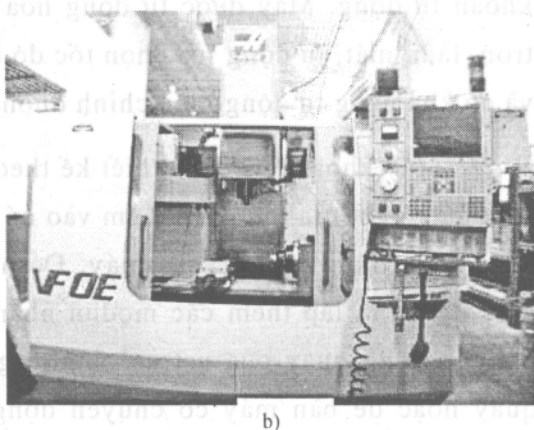
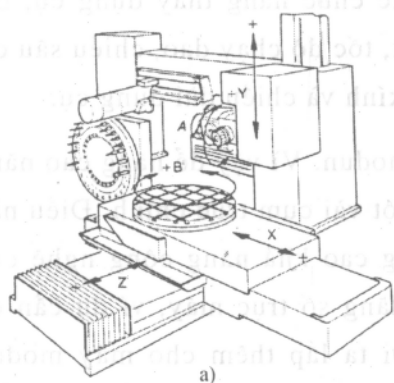
1.3.2 Máy phay CNC (Milling machines)

Cấu trúc của máy phay cũng được thiết kế trên cơ sở hệ tọa độ Đecac theo nguyên tắc bàn tay phải với ba trục tọa độ vuông góc với nhau như trong máy khoan.

Máy phay có thể có nhiều trục máy (trục chuyển động), số trục ít nhất của máy phay là $2\frac{1}{2}D$. Máy phay CNC được trang bị hệ thống lưu trữ dụng cụ, thiết bị thay dụng cụ, cơ cấu kẹp, tháo phôi và thay phôi tự động.

Máy phay CNC có cấu trúc trục chính bố trí thẳng đứng được gọi là máy phay đứng. Máy phay CNC có trục chính bố trí nằm ngang gọi là máy phay nằm ngang.

Máy phay CNC được trang bị hệ thống điều khiển mạnh để tính toán quỹ đạo chuyển động của dụng cụ, nội suy thẳng, nội suy vòng và các đường cong phức tạp (Spline). Để gia công các đường cong và các bề mặt phức tạp, máy phay CNC cần phải có số trục máy ít nhất là ba. Máy phay CNC trục chính nằm ngang năm- trục (hình 1-2a) và máy phay đứng ba- trục chỉ ra trên hình 1-2b.

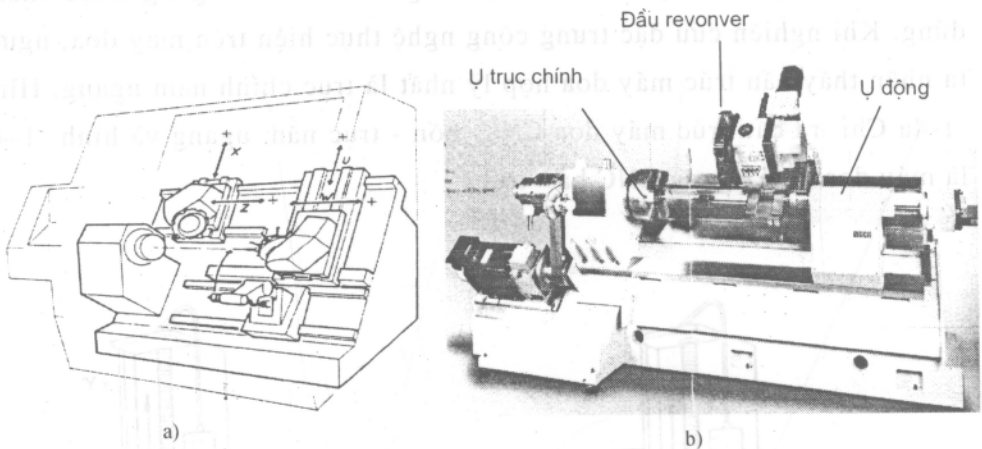


Hình 1-2 a) Máy phay nằm ngang năm - trục CNC;
b) Máy phay đứng ba - trục CNC.

1.3.3 Máy tiện CNC (Turning machines)

Cấu trúc cơ bản của máy tiện CNC là trục chính thường bố trí nằm ngang hoặc thẳng đứng, bàn máy có thể bố trí trên mặt phẳng nằm ngang hoặc trên mặt phẳng nghiêng. Phôi được kẹp bằng mâm cặp hoặc được đặt trên hai đầu chống tâm và đầu chống tâm có khía nhám để truyền momen xoắn.

Máy tiện có thể có nhiều trục chính, một hoặc nhiều bàn xe dao và đầu Revolver. Hình 1-3a chỉ ra máy tiện CNC bốn – trục và hình 1-3b là máy tiện hai trục CNC. Máy tiện CNC có khả năng công nghệ rộng như: tiện trơn, tiện ren, khoan, khoét, doa, khoan tâm, cắt đứt, tiện mặt đầu, phay.vv



Hình 1- 3 a) Máy tiện CNC trục chính nằm ngang bốn - trục.

b) Máy tiện CNC trục chính nằm ngang hai - trục.

Lịch sử phát triển, hiệu quả kinh tế và máy CNC công nghiệp.

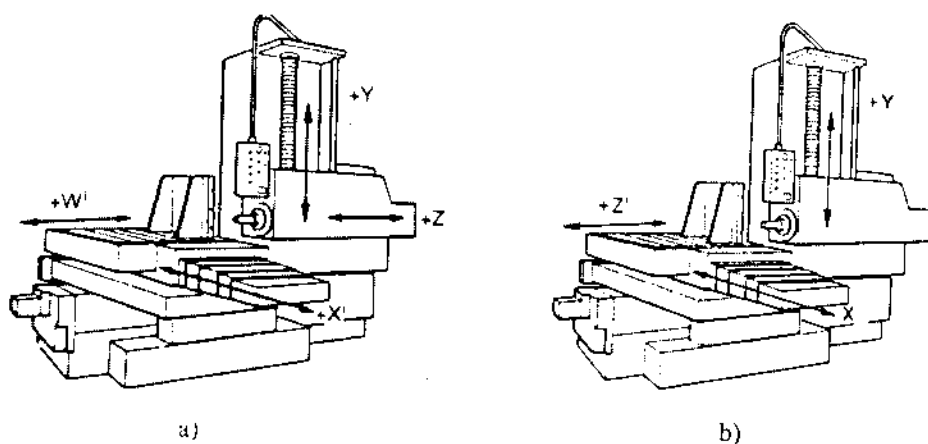
1- Ụ trước mang trục chính, làm nhiệm vụ tạo tốc độ cắt gọt. Trục chính thường được dẫn động bởi động cơ một chiều điều khiển secvo hoặc động cơ xoay chiều điều khiển tần số nhằm tạo khả năng điều khiển vô cấp tốc độ. Tốc độ động cơ thực hiện theo chương trình NC của máy.

2- Ụ sau bố trí đối diện với ụ trước. Chuyển động ụ sau thực hiện theo chương trình điều khiển NC. Khi thay dụng cụ, đầu revolver chuyển động lùi về điểm thay dụng cụ mà điểm này đã được xác định trước để thực hiện quá trình này.

3- Thiết bị thay dụng cụ có kết cấu khá đa dạng nhưng phải đảm bảo thay dụng cụ dễ dàng và nhanh chóng. Khi thay dụng cụ, thiết bị thay dụng cụ chuyển động đến vị trí xác định để thực hiện quá trình này. Tùy theo mức độ tự động hóa mà máy bố trí thêm hệ thống lưu trữ dụng cụ và hệ thống thay phôi tự động.

1.3.4 Máy doa CNC (Boring machines)

Trục chính máy doa CNC thường bố trí nằm ngang hoặc thẳng đứng. Khi nghiên cứu đặc trưng công nghệ thực hiện trên máy doa, người ta nhận thấy cấu trúc máy doa hợp lý nhất là trục chính nằm ngang. Hình 1-4a Chỉ ra cấu trúc máy doa CNC bốn - trục nằm ngang và hình 1-4b là máy doa nằm ngang CNC ba - trục.



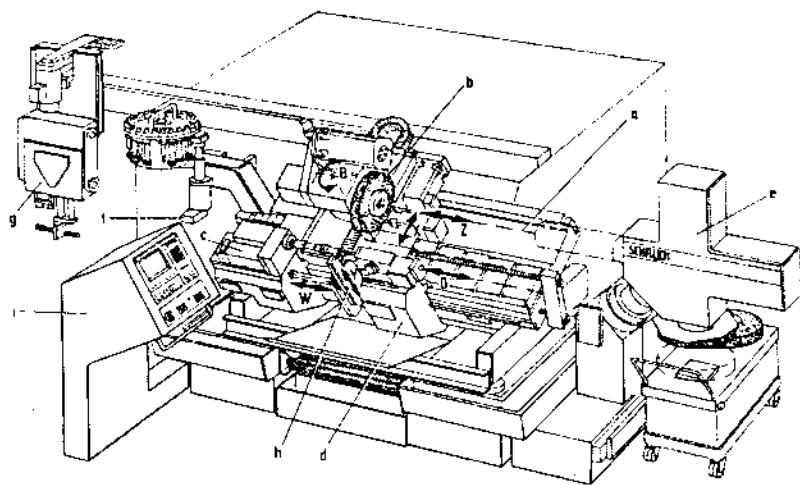
Hình 1-4 a) Máy doa nằm ngang bốn - trục CNC.
b) Máy doa nằm ngang ba - trục CNC.

Đặc điểm của công nghệ doa đòi hỏi máy doa phải có độ chính xác vị trí. Vì vậy máy thường được trang bị hệ thống điều khiển với mức độ tự động hóa cao và được trang bị hệ thống thay phôi, dụng cụ tự động. Máy doa có số trục điều khiển lớn nhất là 8.

Hệ điều khiển máy được thiết kế nhằm đảm bảo máy có khả năng tự động lựa chọn chế độ gia công cho phù hợp với vật liệu dụng cụ cắt và vật liệu phôi. Máy có tính năng xác định lượng mòn của dụng cụ và thực hiện hiệu chỉnh lượng mòn ngay trong quá trình gia công. Đồng thời máy còn được trang bị phần mềm đồ họa đủ mạnh để mô phỏng quá trình gia công chi tiết trên máy

1.3.5 Máy mài CNC (Grinding machines)

Dựa trên cơ sở công nghệ, máy mài CNC được phân ra thành các loại khác nhau. Máy mài có các loại: máy mài phẳng, mài tròn ngoài, mài răng, mài định hình và các dạng khác. Máy mài có số trục máy từ 2 đến 9 trục.



Hình 1-5 Máy mài tròn ngoài CNC.

Cấu trúc của máy mài CNC gồm các thành phần cơ bản chỉ ra trên hình 1-5.

Công nghệ mài đòi hỏi độ chính xác, độ bóng bề mặt cao. Vì vậy, độ chính xác của máy mài CNC cao hơn so với các máy CNC khác.

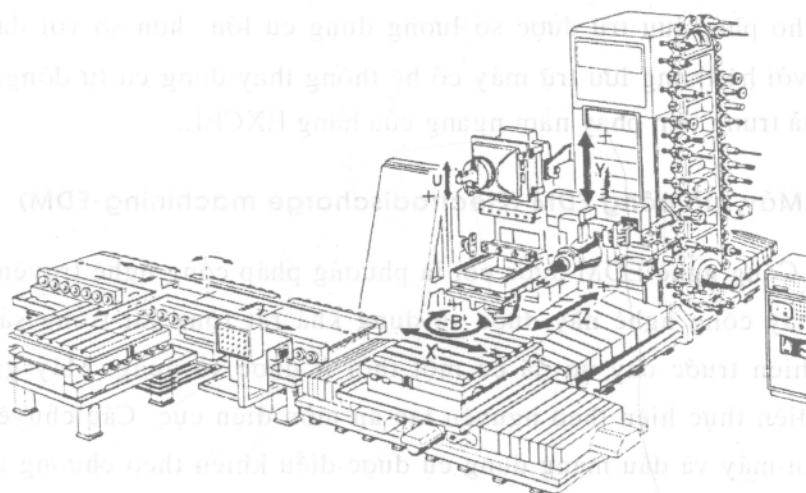
Để đảm bảo điều kiện gia công, hệ thống điều khiển của nó phải đảm bảo dịch chuyển bàn máy êm, lượng dịch chuyển nhỏ và chính xác hơn nhiều so với các máy khác. Để đạt được độ bóng cao tốc độ cắt của máy mài cao khoảng vài chục nghìn vòng/ph và lượng tiến dao vào cắt của đá thông thường vào khoảng 0,002 mm/ph đến 6 mm/ph.

Thành phần cơ bản của máy mài chỉ ra trên (hình 1-5) gồm: (a) băng máy, (b) đá mài mài, (c) ụ động chi tiết, (d) ụ động, (e) hệ thống tự động thay đá, (f) hệ thống tự động sửa đá, (g) hệ thống cấp phôi tự động, (h) hệ thống đo, (i) bàn điều khiển.

Trong quá trình gia công, đá mài mòn nhanh nên máy có hệ thống sửa đá tự động. Thiết bị đo xác định kích thước đá mài, tính toán giá trị tốc độ cần thiết với kích thước đá tương ứng phù hợp với chế độ cắt yêu cầu. Máy cũng được trang bị hệ thống đồ họa mạnh nhằm đáp ứng cho máy có thể mài được các chi tiết có hình dạng phức tạp nhưng vẫn đạt được độ bóng và độ chính xác cao.

1.3.6 Trung tâm gia công (Machining center)

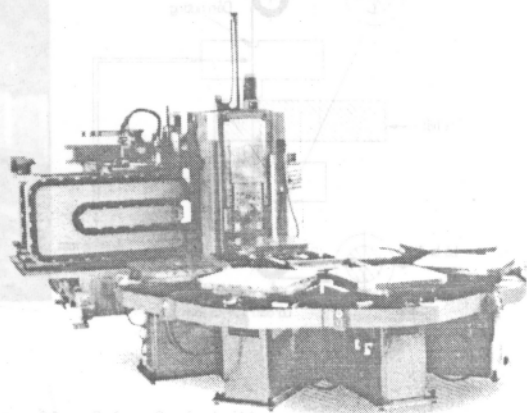
Trung tâm gia công là máy CNC đứng hoặc nằm ngang nhưng được trang bị hệ thống thay dao tự động gọi là trung tâm gia công. Trung tâm gia công là tế bào trong dây truyền sản xuất. Số trục điều khiển của trung tâm gia công ít nhất là 3. Để mở rộng hơn nữa khả năng công nghệ của trung tâm gia công và phù hợp với thương mại, ngay trong quá trình thiết kế người ta đã thiết kế nó dưới dạng các modun độc lập, hệ thống điều khiển là hệ thống mở.



Hình 1- 6 Trung tâm gia công nằm ngang năm - trục CNC.

Khi cần mở rộng trục chuyển động nào đó người ta chỉ cần lắp thêm modul tương ứng vào trung tâm gia công và như vậy số trục điều khiển máy tăng lên, ví dụ trung tâm phay cần tăng thêm trục chuyển động quay đầu trục chính để máy có khả năng gia công lỗ trên mặt nghiêng. Trung tâm gia công năm trục với bốn trục tịnh tiến và một trục quay. Và được trang bị hệ thống thay dụng cụ, dây chuyền cấp phôi tự động chỉ ra trên hình 1-6.

Trung tâm gia công được trang bị thiết bị lưu trữ dụng cụ. Thiết bị lưu trữ dụng cụ có dạng

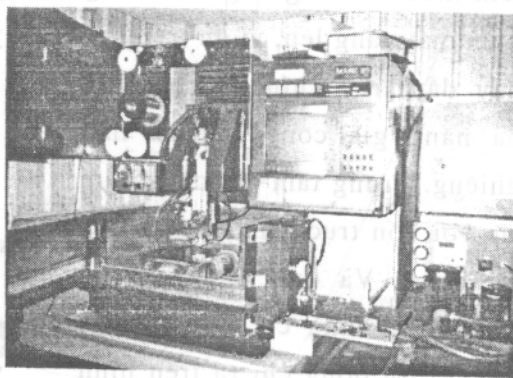
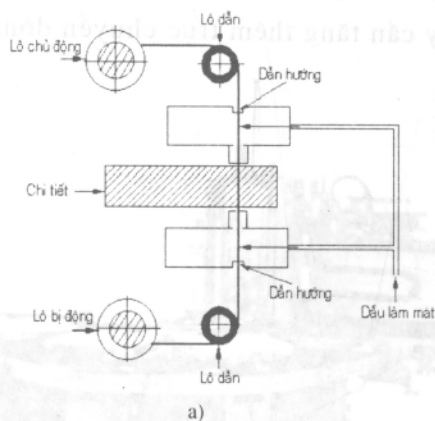


Hình 1- 7 Trung tâm gia công nằm ngang của hãng EXCEL.

mâm, dạng xích một tầng hoặc nhiều tầng. Lưu trữ dụng cụ theo dạng xích cho phép lưu trữ được số lượng dụng cụ lớn hơn so với dạng đĩa. Cùng với hệ thống lưu trữ máy có hệ thống thay dụng cụ tự động. Hình 1 – 7 là trung tâm phay nằm ngang của hãng EXCEL.

1.3.7 Máy gia công EDM (Electrodischarge machining-EDM)

Công nghệ EDM được coi là phương pháp công nghệ truyền thống. Hiện nay công nghệ này được sử dụng khá rất rộng rãi trong sản xuất. Tuy nhiên trước đây nó đã có một thời ít được sử dụng. Máy gia công xung điện thực hiện theo nguyên tắc ăn mòn điện cực. Các chuyển động của bàn máy và đầu mang dụng cụ được điều khiển theo chương trình số nên nó cũng là máy điều khiển số. Nhưng EDM có điểm khác với máy công cụ điều khiển số thông thường là ở chỗ dụng cụ cắt (điện cực) là sợi dây được cấp điện dưới dạng xung điện.



Hình 1- 8 a) Sơ đồ nguyên tắc máy EDM.
b) Máy EDM hai lò cuộn MAX - 21 .

Máy EDM có hai dạng: dạng thứ nhất là máy có hai lò cuộn dây độc lập, một lò đóng vai trò chủ động và lò kia đóng vai trò bị động. Dây đóng vai trò dụng cụ cắt, trong trường hợp này lò chỉ quay một chiều (cắt một lần). Dạng thứ hai của máy EDM là máy chỉ có một lò vừa làm nhiệm

vụ nhả và cuốn nhờ quá trình đảo chiều quay của trục cuốn. Sơ đồ nguyên lý của máy EDM chỉ ra trên hình 1- 8a và máy EDM kiểu MAX –21 hai lô cuốn được chỉ ra trên hình 1-8b.

Quá trình gia công trên máy EDM là quá trình phóng điện giữa dụng cụ (dây) được cấp xung điện và chi tiết, vì vậy độ chính xác gia công tùy thuộc vào độ chính xác của dây. Trong trường hợp máy EDM có hai lô cuốn độc lập loại trừ được sai số gia công do mòn dây gây ra. Trường hợp máy có một lô cuốn dây, sai số do mòn dây (sai số thông số dụng cụ cắt) thường xuất hiện trong gia công. Vật liệu dụng cụ cắt (dây) trong gia công EDM thường làm bằng vật liệu đồng, molipden hoặc vonfram có đường kính từ 0,5 mm đến 3,2 mm. Quá trình gia công vùng cắt luôn được tưới dung dịch dầu bôi trơn cách điện.

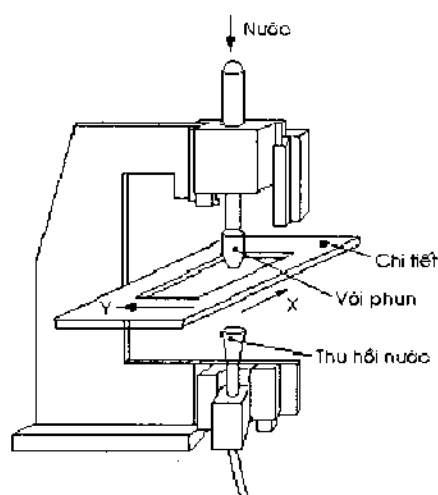
1.3.8 Máy cắt bằng tia nước (Water- jet cutting)

Máy cắt mà dụng cụ cắt là tia nước có áp lực cao được gọi là máy cắt bằng tia nước. Công nghệ cắt bằng tia nước cũng mới xuất hiện nhưng nó đã nhanh chóng được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất.

Các trục chuyển động của máy cắt bằng tia nước được thực hiện nhờ hệ thống điều khiển số nên máy được gọi là máy cắt bằng tia nước CNC. Phương pháp gia công này là một hướng phát triển công nghệ gia công nhằm nâng cao năng suất và chất lượng. Sơ đồ nguyên lý máy cắt bằng tia nước chỉ ra trên hình 1-8.

Đặc điểm của máy là có thiết bị tạo áp suất cao cho nước và vòi phun. Máy cắt bằng tia nước có thể gia công các chi tiết dạng tấm. Vật liệu gia công là tấm plastic, giấy, thép và các vật liệu tấm khác. Chiều dày nhỏ nhất của tấm tối 1,2 mm. Tốc độ cắt từ 76 mm/ph đến 1000 mm/ph, áp suất nước từ 4000 bar đến 9000 bar và đường kính tia nước có thể đạt 0,1mm. Gia công bằng tia nước có vết cắt mịn, trong quá trình gia công không cần làm mát và đặc biệt là không xuất hiện mòn dụng cụ cắt.

Vì vậy trong hệ thống điều khiển không cần tính năng hiệu chỉnh lượng mòn của dụng cụ cắt. Chiều dày chi tiết lớn nhất có thể gia công được gần $80mm$. Chiều rộng mạch cắt khoảng từ $0,1mm$ đến $0,3mm$ tùy thuộc vào kích thước lỗ phun.



Hình 1 -7 Sơ đồ máy CNC dùng tia nước áp lực cao.

Nhược điểm là thiết bị công kênh và yêu cầu độ chính xác cao, đường kính vòi phun từ $0,1mm$ đến $0,3mm$. Tốc độ dòng nước từ $800m/s$ đến $900m/s$. Để nâng cao hiệu quả gia công người ta có thể trộn vào trong nước các bột mịn. Cắt bằng tia nước có các ưu điểm sau:

1- Loại trừ được sản phẩm không có ích (phoi) do quá trình gia công sinh ra có thể ảnh hưởng tới quá trình cắt.

2- Không có lực chạy dao đặt vào chi tiết

3- Phương pháp gia công này không cho dòng điện chạy qua chi tiết trong quá trình gia công. Điều này rất quan trọng trong một số trường hợp gia công đặc biệt như khi làm bản mạch in điện tử.

2

NHỮNG ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN VÀ PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ NC-CNC

2.1 ĐỊNH NGHĨA TRỤC VÀ TRỤC MÁY

2.1.1 Định nghĩa trục

Gia công trên máy CNC là quá trình chuyển động dụng cụ dọc theo đường hình học trên bề mặt cần gia công. Đường hình học được tạo ra trên chi tiết là đường bao của dụng cụ cắt trong quá trình gia công. Thông thường, trong quá trình gia công, chi tiết kẹp chặt trên bàn máy và dụng cụ lắp trên trục chính. Để điều khiển chuyển động dụng cụ cắt dọc theo đường hình học trên bề mặt chi tiết, cần tìm mối quan hệ vị trí giữa dụng cụ và chi tiết.

Mối quan hệ vị trí giữa dụng cụ và chi tiết có thể thiết lập thông qua việc đặt chúng trong cùng một hệ tọa độ. Hệ tọa độ Decac được chọn sử dụng làm hệ tọa độ trong máy công cụ điều khiển số. Hệ tọa độ này dùng để biểu diễn mối quan hệ vị trí giữa dụng cụ và chi tiết và nó được gọi là hệ tọa độ máy. Hệ tọa độ Decac có hai nguyên tắc thiết lập: hệ tọa độ tuân theo nguyên tắc bàn tay phải và tuân theo nguyên tắc bàn tay trái. Không gian giới hạn bởi ba kích thước của hệ tọa độ Decac gắn với máy mà hệ điều khiển máy có thể nhận biết được gọi là vùng gia công.

Đoạn thẳng dùng để định hướng một không gian hoặc một đối tượng hình học gọi là trục. Ba trục bố trí vuông góc với nhau hình thành

hệ tọa độ Decac. Trục được xem như là đường chuẩn dùng để xác định đối tượng nào đó trong không gian theo kích thước dài và kích thước góc.

2.1.2 Định nghĩa trục máy

Phân tích các chuyển động cơ học cho thấy mọi chuyển động đều tổ hợp từ hai chuyển động cơ bản thành phần: chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay tròn. Vì vậy chuyển động dụng cụ của máy cũng được đặc trưng bởi hai chuyển động cơ bản trên. Chuyển động thẳng của dụng cụ song song với trục hệ tọa độ gắn với máy, gọi là trục chuyển động thẳng gọi tắt là trục thẳng. Chuyển động của dụng cụ quay xung quanh trục hệ tọa độ gắn với máy gọi là trục chuyển động quay, gọi tắt là trục quay. Chuyển động quay của dụng cụ xung quanh trục nào đó của hệ tọa độ gắn với máy hoặc chuyển động dụng cụ tịnh tiến song song với trục hệ tọa độ gắn với máy chuyển động đó được gọi là trục. Số trục thể hiện khả năng công nghệ của máy, nên người ta thường lấy số trục kèm với tên máy ví dụ máy phay CNC ba - trục, máy phay CNC bốn - trục để gọi tên của máy.

Để mô tả máy CNC từ đơn giản đến phức tạp, các nước khác nhau đặt ra tiêu chuẩn khác nhau về số trục chuyển động cần thiết. Tài liệu này trình bày tiêu chuẩn của tập đoàn công nghiệp điện tử EIA (Electronic industries association). EIA đưa ra tiêu chuẩn EIA-267-B. Tiêu chuẩn này cho rằng chỉ cần tối đa mười bốn trục (trục chuyển động) là có thể mô tả tất cả các máy NC và CNC từ đơn giản đến phức tạp. Mười bốn trục chuyển động được chia thành hai kiểu: trục quay và trục thẳng. Trong mười bốn trục có chín trục thẳng và năm trục quay. Chín trục thẳng lại được chia thành ba trục thẳng thứ nhất, ba trục thẳng thứ hai và ba trục thẳng thứ ba. Trong số năm trục quay được chia thành ba trục quay thứ nhất và hai trục quay thứ hai.

2.2 CẤU TRÚC HỆ TRỤC MÁY NC -CNC

2.2.1 Ba trục thẳng thứ nhất: X,Y và Z

Hệ tọa độ Decac tuân theo nguyên tắc bàn tay phải được biểu diễn thông qua ba ngón tay, ngón cái, ngón trỏ và ngón giữa. Ba ngón tay bố trí hình thành hệ trục tọa độ. Ngón cái tương ứng với trục X, ngón trỏ tương ứng với trục Y và ngón giữa tương ứng với trục Z. Hệ trục tọa độ Decac được gắn với máy gọi là hệ tọa độ máy. Gắn hệ tọa độ Decac vào máy quy định như thế nào? Gắn hệ trục tọa độ vào máy tùy thuộc vào cấu trúc máy. Cấu trúc máy thường có hai kiểu bố trí cơ bản đó là trục chính thẳng đứng và trục nằm ngang.

Hệ tọa độ Decac gắn vào máy công cụ điều khiển số được quy định bắt đầu từ trục Z. Và trục Z bố trí trùng với trục chính còn các trục khác xác định theo nguyên tắc bàn tay phải hoặc bàn tay trái. Hệ trục máy bố trí theo nguyên tắc bàn tay phải với máy có trục chính bố trí nằm ngang chỉ ra trên hình 2-1a và hệ trục máy có trục chính bố trí thẳng đứng chỉ ra trên hình 2-1b. Ba trục thẳng thứ nhất là ba chuyển động thẳng của dụng cụ song song với các trục hệ tọa độ máy và được ký hiệu bằng các chữ cái X,Y và Z (Ký hiệu trùng với ký hiệu hệ trục máy).

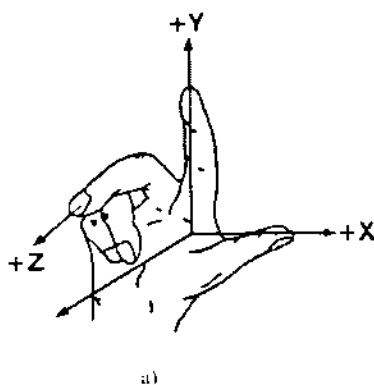
Hai trục thẳng thứ nhất X và Y tương ứng với hai chuyển động của bàn máy trong mặt phẳng tạo bởi hai trục tọa độ X và Y.

Trục thẳng thứ nhất X và trục thẳng thứ nhất Y được bố trí như thế nào trong máy công cụ điều khiển số? Hệ EIA quy định chuyển động nào của bàn máy có hành trình lớn hơn trong hai chuyển động thẳng thứ nhất X và thứ nhất Y, chuyển đó được xác định là chuyển động thẳng thứ nhất X và chuyển động còn lại là trục thẳng thứ nhất Y.

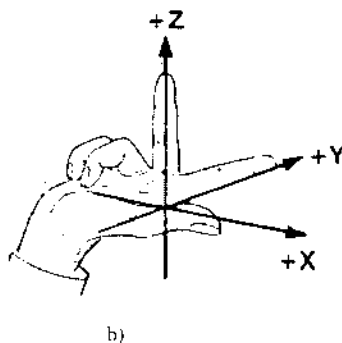
Chuyển động của máy có hai chiều (trục máy có hai chiều), EAI quy ước chiều dương của chuyển động được ký hiệu (+) và chiều âm của chuyển động được ký hiệu (-).

Chiều của ba trục thẳng thứ nhất được xác định như sau: Chiều dương trục thẳng thứ nhất Z (ký hiệu $+Z$) quy ước là chiều tăng dần khoảng cách từ chi tiết đến dụng cụ. Ngược với chiều dương của trục thẳng thứ nhất Z là chiều âm của trục thẳng Z (ký hiệu $-Z$).

Chiều dương của trục thẳng thứ nhất X (ký hiệu $+X$) độc lập với chiều chuyển động của trục thẳng thứ nhất Z và có mối quan hệ vị trí với chi tiết hoặc trụ máy. Chiều dương trục thẳng $+X$ được quy định với hai trường hợp: máy có trục chính bố trí thẳng đứng và máy có trục chính bố trí nằm ngang.



Hình 2-1a Hệ trục máy có trục chính bố trí nằm ngang.



Hình 2-1b Hệ trục máy có trục chính bố trí thẳng đứng.

Trường hợp máy có trục chính bố trí thẳng đứng, người quan sát đứng đối diện với trụ máy qua bàn máy và nhìn từ chi tiết đến trụ máy, chiều dương trục thẳng thứ nhất ($+X$) có chiều hướng từ trái sang phải. Chiều ngược lại là chiều âm của trục ($-X$).

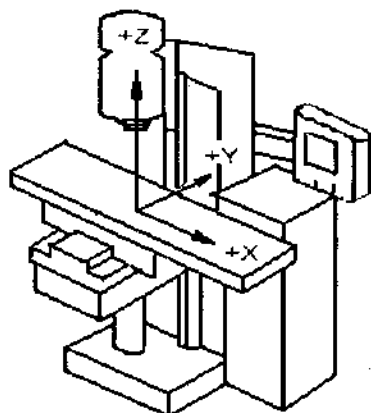
Trường hợp máy có trục chính nằm ngang, người quan sát đứng cùng phía với trụ máy, nhìn từ trụ máy đến chi tiết, chiều dương trục thứ nhất ($+X$) có chiều hướng từ trái sang phải (chiều ngược với chiều khi

trục chính bố trí thẳng đứng. Chiều ngược lại với chiều dương là chiều âm (-X).

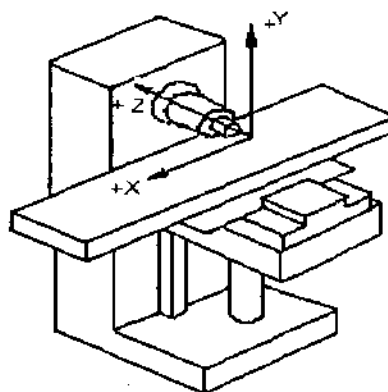
Ký hiệu chiều dương của trục thẳng thứ nhất Y là (+Y), chiều dương (+Y) được xác định dựa trên cơ sở chiều dương (+Z) và chiều dương (+X) đã biết theo nguyên tắc bàn tay phải.

Cách xác định chiều dương (+Y) như sau: Đưa ngón cái theo chiều dương (+X), đưa ngón giữa theo chiều dương (+Z), ngón trở cùng với hai ngón giữa và ngón cái làm thành hệ tọa độ Đecac, chiều đi từ lòng bàn tay đến đầu ngón tay ngón trở là chiều dương của trục (+Y) và chiều ngược lại là chiều âm của trục Y (ký hiệu - Y).

Với quy định nêu trên của EIA, ba trục thẳng thứ nhất máy phay CNC với trục chính bố trí thẳng đứng chỉ ra trên hình 2-2a. Hình 2-2b chỉ rõ bố trí ba trục thẳng thứ nhất trong trường hợp máy phay CNC có trục chính bố trí nằm ngang.



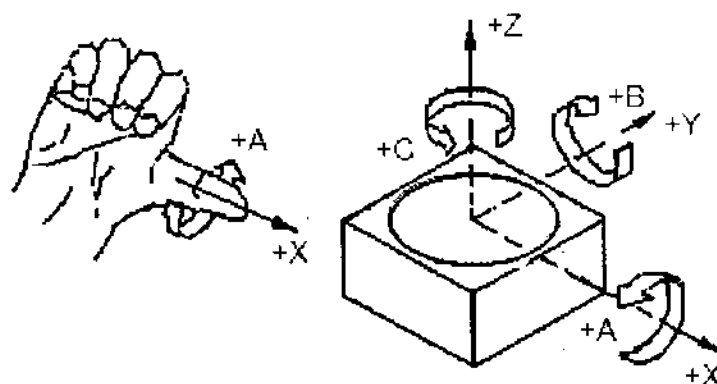
Hình 2-2a Máy phay đứng CNC ba trục thẳng.



Hình 2-2b Máy phay ngang CNC ba trục thẳng.

2.2.2 Ba trục quay thứ nhất: A, B và C

Ba trục quay thứ nhất ký hiệu bằng ba chữ cái A, B và C. Chuyển động quay xung quanh trục thẳng thứ nhất X là trục quay thứ nhất ký hiệu bằng chữ A. Chuyển động quay quanh trục thẳng thứ nhất Y là trục quay thứ nhất ký hiệu bằng chữ B và chuyển động quay quanh trục thẳng thứ nhất Z là trục quay thứ nhất được ký hiệu bằng chữ C. Các trục quay có hai chiều chuyển động: chiều âm và chiều dương.

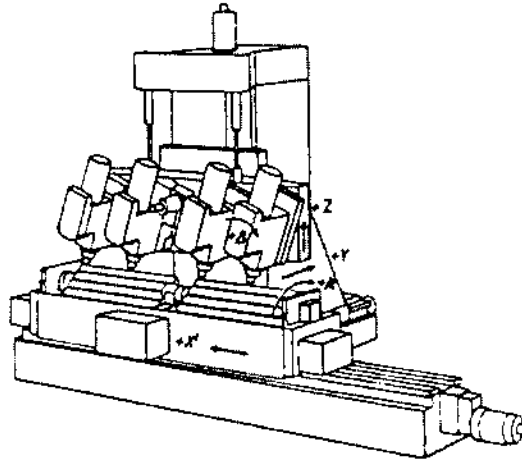


Hình 2-3 Nguyên tắc ngón tay bàn tay phải xác định chiều quay trục quay thứ nhất.

Chiều dương chuyển động trục quay A được ký hiệu (+A), chiều quay ngược lại với chuyển động quay (+A) là chiều quay âm được ký hiệu (-A) và chiều quay dương trục quay thứ nhất B được ký hiệu (+B), chiều quay ngược với chiều quay dương là chiều quay (-B). Chiều chuyển động dương C được ký hiệu (+C) và chiều quay âm được ký hiệu (-C).

Chiều của ba trục quay thứ nhất được xác định theo nguyên tắc ngón tay của bàn tay phải. Đưa ngón tay cái theo chiều từ lòng bàn tay đến đầu ngón tay trùng với chiều dương của trục thẳng X, nắm các ngón tay còn lại, chiều chuyển động của các ngón tay còn lại trùng với

chiều quay dương của trục quay A. Tương tự như vậy, chiều quay dương của các trục quay B và C chỉ rõ trên hình 2-3.

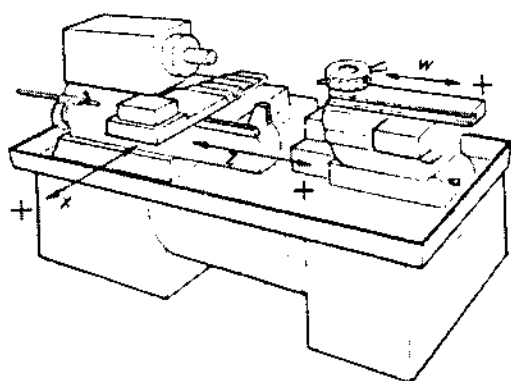


Hình 2-4 Máy phay CNC năm - trục.

Hình 2-4 chỉ ra các trục của máy phay năm-trục CNC. Trên máy bố trí hai trục thẳng thứ nhất X,Y tương ứng với hai chuyển động chạy dao dọc và chạy dao ngang của bàn máy. Trục thẳng thứ nhất Z tương ứng với chuyển động chạy dao đứng. Trục quay thứ nhất A tương ứng với chuyển động quay của giá mang phôi và trục quay thứ nhất B là chuyển động quay của đầu mang dụng cụ.

2.2.3 Ba trục thẳng thứ hai: U,V và W

Một vài máy CNC cần có thêm trục thẳng để thực hiện các chức năng cần thiết, ví dụ máy tiện CNC, trên máy ngoài bố trí bàn xe dao máy cần bố trí đầu revolve (turret) mang dụng cụ và chuyển động dọc theo trục Z. Do vậy hệ thống điều khiển phải có khả năng điều khiển trực tiếp chuyển động của revolve. Và chuyển động tịnh tiến này được gọi là trục thẳng thứ hai.



Hình 2-5 Trung tâm tiện ba trục.

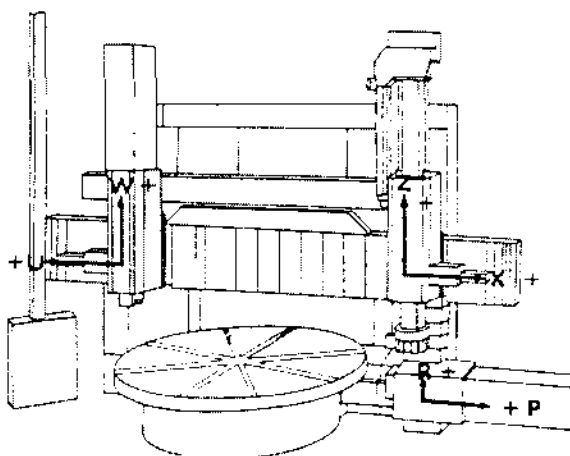
Ba trục thẳng thứ hai ký hiệu bằng các chữ cái U,V và W. Các trục thẳng thứ hai được quy ước, trục thẳng thứ hai U là chuyển động song song với trục thẳng thứ nhất X, trục thẳng thứ hai V song song với trục thẳng thứ nhất Y và trục thẳng thứ hai W song song với trục thẳng thứ nhất Z. Hình 2-5 là trung tâm tiện ba trục thẳng trong đó có hai trục thẳng thứ nhất X và Z, thực hiện chạy dao dọc và chạy dao ngang. Trục thẳng thứ hai W làm nhiệm vụ chuyển động thực hiện quá trình tự động thay dụng cụ trong quá trình gia công.

2.2.4 Ba trục thẳng thứ ba: P,Q và R

Một số máy CNC phức tạp, ngoài ba trục thẳng thứ nhất và ba trục thẳng thứ hai nhưng vẫn chưa đủ để mô tả hết các chuyển động cần thiết, máy cần thêm ba trục thẳng thứ ba. Ba trục thẳng thứ ba được ký hiệu bằng ba chữ cái P,Q và R. Trục thẳng thứ ba R là trục thẳng song song với trục thẳng X, trục thẳng thứ ba Q song song với trục thẳng Y và trục thẳng R song song với trục Z.

Hình 2-6 chỉ ra cấu trúc máy tiện đứng sáu – trục CNC. Hai trục thẳng thứ nhất X và Z tương ứng với chuyển động chạy dao đứng và chạy dao ngang của đầu dao trụ phải. Hai trục thẳng thứ hai U và W tương ứng

với chuyển động chạy dao đứng và ngang của đầu dao trái. Chuyển động thẳng thứ ba P và Q thực hiện chuyển động chạy bàn máy song song với trục X và Z.

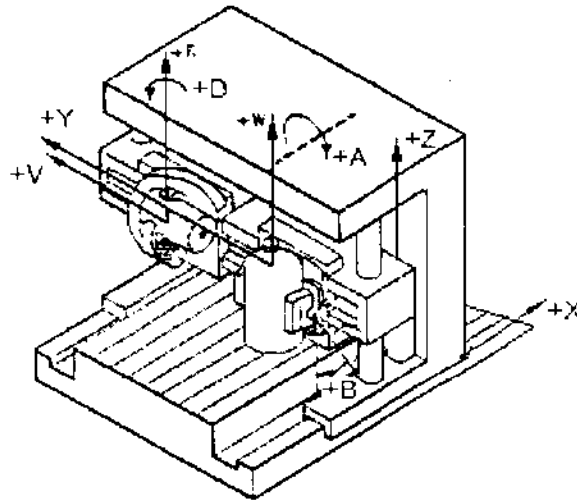


Hình 2-6 Máy tiện đứng CNC sáu-trục.

2.2.5 Hai trục quay thứ hai: D và E

Hai trục quay thứ hai được ký hiệu bằng hai chữ cái D và E. Đặc trưng của trục quay thứ hai là quay song song với trục quay thứ nhất A, B hoặc C hoặc một trục đặc biệt.

Máy phay giường CNC dùng để gia công bề mặt phức tạp. Máy gồm ba trục thẳng thứ nhất X, Y và Z, hai trục thẳng thứ hai V và W, một trục thẳng thứ ba R, hai trục quay thứ nhất A, B (nhớ rằng hai trục quay này quay xung quanh trục thẳng thứ nhất X và Y) và một trục quay thứ ba D. Trục quay D quay song song với trục quay A cũng có nghĩa là quay xung quanh trục X. Máy phay giường tám - trục CNC gia công bề mặt phức tạp hai đầu dao chỉ ra trên hình 2-7.



Hình 2-7 Máy phay giường CNC tám - trục hai đầu dao.

2.3 HỆ TỌA ĐỘ

Nhiệm vụ chính của chương trình NC là cung cấp thông tin điều khiển chuyển động dụng cụ hình thành các đường hình học đã được thiết kế trên chi tiết. Chương trình NC đòi hỏi phải có hệ tọa độ mà hệ tọa độ đó dùng để xác định vị trí của vật thể trên máy. Trên máy CNC có hai hệ tọa độ có thể dùng để xác định mọi vị trí chi tiết trên máy: hệ tọa độ Đecac và hệ tọa độ cực.

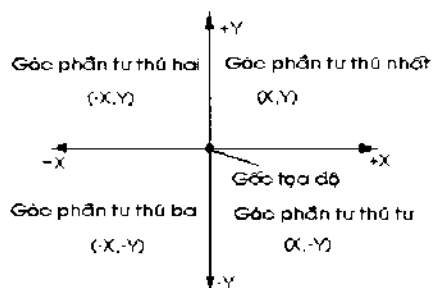
2.3.1 Hệ tọa độ Đecac

Hệ tọa độ Đecac được xem như là hệ tọa độ chữ nhật. Với hệ tọa độ này mọi điểm trong không gian được xác định duy nhất bởi độ dài đo trên ba trục vuông góc với nhau. Trong máy công cụ điều khiển số hai trục thẳng thứ nhất X và trục thẳng Y xác định vị trí bàn máy. Hai trục thẳng X và Y bố trí vuông góc hình thành hệ tọa độ phẳng. Giao của chúng gọi là gốc tọa độ. Trong hệ tọa độ phẳng dùng trong máy công cụ

điều số, người ta quy ước trục thẳng nằm ngang là trục thẳng X và trục thẳng đứng là trục Y.

Hai trục chia mặt phẳng thành bốn phần và chúng được đánh số thứ tự theo chiều ngược kim đồng hồ. Góc phần tư thứ nhất quy ước là góc nằm phía trên trục X và nằm bên phải trục Y. Đặc điểm là tất cả các điểm nằm trong góc phần tư này đều có giá trị X và Y dương. Góc phần tư thứ hai được xác định là góc nằm trên trục X và nằm bên trái trục Y. Tất cả các điểm nằm trong góc phần tư thứ hai có giá trị X luôn âm và Y luôn dương. Ở góc phần tư thứ ba là góc nằm dưới trục X nằm bên trái Y, tất cả các điểm nằm trong góc phần tư này có giá trị X và Y luôn âm. Góc phần tư thứ tư là góc nằm dưới trục X và nằm bên phải trục Y. Tất cả các điểm nằm trong góc phần tư thứ tư có giá trị X luôn dương và giá trị Y luôn âm như chỉ ra trên hình 2-8.

Trong thực tế, máy CNC có nhiều trục dùng để gia công các bề mặt phức tạp. Vì vậy trục thẳng thứ nhất Z dùng để mở rộng mặt phẳng XY thành không gian ba chiều. Điều đó hình thành hệ tọa độ ba trục thẳng. Chú ý rằng hệ tọa độ ba trục thẳng, mặt phẳng XOY chia không gian thành hai phần. Tất cả các điểm nằm phía trên mặt phẳng XOY có giá trị Z luôn dương và các điểm nằm phía dưới mặt phẳng XOY có Z luôn âm.

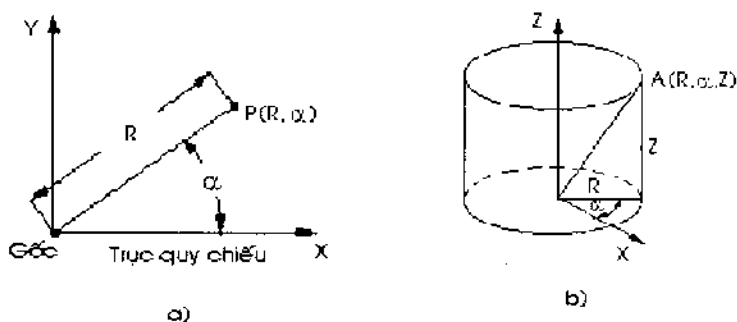


Hình 2-8 Hệ tọa độ Decac.

2.3.2 Hệ tọa độ cực

Trong hệ tọa độ phẳng (hai trục), vị trí một điểm trên mặt phẳng XY được xác định bởi khoảng cách đo từ gốc tọa độ dọc theo các trục OX và OY. Nhưng trong hệ tọa độ cực, vị trí một điểm bất kỳ được xác định

bởi bán kính (bán kính được đo từ gốc tọa độ tới điểm khảo sát) và góc được hình thành bởi trục OX và bán kính của điểm khảo sát chỉ ra trên hình 2-9a.



Hình 2-9 a) Hệ tọa độ cực; b) Hệ tọa độ trụ.

Góc có đơn vị đo bằng độ và giá trị góc dương khi đo theo chiều ngược kim đồng hồ, góc có giá trị âm khi đo góc theo chiều thuận kim đồng hồ. Nếu hệ tọa độ cực thêm kích thước theo phương Z, hệ tọa độ cực trở thành hệ tọa độ trụ. Với hệ tọa độ trụ một điểm được xác định bởi ba thông số: bán kính R, góc α và kích thước đo trên trục Z. Hệ tọa độ trụ dùng để nội suy đường xoắn trên mặt trụ nhờ chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến. Ví dụ xác định điểm A trong hệ tọa độ trụ như hình 2-9b.

2.3.3 Tọa độ quy chiếu

Trong máy công cụ điều khiển số điểm có hai mục đích sử dụng đó là điểm biểu diễn vị trí điểm (points) trong vùng gia công và điểm được sử dụng làm điểm quy chiếu (reference point) hay gọi là điểm gốc. Điểm vị trí dùng để tính toán các điểm khác nhau trên chi tiết và điểm quy chiếu dùng để xác định vị trí máy. Điểm quy chiếu có thể chia thành các loại sau:

1. *Điểm gốc máy* (machine reference point) là điểm gốc hệ tọa độ máy, nó đặt cố định trên máy. Điểm gốc máy được ký hiệu bằng chữ cái M viết tắt của chữ (Machine). Điểm gốc máy dùng để tổ chức máy sau mỗi lần mất điện và nó cũng là điểm dùng để xác định vị trí thay dụng cụ. Điểm gốc máy được xác định bằng chuyển mạch đặt ở vị trí xác định cho mỗi trục. Vị trí đặt điểm gốc máy do người thiết kế máy quyết định. Nhiều máy CNC người ta thiết kế hệ điều khiển yêu cầu bàn máy và trục chính phải quay về điểm gốc máy trước khi thực hiện chương trình mới.

Điều khiển bàn máy và trục chính về gốc máy được thực hiện theo hai cách: bằng tay và bằng chương trình. Điều khiển về gốc máy bằng tay được thực hiện nhờ các phím trên bàn điều khiển và cách này cho phép thực hiện điều khiển độc lập từng trục hoặc các trục đồng thời.

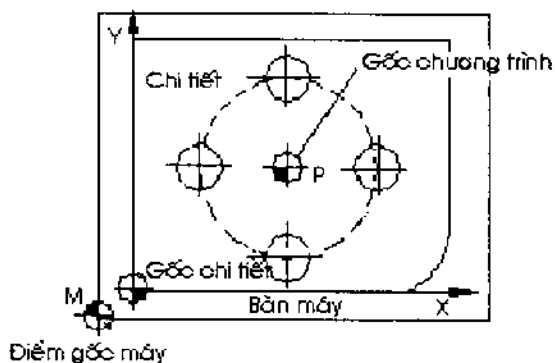
Điều khiển về gốc máy nhờ phần mềm (chương trình), thường trú trong máy. Trước khi quá trình thay dụng cụ xảy ra, trục chính và bàn máy được đưa về gốc máy bằng chương trình. Hệ điều khiển Fanuc và Mitsubishi dùng mã lệnh G28 để thực hiện mục đích đó.

Khi máy bị mất điểm gốc máy, người sử dụng có thể xử lý để có điểm gốc mới hoặc thay thế điểm gốc bằng điểm khác theo cách sau:

- Chuyển máy về nơi sản xuất để xác định lại điểm gốc máy;
- Sử dụng điểm thay dụng cụ như điểm gốc máy;
- Dùng điểm gốc chương trình thay cho điểm gốc máy.

2. *Điểm gốc chương trình* (program reference point). Trong nhiều trường hợp tọa độ điểm gia công xác định theo điểm gốc máy không thuận lợi. Nếu dùng một điểm không phải điểm gốc máy, việc xác định vị trí các điểm gia công thuận lợi hơn, điểm này người ta gọi là điểm gốc chương trình và được ký hiệu bằng chữ cái P (chữ viết tắt của Program). Vì vậy điểm gốc chương trình cần phải lựa chọn trước khi lập trình

và phù hợp với chi tiết gia công. Hình 2-10 là một ví dụ về điểm gốc chương trình. Giả thiết cần gia công bốn lỗ được bố trí như hình vẽ và chọn dụng cụ có kích thước bằng đường kính lỗ, rõ ràng nếu sử dụng điểm gốc máy (M) làm điểm để xác định tâm của bốn lỗ sẽ phức tạp hơn nhiều khi sử dụng điểm gốc chương trình (P). Chú ý rằng một điểm gốc chương trình có thể sử dụng cho nhiều chi tiết gia công. Điểm gốc chương trình nên lựa chọn trùng với điểm gốc chi tiết.



Hình 2-10 Điểm gốc chương trình.

Sử dụng điểm gốc chương trình, hệ điều khiển Funuc dùng mã lệnh G92 cho máy phay và mã lệnh G50 cho máy tiện.

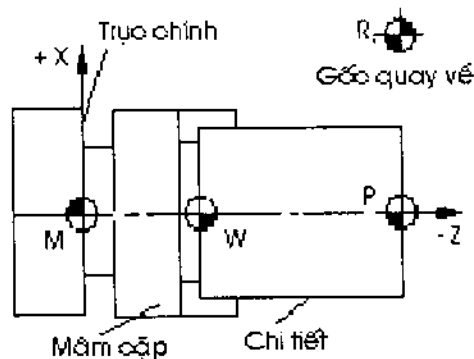
3. *Điểm gốc chi tiết* (work reference points) được ký hiệu bằng chữ W là điểm gốc của hệ tọa độ chi tiết. Điểm này có thể chọn một điểm bất kỳ trên bàn máy. Trong nhiều trường hợp, dùng một điểm gốc chi tiết để gia công nhiều chi tiết cùng một chương trình con giống nhau trong một lần gia công. Sử dụng điểm gốc chương trình tạo thuận lợi cho quá trình lập trình gia công nhiều chi tiết với chương trình đơn giản.

4. *Điểm quay về* (reference point return), ký hiệu R là điểm cố định trên máy. Nó được xác định nhờ các công tắc tiếp xúc hoặc không

tiếp xúc. Điểm gốc quay về dùng với hai mục đích: coi là một điểm gốc để xác định tọa độ các điểm khác và làm vị trí để thay dụng cụ.

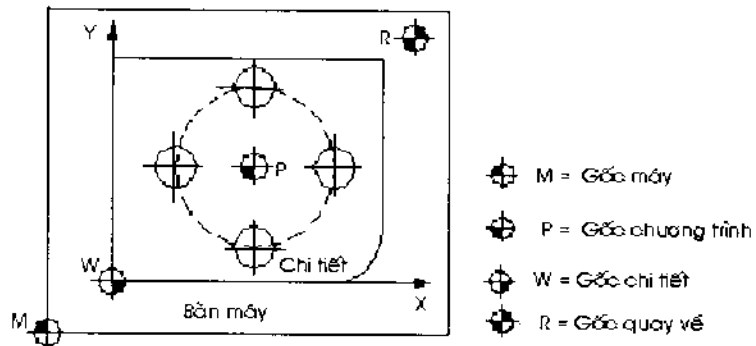
Hệ điều khiển máy CNC thừa nhận điểm quay về như là một điểm gốc để tính toán các điểm khác trên máy.

Đưa dụng cụ về điểm gốc quay về cũng có hai cách: bằng tay và bằng chương trình. Khi điều khiển bằng tay người ta sử dụng các phím chức năng trên bàn điều khiển. Với cách này có thể điều khiển riêng từng trục. Điều khiển tự động thực hiện bằng chương trình thường trú trong máy.



Hình 2-11 Các loại điểm gốc trên máy tiện.

Thực hiện chức năng quay về điểm gốc quay về, hệ điều khiển Funuc sử dụng mã lệnh G28 và G30. Mã lệnh G28 dùng để thay dụng cụ tự động, lệnh G30 dùng xác định điểm gốc quay về thứ hai, thứ ba và thứ tư. Hệ thống điểm gốc dùng cho máy phay CNC chỉ ra trên hình 2-12.



Hình 2-12 Các loại điểm gốc trên máy phay CNC.

2.4 PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NC

Hệ điều khiển máy công cụ điều khiển số được phân thành các kiểu sau:

- Điều khiển theo vị trí.
- Dẫn dụng cụ liên tục.
- Cấu trúc điều khiển NC và CNC.

2.4.1 Phân loại theo dạng điều khiển

2.4.1.1 Điều khiển theo vị trí

Hệ điều khiển theo vị trí hay còn gọi là hệ điều khiển điểm đến điểm (point to point). Chức năng chính của hệ điều khiển theo vị trí là chuyển động nhanh dụng cụ từ điểm này đến điểm khác đã được định trước để gia công với độ chính xác vị trí cao. Chú ý rằng quá trình cắt không xảy ra khi chuyển động dụng cụ từ điểm này đến điểm tiếp theo. Hệ điều khiển kiểu này thường dùng với máy khoan, doa, máy đục lỗ bằng chương trình.

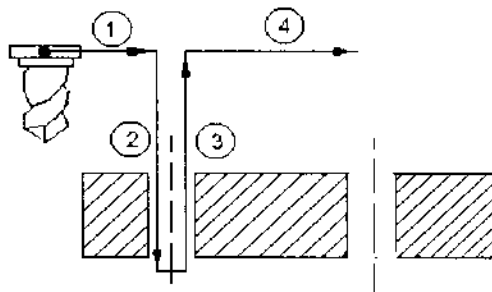
Quá trình điều khiển của hệ điều khiển vị trí tiến hành theo bốn bước chỉ ra trên hình 2-13.

1- *Bước thứ nhất* dụng cụ chuyển động nhanh đến vị trí cần gia công.

2- *Bước thứ hai* thực hiện gia công, thông thường dụng cụ chuyển động theo trục Z hay còn gọi là chuyển động chạy dao đứng.

3- *Bước thứ ba* thực hiện chạy dao dọc theo Z thoát khỏi vùng gia công sau khi gia công xong.

4- *Bước thứ tư* chuyển động nhanh dụng cụ đến vị trí gia công tiếp theo.



Hình 2-13 Quá trình điều khiển theo vị trí.

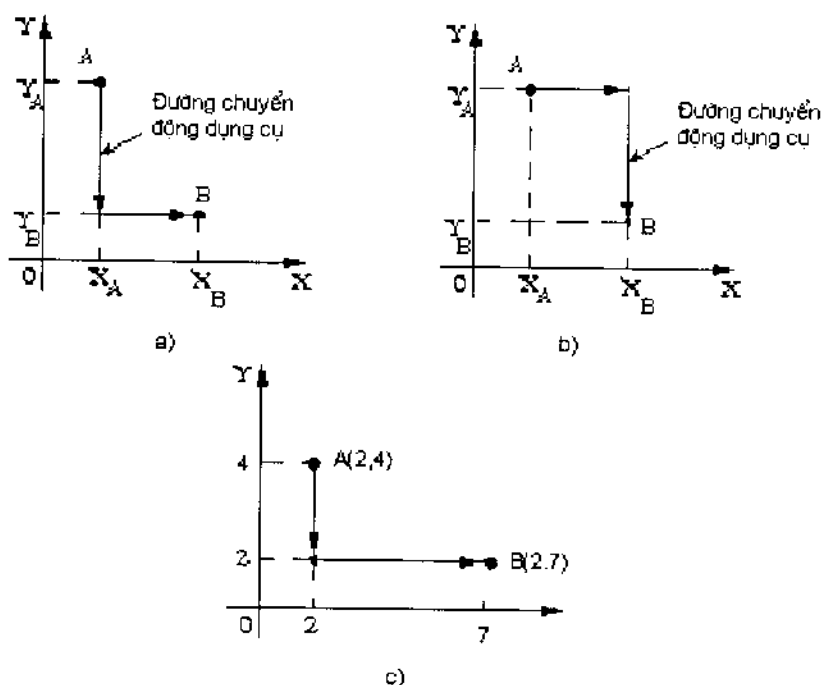
Để thực hiện chuyển động dụng cụ từ điểm vừa gia công xong đến điểm gia công tiếp theo người ta có thể thực hiện theo các cách sau:

1. Chuyển động dụng cụ song song với trục hệ tọa độ

Giả sử cần chuyển động dụng cụ từ điểm ban đầu $A(x_A, y_A)$ đến điểm tiếp theo $B(x_B, y_B)$ nằm trong góc phần tư thứ nhất. Theo cách chuyển động dụng cụ song song với trục có thể thực hiện theo hai trình tự:

a) Chuyển động dụng cụ song song với trục Y sau đó chuyển động song song với trục X như chỉ ra trên hình 2-14a.

b) Chuyển động dụng cụ song song với trục X, tiếp theo chuyển động song song với trục Y chỉ ra trên hình 2-14b.



Hình 2-14 Các dạng chuyển động dụng cụ song song với trục máy.

Điều khiển chuyển động dụng cụ bắt đầu từ điểm $A(x_A, y_A)$. Đầu tiên hệ điều khiển thực hiện chuyển động dụng cụ song song với trục Y cho đến khi giá số trên trục Y bằng không ($\Delta Y = Y_A - Y_B = 0$) trục Y dừng. Sau khi dừng chuyển động trục Y, hệ điều khiển thực hiện chuyển động dụng cụ song song với trục X. Chuyển động này thực hiện cho đến khi giá số trên trục X bằng không ($\Delta X = X_B - X_A = 0$). Nhớ rằng trong quá trình dụng cụ chuyển động song song với trục Y, trục X ở trạng thái dừng. Cách chuyển động dụng cụ song song với trục X trước, trình tự điều khiển tương tự như trường hợp bắt đầu song song với trục Y.

Chắc chắn rằng cách chuyển động dụng cụ lần lượt song song với các trục là cách mà thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ từ điểm gia công này đến vị trí gia công tiếp theo là chậm nhất. Nhưng có ưu điểm là hệ điều khiển đơn giản, dễ dàng trong điều khiển và đặc biệt là giá thành thấp.

Ví dụ 2-1 : Tính thời gian cần thiết để chuyển động dụng cụ từ điểm bắt đầu A(2,4) đến điểm gia công tiếp theo B(7,2). Biết rằng tốc độ của các trục bằng nhau và $V=30 \text{ mm/ph}$. Đơn vị đo chiều dài tính bằng milimet. Lựa chọn cách chuyển động dụng cụ song song với trục X trước sau đó đến trục Y chỉ ra trên hình 2-14c.

GIẢI:

Thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ song song với trục Y:

$$T_Y = (Y_A - Y_B)60/V = (4 - 2)60/30 = 4 \text{ s}$$

Thời gian chuyển động dụng cụ song song với trục X.

$$T_X = (X_B - X_A)60/V = (7 - 2)60/30 = 10 \text{ s}$$

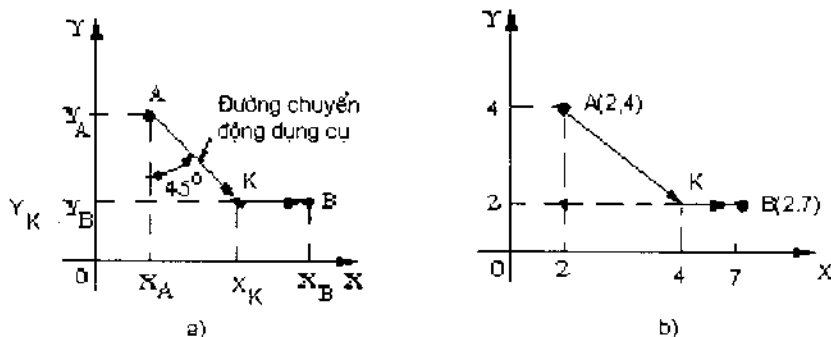
Tổng thời gian chuyển động dụng cụ từ điểm A đến điểm B.

$$t_X + t_Y = 10 + 4 = 14 \text{ s}$$

2. Chuyển động dụng cụ nghiêng góc 45°

Chuyển động dụng cụ nghiêng góc 45° được điều khiển theo trình tự, ban đầu dụng cụ từ điểm A(x_A, y_A) chuyển động tới điểm K là tổ hợp từ hai chuyển động thẳng thành phần song song với hai trục máy X và Y với cùng tốc độ vì vậy đường chạy dao là đường nghiêng một góc bốn năm độ (45°). Chuyển động dụng cụ thực hiện cho đến khi một trong hai gia số ΔX hoặc ΔY bằng không (trường hợp khảo sát ΔY tiến dần đến không trước) hoặc cả hai gia số bằng không như trường hợp điểm đầu và

điểm tiếp theo nằm ở hai đầu của đường chéo hình vuông. Trường hợp gia số trên trục Y bằng không trước ($\Delta Y = 0$) chỉ ra trên hình 2-15a.



Hình 2-15 a) Đường chuyển động của dụng cụ nghiêng góc bốn năm độ.
b) Ví dụ tính toán.

Ví dụ 2-2: Tính thời gian cần thiết để chuyển động dụng cụ từ điểm A(2,4) đến điểm B(7,2) theo cách nghiêng bốn năm độ như chỉ ra trên (hình 2 - 15b). Biết rằng tốc độ chuyển động trên hai trục bằng nhau $V = 30 \text{ mm/s}$. Đơn vị đo chiều dài tính bằng milimet.

GIẢI:

Xác định tọa độ điểm K

$$Y_K = Y_B; \quad (Y_A - Y_B) \operatorname{tg} \alpha = (4 - 2) \operatorname{tg} (45) = 2; \quad X_K = 4$$

Tính thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ trên đường nghiêng bốn năm độ (từ A đến K).

$$t_{ng} = (X_K - X_A)60/30 = (Y_A - Y_K)60/30 = (4 - 2)60/30 = 4 \text{ s}$$

Thời gian cần thiết để dụng cụ chuyển động song song với trục X hết quãng đường còn lại (từ điểm K đến điểm B)

$$t_x = (X_B - X_K)60/30 = (7-4)60/30 = 6 \text{ s}$$

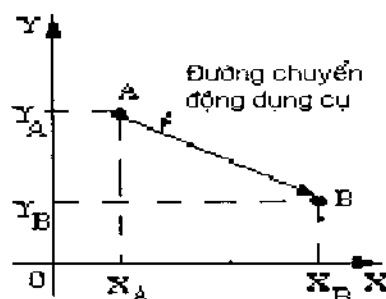
Tổng thời gian cần thiết để chuyển động dụng cụ từ điểm A đến điểm B

$$t_1 = t_{ugh} + t_x = 4 + 6 = 10s$$

Từ ví dụ 2-1 và 2-2 cho thấy thời gian chuyển động theo cách nghiêng góc bốn năm độ nhỏ hơn so với chuyển động dụng cụ song song với các trục

3. Chuyển động dụng cụ theo đường thẳng

Kiểu điều khiển chuyển động dụng cụ theo đường thẳng là hệ điều khiển thực hiện đồng bộ cả hai trục chuyển động X và trục Y sao cho dụng cụ chuyển động theo đường thẳng nối giữa hai điểm $A(X_A, Y_A)$ và $B(X_B, Y_B)$ như chỉ ra trên hình 2-16.



Hình 2-16 Đường chuyển động dụng cụ theo đường thẳng.

Tốc độ chuyển động của trục X khác với tốc độ của trục Y.

Thời gian cần thiết chuyển động từ điểm A đến điểm B kiểu dẫn động dụng cụ theo đường thẳng là nhỏ nhất so với hai cách chuyển động dụng cụ song song với trục máy và nghiêng góc bốn năm độ. Để thực hiện chuyển động đồng thời hai trục có tốc độ khác nhau, hệ thống điều khiển phức tạp chính vì vậy giá thành của nó cao hơn so với hai hệ điều khiển đã nêu ở trên.

Giải pháp thực hiện dùng chính xác

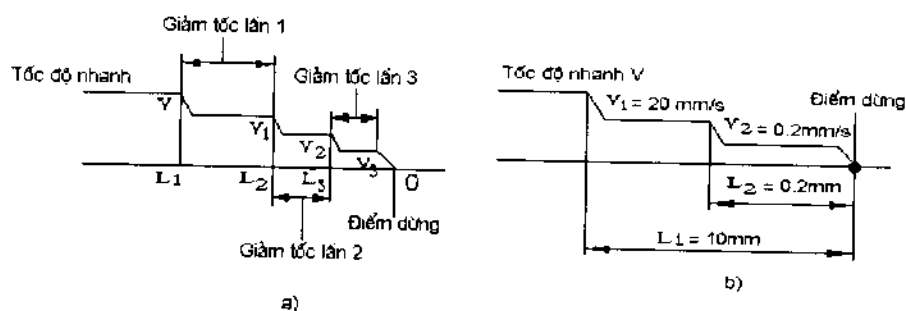
Để giảm thời gian chạy không trong quá trình chuyển động dụng cụ tới vị trí gia công tiếp theo, tốc độ chuyển động dụng cụ cần phải đạt được tốc độ lớn cho phép. Do chuyển động của cơ cấu mang dụng cụ tốc

độ cao, quán tính chuyển động của cơ cấu rất lớn, vì vậy vấn đề dừng vị trí chính xác dụng cụ với thời gian dừng là nhỏ nhất là vấn đề đặt ra cho những người thiết kế hệ thống điều khiển vị trí. Để giảm lực quán tính của cơ cấu chấp hành khi chuyển nhanh từ vị trí gia công này đến vị trí gia công tiếp theo bằng cách giảm dần tốc độ cơ cấu chấp hành trước điểm dừng. Phương pháp thực hiện giảm dần tốc độ trước điểm dừng ở đây trình bày hai cách thường gặp trong máy công cụ điều khiển số:

1- Giảm tốc độ chuyển động theo cấp. Số cấp tốc độ tùy thuộc vào tốc độ chuyển động và khối lượng chuyển động.

2 – Giảm tốc chuyển động vô cấp.

Giảm tốc theo cấp chỉ ra trên hình 2-17a. Bàn đầu bàn máy chuyển động nhanh với vận tốc V , đến khi bàn máy cách vị trí dừng đoạn L_1 , tại điểm này, hệ thống điều khiển thực hiện giảm tốc độ xuống đến V_1 .



Hình 2-17 a) Thực hiện giảm tốc độ ba cấp.
b) Ví dụ thực hiện giảm tốc theo hai cấp.

Bàn máy tiếp tục chuyển động với tốc độ V_1 đến khi cách điểm dừng đoạn L_2 , hệ thống điều khiển giảm tốc độ xuống V_2 và bàn máy chuyển động với tốc độ V_2 cho đến khi cách điểm dừng đoạn L_3 , bàn máy giảm xuống tốc độ V_3 , bàn máy chạy với tốc độ này cho đến gần điểm dừng và bàn máy giảm tốc độ xuống không tại điểm dừng.

Ví dụ 2-3 : Tính toán thời gian dừng bàn máy theo phương pháp giảm hai lần tốc độ như hình 2-17b với các số liệu sau:

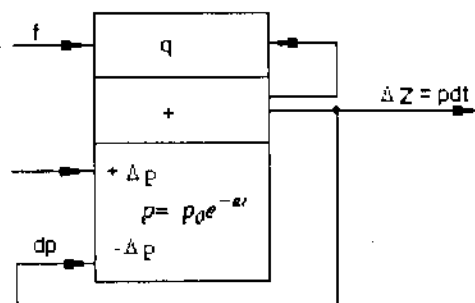
Tốc độ chuyển động nhanh của bàn máy là V , khi bàn máy cách điểm dừng $L_1 = 10 \text{ mm}$ tốc độ bàn máy giảm lần thứ nhất từ tốc độ V xuống $V_1 = 20 \text{ mm/s}$ và giữ tốc độ này cho đến khi bàn máy cách điểm dừng $L_2 = 0,2 \text{ mm}$. Bàn máy giảm tốc độ lần thứ hai $V_2 = 0,2 \text{ mm/s}$ và tốc độ bằng không tại điểm dừng. Bỏ qua thời gian chuyển đổi tốc độ.

GIẢI: Thời gian dừng bàn máy được tính như sau:

$$t = \frac{L_1 - L_2}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} = \frac{10 - 0,2}{20} + \frac{0,2}{0,2} = 1,49 \text{ s}$$

Giảm tốc độ liên tục bàn máy trước điểm dừng có thể thực hiện giảm theo hàm mũ suy giảm $p = p_0 e^{-at}$. Hàm suy giảm được thiết kế trên cơ sở phần tử DDA (phần tử này sẽ được trình bày trong các chương tiếp theo). Mạch tạo hàm suy giảm có cấu trúc đơn giản chỉ cần một phần tử DDA được ghép nối chỉ ra trên hình 2-18. Đầu ra của phần tử DDA đưa trở lại đầu vào $-\Delta p$ của phần tử DDA. Để cho phần tử DDA hoạt động cần cung cấp xung đồng hồ từ bên ngoài. Tần số xung đồng hồ tính theo công thức:

$f = a2^n$ trong đó n = số bit của phần tử DDA



Hình 2-18 Cấu trúc mạch DDA thực hiện hàm mũ suy giảm.

Ví dụ 2-4 Dùng phân tử DDA 4 bit để thiết kế mạch thực hiện hàm mũ suy giảm. Sơ đồ lắp mạch như hình 2-18.

GIẢI

Số bit của DDA, $n = 4$, tần số đồng hồ cung cấp cho mạch $f = 1.2^4 = 16$ xung/s. Nạp vào giá trị 10 vào thanh ghi p và nạp giá trị 0 vào thanh ghi q. Các bước nội suy chỉ ra trên bảng 2-1.

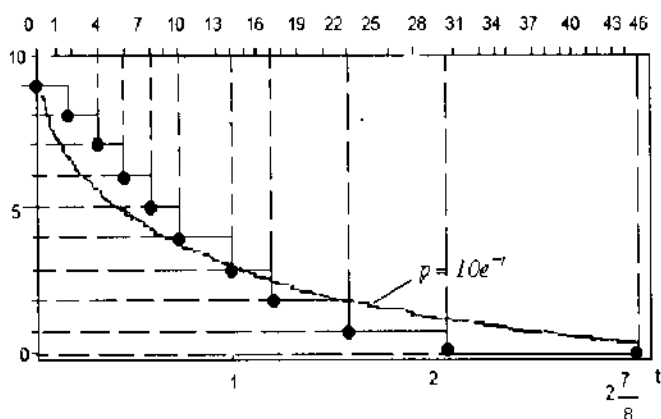
Bảng 2-1: Các bước nội suy

Số bước	P	q	ΣAz	Số bước	P	q	ΣAz
0	10	0		25	2	6	
1	10	10		26	2	8	
2	10	4	1	27	2	10	
3	9	13		28	2	12	
4	9	6	2	29	2	14	
5	8	14		30	2	0	9
6	8	6	3	31	1	1	
7	7	13		32	1	2	
8	7	4	4	33	1	3	
9	6	10		34	1	4	
10	6	0	5	35	1	5	
11	5	5		36	1	6	
12	5	10		37	1	7	
13	5	15		38	1	8	
14	5	4	6	39	1	9	
15	4	8		40	1	10	
16	4	12		41	1	11	
17	4	0	7	42	1	12	
18	3	3		43	1	13	
19	3	6		44	1	14	
20	3	9		45	1	15	
21	3	12		46	1	0	10
22	3	15		47	0		
23	3	2	8	48			
24	2	4		49			

Sau 47 bước nội suy mạch dừng hoạt động (giá trị trong thanh ghi $p = 0$). Từ bảng 2-1 vẽ đường cong biểu diễn tần số ra của mạch với giá trị tổng số lần xung ra chỉ ra trên hình 2-19.

Thời gian giảm tốc :

$$t = \frac{47}{16} = 2 \frac{15}{16} \text{ s}$$



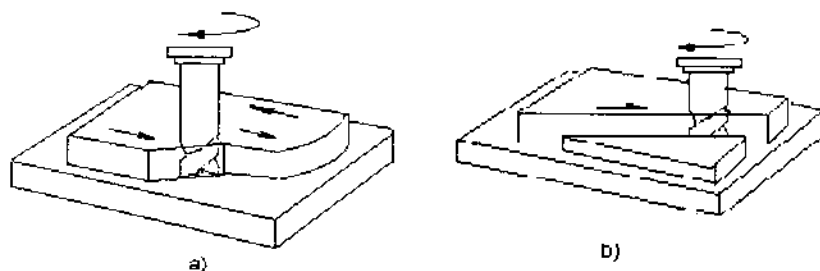
Hình 2-19 Đường cong tần số ra của mạch tạo hàm mũ suy giảm $p=10e^{-t}$

2.4.1.2 Đường dẫn dụng cụ liên tục

Kiểu dẫn dụng cụ liên tục là kiểu dẫn dụng cụ ngược với kiểu vị trí. Kiểu dẫn dụng cụ liên tục là kiểu mà quá trình chuyển động dụng cụ từ điểm này đến điểm tiếp theo đồng thời với quá trình gia công. Hệ điều khiển dẫn dụng cụ liên tục còn được gọi là hệ điều khiển contour. Quá trình tạo hình đường thẳng hoặc đường cong trong mặt phẳng trên máy phay chỉ ra trên hình 2-20a và hình 2-20b là một ví dụ.

Với cách điều khiển đường dẫn dụng cụ liên tục, tất cả các trục đồng thời chuyển động nhưng tốc độ khác nhau. Khi dụng cụ chuyển động theo một đường phi tuyến, tốc độ trên các trục thay đổi, ví dụ như cắt cung tròn trong mặt phẳng XY, trục X có tốc độ chuyển động thay

đổi theo dạng sóng sin, tốc độ chuyển động trên trục Y thay đổi theo dạng sóng cosin. Tỷ lệ tốc độ giữa các trục có ảnh hưởng trực tiếp tới độ chính xác vị trí điểm cuối của mỗi đoạn. Ví dụ khi cắt rãnh có chiều dài AB trên mặt phẳng XY, đường kính dụng cụ bằng chiều rộng rãnh, chiều sâu rãnh Z. Đoạn thẳng AB chiếu lên trục X có độ dài đo theo đơn vị độ dài. Hình chiếu AB lên trục Y có độ dài đo cùng đơn vị với trục X. Giả thiết rằng tốc độ chạy dao trên đoạn AB là V đo theo đơn vị chiều dài trên giây. Để cắt được rãnh AB, chuyển động tạo hình bố trí cho bàn máy. Bàn máy có hai chuyển động thành phần, chuyển động tịnh tiến theo trục X có vận tốc là V_x và chuyển động tịnh tiến thành phần theo trục Y có vận tốc là V_y , tổng hợp tốc độ trên hai trục thành phần là tốc độ chuyển động V.



Hình 2-20 a) Gia công đường contour trong mặt phẳng.
b) Gia công đường thẳng trong mặt phẳng.

Quãng đường chuyển động của dụng cụ tính theo p, q

$$L = \sqrt{p^2 + q^2}$$

Thời gian cần thiết để chuyển động hết quãng với vận tốc V

$$t = \frac{L}{V} = \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{V} \quad (2-1)$$

Thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ trên trục X với vận tốc V_x

$$t_x = \frac{p}{V_x} \quad (2-2)$$

Thời gian chuyển động trên trục X chính bằng thời gian dụng cụ chuyển động từ A đến B, có nghĩa là $t_x = t$, từ (2-1) và (2-2) ta có:

$$V_x = \frac{pV}{\sqrt{p^2 + q^2}} \quad (2-3)$$

tương tự tốc độ chuyển động song song với trục Y:

$$V_y = \frac{qV}{\sqrt{p^2 + q^2}} \quad (2-4)$$

Quan hệ giữa tốc độ chuyển động trên hai trục X và Y với quãng đường chuyển động tương ứng với các trục có thể viết.

$$\frac{V_x}{V_y} = \frac{p}{q}$$

hay

$$\frac{V_x}{V_y} = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (2-5)$$

trong đó ΔX và ΔY là gia số khoảng cách. Từ (2-5) ta có nhận xét: Tỷ số tốc độ trên các trục bằng tỷ số gia số các trục tương ứng.

Tương tự như vậy, với máy ba trục quan hệ tốc độ với gia số trên các trục có thể viết:

$$V_x : V_y : V_z = \Delta X : \Delta Y : \Delta Z$$

Chuyển động dụng cụ hình thành đường tròn bán kính R trên mặt phẳng phần tư thứ nhất, chuyển động ngược chiều kim đồng hồ, quan hệ tốc độ trên các trục như thế nào? Để khảo sát tốc độ các trục ta gắn hệ

tọa độ mà gốc của nó trùng với tâm vòng tròn chuyển động của dụng cụ chỉ ra trên hình 2-21. Tại một vị trí nào đó của dụng cụ ví dụ điểm K, tọa độ điểm K được xác định $X = R \cos \theta$, $Y = R \sin \theta$ và $\theta = \omega t$. Trong đó θ = góc điểm khảo sát, ω = tốc độ chuyển động của dụng cụ và t thời gian chuyển động tính bằng giây.

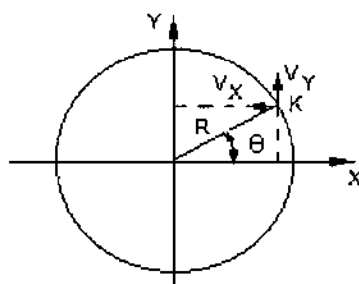
Tốc độ chuyển động chuyển động trên trục X

$$V_x = \frac{dX}{dt} = -R\omega \sin(\omega t) = V \cos(\omega t) \quad (2-6)$$

$$V_y = \frac{dY}{dt} = R\omega \cos(\omega t) = V \sin(\omega t) \quad (2-7)$$

trong đó V = tốc độ của dụng cụ, $V = R\omega$

Từ công thức (2-6) và (2-7) cho thấy tốc độ chuyển động bàn máy theo trục X biến thiên theo quy luật cosin và biến thiên tốc độ chuyển động bàn máy trên trục Y theo quy luật sin.



Hình 2-21 Tốc độ trên các trục khi chuyển động theo cung tròn.

Ví dụ 2-4: Gia công rãnh thẳng trên máy CNC. Chiều rộng rãnh 5mm, tọa độ điểm đầu A(10,10) tọa độ điểm cuối B(40,70), đơn vị đo khoảng cách là mm. Tốc độ chạy dao 10 mm/s. Tính toán thời gian gia công và tốc độ điều khiển của mỗi trục. Rãnh gia công chỉ ra trên hình 2-22a.

GIẢI:

Tính khoảng cách AB

$$L = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = \sqrt{(40 - 10)^2 + (70 - 10)^2} = 67,08 \text{ mm}$$

Tính thời gian gia công

$$t = \frac{L}{V} = \frac{67,08}{10} = 6,708 \text{ s}$$

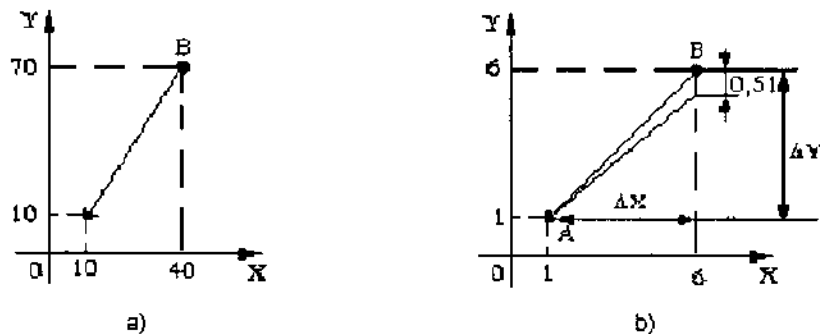
Tốc độ điều khiển trục X

$$V_x = \frac{X_B - X_A}{t} = \frac{40 - 10}{6,708} = 4,472 \text{ mm/s}$$

Tốc độ điều khiển trục Y

$$V_Y = \frac{Y_B - Y_A}{t} = \frac{70 - 10}{6,708} = 8,945 \text{ mm/s}$$

Ví dụ 2-5: Một máy phay NC gia công rãnh có điểm đầu A(1,1) và điểm cuối B(6,6), khoảng cách AB tính theo milimet chỉ ra trên hình 2-22b. Tốc độ chạy dao trên đoạn AB là $v = 10 \text{ mm/ph}$, tính thời gian và tốc độ chuyển động trên mỗi trục. Nếu sai số tốc độ chuyển động của trục Y giảm đi 10 phần trăm. Tính sai số vị trí của điểm B theo phương Y.



Hình 2-22 a) Sơ đồ gia công.

b) Ảnh hưởng sai số tốc độ tới độ chính xác vị trí.

GIẢI:

Tính khoảng cách AB.

$$AB = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7,07 \text{ mm}$$

Thời gian cắt hết rãnh AB

$$t = \frac{AB}{V} = \frac{7,07}{10} 60 = 42,42 \text{ s}$$

Tốc độ trên mỗi trục

$$V_x = V_y = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7,072 \text{ mm/ph}$$

Xác định tốc độ V_y sau khi giảm đi 10 phần trăm

$$V_y = 6,36 \text{ mm/ph}$$

Quãng đường thực tế chuyển động theo trục Y

$$L_Y = \frac{tV_Y}{60} = 4,49 \text{ mm.}$$

Sai số vị trí theo trục Y: $5 - 4,49 = 0,51 \text{ mm.}$

2.4.2 Phân loại theo cấu trúc điều khiển

Theo cấu trúc điều khiển có thể chia thành hai hệ: hệ NC và hệ CNC. Xét quá trình phát triển, hệ NC ra đời từ năm 1954 đến năm trước năm 1970 còn hệ CNC ra đời sau năm 1970. Các hàm chức năng cơ bản của hệ NC thực hiện bằng các mạch điện tử. Muốn thay đổi cấu trúc điều khiển phải thay đổi lại mạch, vì vậy hệ NC còn được gọi là hệ điều khiển cứng. Tín hiệu điều khiển dùng trong hệ NC là xung điện áp. Một xung điện áp đưa tới hệ dẫn động động cơ bước hoặc động cơ servo thực hiện

bàn máy dịch chuyển một khoảng cách, khoảng cách đó gọi là bước cơ sở (BCS):

$$1 \text{ xung} = 1 \text{ BCS} \quad (2-8)$$

Số lượng xung cấp cho động cơ để bàn máy dịch chuyển chiều dài L có cùng đơn vị đo với bước cơ sở, bằng tỷ số giữa chiều dài dịch chuyển chia cho bước cơ sở $\frac{L}{\text{BCS}}$. Vì vậy số lượng xung cấp cho động cơ phụ thuộc vào khoảng cách chuyển động của bàn máy. Tốc độ chuyển động bàn máy tương ứng với tần số xung cấp.

Khác nhau giữa hệ NC và hệ CNC là ở chỗ hệ CNC sử dụng một máy tính nhỏ có chứa bộ nhớ. Bộ nhớ dùng để lưu trữ thông tin điều khiển và dữ liệu. Bộ nhớ của máy có khả năng đọc - viết chương trình điều khiển máy. Thông tin trong hệ CNC viết dưới dạng nhị phân. Mỗi lệnh điều khiển được viết thành một từ lệnh. Từ lệnh được định nghĩa là tập hợp nhiều ký tự, sắp xếp theo một trình tự nào đó để thực hiện chuyển động nào đó của máy CNC. Một từ bao gồm một địa chỉ chữ và sau là các số đặc trưng lệnh, ví dụ G01. Trong đó G là địa chỉ chữ chỉ chức năng chuẩn bị cho điều khiển và 01 là chữ số đặc trưng nội suy đường thẳng trong chương trình NC. Một từ có số bit xác định thường là 8-bit, 16-bit, hoặc 64-bit tùy thuộc vào bộ vi xử lý máy tính sử dụng. Mỗi bit thực hiện chuyển bàn máy một khoảng cách, khoảng cách đó chính là bước cơ sở (BCS).

$$1 \text{ bit} = 1 \text{ BCS} \quad (2-9)$$

từ (2-8) và (2-9) ta có thể viết:

$$1 \text{ xung} = 1 \text{ bit} = 1 \text{ BCS} \quad (2-10)$$

Sự khác nhau giữa hệ NC và CNC còn là cách lưu trữ thông tin, nhập thông tin. Vì không có bộ nhớ nên hệ NC lưu trữ thông tin trên các

băng đục lỗ, băng từ và một số dạng lưu trữ chương trình khác. Vì vậy để nạp thông tin điều khiển vào hệ điều khiển NC, máy NC phải có thiết bị đọc chương trình. Thiết bị đọc chương trình, đọc chương trình theo từng khối lệnh, máy thực hiện khối lệnh vừa đọc. Sau khi thực hiện xong khối lệnh đã đọc, hệ điều khiển yêu cầu thiết bị đọc khối lệnh tiếp theo, thực hiện khối lệnh tiếp theo đó. Máy thực hiện theo trình tự như thế cho đến kết thúc chương trình. Trong khi đó hệ điều khiển CNC, thông tin được đọc vào cùng một lúc, chương trình phát hiện lỗi chương trình, lưu trữ chương trình vào bộ nhớ và trong quá trình gia công, CPU đọc chương trình điều khiển từ bộ nhớ ROM đưa ra điều khiển máy. Bằng cách này hệ CNC loại trừ được hiện tượng lỗi do đọc chương trình gây ra.

Hệ NC với các hàm chức năng hình thành trên cơ sở các mạch điện tử nên để hình thành các chức năng phức tạp gặp rất nhiều khó khăn và nhất là đảm bảo tính ổn định của hệ thống. Vì vậy hệ NC chỉ có các hàm chức năng cơ bản như nội suy đường thẳng, đường tròn.

Hệ CNC cũng được hình thành từ các mạch điện tử nhưng chỉ khác là các mạch điện tử này có khả năng lập trình được. Vì vậy cấu trúc điều khiển có thể thay đổi bằng cách thay đổi phần mềm. Chính vì vậy hệ điều khiển CNC còn được gọi là hệ điều khiển mềm. Do cấu trúc điều khiển có thể thay đổi bằng cách thay đổi chương trình nên hệ điều khiển có khả năng điều khiển là vô tận. Khả năng chỉ bị hạn chế bởi khả năng lập trình của các lập trình viên. Hệ CNC ngoài các hàm cơ bản có trong hệ NC, nó còn có khả năng nội suy đường xoắn, parabol và các đường cong bậc ba.

Ví dụ 2-6: Khoảng cách dịch chuyển lớn nhất của bàn máy 9999 mm được lưu trữ trong máy tính. Bước cơ sở của bàn máy BCS = 0,001mm. Hãy tính toán số bit trong thanh ghi cần thiết của máy tính lắp trong hệ CNC.

GIẢI:

Số bit cần thiết để lưu trữ chiều dài chuyển động lớn nhất của máy:

$$2^n > \frac{9999}{0,001}$$

$$n > \frac{\log 9999}{\log 2} = 13,3$$

máy tính trong hệ điều khiển CNC phải có số bit tối thiểu là 14.

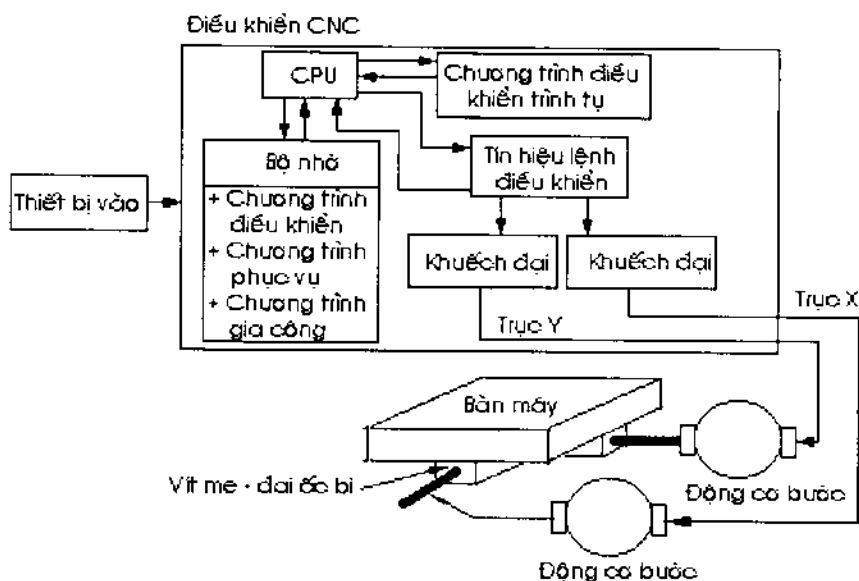
2.4.3 Phân loại theo kiểu điều khiển

Để chuyển động bàn máy, hệ điều khiển CNC cần có các hệ dẫn động mà nó có khả năng điều khiển cả tốc độ và vị trí các trục máy công cụ. Điều khiển các trục máy CNC có thể thực hiện theo hai kiểu điều khiển: điều khiển kín và điều khiển hở.

2.4.3.1 Hệ điều khiển hở

Hệ điều khiển hở là hệ không có mạch phản hồi và kết quả hoạt động của hệ thống điều khiển không được kiểm soát. Hệ thống điều khiển hở trong máy CNC thường dùng động cơ bước để chuyển động bàn máy. Máy NC hoặc CNC dùng hệ điều khiển hở ví dụ như máy gia công theo phương pháp xung điện (EMD). Sơ đồ khối hệ thống điều khiển hở sử dụng động cơ bước chỉ ra trên hình 2-23.

Chương trình điều khiển máy đưa vào máy thông qua thiết bị truyền tín hiệu RS-232 hoặc các thiết bị khác. Cấu trúc chương trình được hệ điều khiển CNC chuyển đổi thành xung điện áp hoặc tín hiệu số và gửi nó tới mạch khuếch đại. Sau khi khuếch đại, tín hiệu được truyền tới hệ dẫn động động cơ. Số xung điện áp được xác định theo khoảng cách cần dịch chuyển bàn máy và tốc độ chuyển động bàn máy được xác định theo tần số xung cấp cho hệ dẫn động.



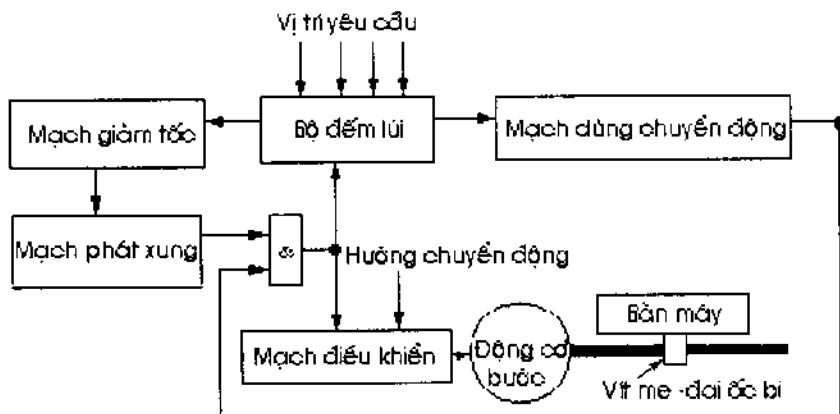
Hình 2-23 Sơ đồ khối hệ điều khiển dùng động cơ bước

Nhược điểm cơ bản của hệ thống điều khiển hở là hệ thống rất nhạy với sự biến đổi của tải trọng, bởi vì hàm điều khiển không phụ thuộc vào thời gian thực. Khi tải thay đổi, tốc độ chuyển động cũng thay đổi theo, hệ điều khiển không có khả năng điều khiển để phù hợp tải trọng mới, ví dụ trong quá trình gia công, tại vùng gia công nào đó cơ tính vật liệu gia công thay đổi làm tăng lực cắt dẫn đến giảm tốc độ cắt và hệ thống điều khiển hở không kiểm soát được sự thay đổi này nên không hiệu chỉnh được tốc độ cho phù hợp với tốc độ yêu cầu. Ngoài ra hệ điều khiển hở còn chịu ảnh hưởng do thay đổi nhiệt độ, bôi trơn và các yếu tố bên ngoài khác. Vì vậy hệ thống điều khiển hở chỉ phù hợp với các máy có công nghệ gia công theo vị trí.

Với độ chính xác chế tạo vít me - đai ốc bị và công nghệ gia công động cơ bước, hệ điều khiển dùng động cơ bước có thể đạt được độ chính xác tới 0,001 inch.

Hệ thống điều khiển hở thiết kế và chế tạo dễ dàng, giá thành thấp hơn so với hệ thống điều khiển kín và thường được sử dụng trong các hệ thống điều khiển đòi hỏi độ chính xác vị trí không cao.

Dưới đây là sơ đồ khối hệ thống điều khiển theo vị trí sử dụng hệ thống điều khiển hở (hình 2-24).



Hình 2-24 Mạch điều khiển hở của hệ điều khiển vị trí.

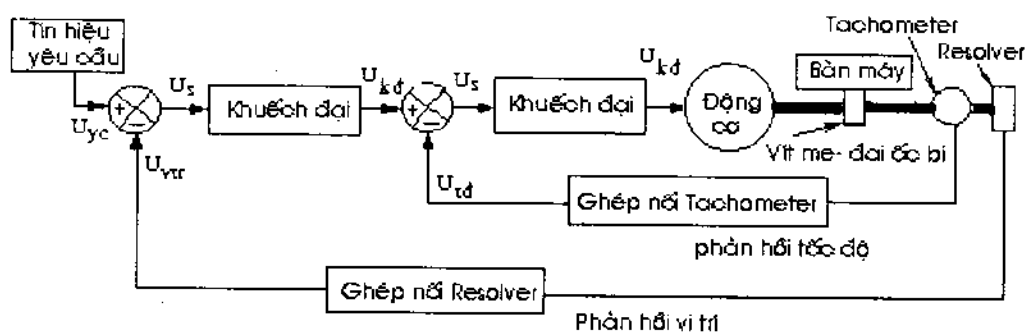
Ví dụ chỉ ra trên hình 2-24 là hệ dẫn động bàn máy bằng động cơ bước, giả thiết rằng bàn máy có bước cơ sở $BCS = 0,01\text{mm}$ tính theo đơn vị chiều dài. Mạch dừng bộ đếm lùi, giá trị đưa vào bộ đếm bằng giá trị khoảng cách cần dịch chuyển bàn máy. Tín hiệu từ bộ đếm đưa tới mạch giảm tốc và mạch dừng chuyển động bàn máy. Tín hiệu ra của bộ giảm tốc đưa tới bộ phát xung nhằm thay đổi tần số xung khi cần thay đổi tốc độ có nghĩa là thay đổi tần số xung ra trước điểm dừng. Xung ra của bộ phát xung và tín hiệu dừng chuyển động bàn máy cùng đưa tới phân tử $V\bar{A}$ (AND). Xung ra của phân tử $V\bar{A}$ đưa tới bộ đếm và mạch điều khiển động cơ bước.

Khi bộ đếm có giá trị bằng không, mạch dừng chuyển động bàn máy chuyển mức logic từ 1 về 0. Tín hiệu được đưa tới cổng AND thực hiện dừng cấp xung cho mạch điều khiển động cơ bước.

2.4.3.2 Hệ thống điều khiển kín

Sự khác nhau cơ bản giữa hệ thống điều khiển kín và điều khiển hở là ở chỗ trong hệ thống điều khiển kín có mạch phản hồi. Hệ thống phản hồi dùng để đo vị trí và tốc độ thực tế của trục và so sánh chúng với vị trí và tốc độ yêu cầu. Sự khác nhau giữa giá trị thực và giá trị yêu cầu là sai số.

Phần tử chuyển đổi của mạch phản hồi thường sử dụng hai kiểu: tương tự hoặc số. Trong máy CNC thông số tốc độ chuyển động bàn máy phải được điều khiển bởi tốc độ trên các trục có thể có quy luật biến thiên giống nhau nhưng cũng có thể quy luật biến thiên trên các trục khác nhau. Tachometer (cảm biến tốc độ) là kiểu chuyển đổi tương tự và thường dùng để đo tốc độ chuyển động. Resolver và Encoder dùng để đo vị trí và đôi khi cũng dùng để đo tốc độ. Tín hiệu đưa ra từ Resolver cho dưới dạng tương tự còn tín hiệu đưa ra từ Encoder cho dưới dạng tín hiệu số.

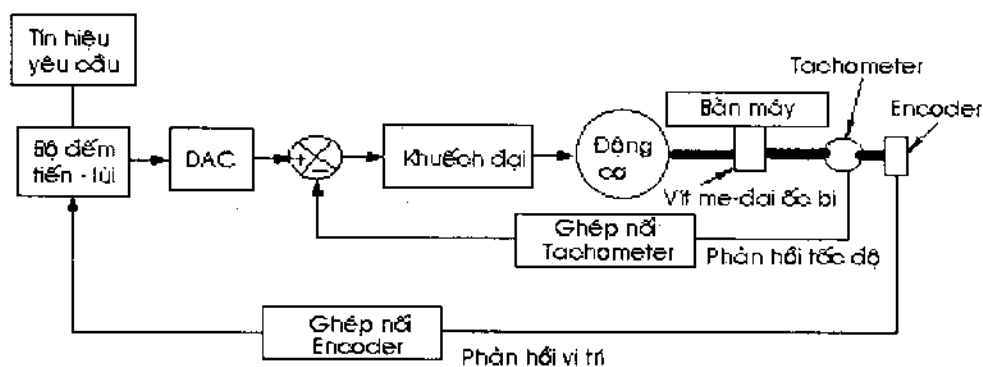


Hình 2-25 Hệ thống điều khiển kín dùng Resolver.

Hệ thống điều khiển kín dùng Resolver để đo vị trí và tachometer đo tốc độ chỉ ra trên hình 2-25. Tín hiệu yêu cầu dưới dạng xung điện áp từ bộ nội suy của hệ điều khiển CNC đưa tới bộ so sánh. Tín hiệu này so sánh với tín hiệu phản hồi sinh ra từ Resolver chuyển tới thông qua mạch ghép nối (interface). Tín hiệu đưa ra của bộ so sánh là sai số vị trí yêu

cầu với vị trí thực. Tín hiệu sai số được khuếch đại và chuyển đến bộ so sánh thứ hai. Tín hiệu được so sánh với tín hiệu sinh ra từ Tachometer chuyển tới thông qua mạch ghép nối. Tín hiệu ra từ bộ so sánh thứ hai được khuếch đại đến mức đủ lớn trước khi đưa đến động cơ.

Trong hệ thống điều khiển kín dùng Encoder để đo vị trí, mạch điều khiển khá giống với sơ đồ khối dùng Resolver nhưng chỉ khác ở điểm là thay bộ so sánh bằng bộ đến tiến – lùi và thay bộ khuếch đại thứ nhất bằng bộ chuyển đổi (converter) số tương tự (DAC) nhằm chuyển tín hiệu số sang dạng tương tự.



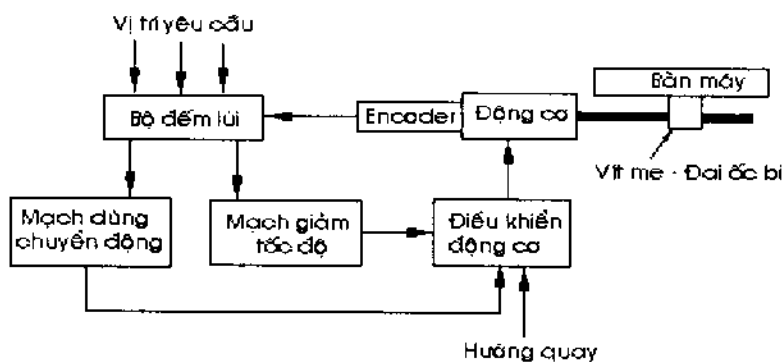
Hình 2-26 Hệ thống điều khiển kín dùng Encoder.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển kín chỉ ra trên (hình 2-26). Tín hiệu yêu cầu từ CNC gửi tới bộ đếm tiến- lùi, đồng thời tín hiệu số sinh ra từ Encoder qua ghép nối cũng đưa tới. Bộ đếm tiến-lùi sinh ra một số phù hợp với sai số vị trí tức thời. Tín hiệu ra của bộ đếm được đưa vào đầu vào bộ biến đổi số-tương tự (DAC) để chuyển tín hiệu số thành tín hiệu điện áp và đưa tới bộ so sánh. Bộ so sánh, so sánh điện áp ra từ DAC với điện áp từ Tachometer gửi tới. Sau đó tín hiệu được khuếch đại đủ lớn trước khi đưa tới động cơ.

Chiều quay động cơ là chiều làm giảm dần sai số vị trí và tốc độ sinh ra từ bộ so sánh. Hệ thống điều khiển kín có công suất lớn và độ

chính xác cao hơn hệ thống điều khiển hở bởi vì hệ này có khả năng điều khiển liên tục nhờ mạch phản hồi. Hệ thống điều khiển kín có khả năng cho bước tiến nhỏ nhất là 0,0001 inch. Tuy nhiên hệ thống điều khiển kín có cấu trúc phức tạp, đòi hỏi nhiều thiết bị đo với độ chính xác cao.

Vì vậy giá thành của hệ thống điều khiển kín cao hơn nhiều lần so với hệ thống điều khiển hở. Hình 2-27 chỉ ra sơ đồ khối mạch điều khiển kín dùng Encoder cho hệ điều khiển vị trí.



Hình 2-27 Sơ đồ khối hệ điều khiển kín cho hệ điều khiển vị trí.

Tín hiệu vị trí yêu cầu được nạp vào bộ đếm lùi, đồng thời bộ đếm lùi nhận tín hiệu vị trí tức thời của bàn máy từ Encoder gửi đến. Chuyển động của bàn máy thực hiện theo dung lượng bộ đếm lùi cho đến khi dung lượng bộ đếm bằng không. Bộ đếm sinh ra tín hiệu cấp cho hệ điều khiển động cơ dùng chuyển động. Mạch giảm tốc đưa ra tín hiệu giảm dần tốc độ trước điểm dừng cho động cơ. Chú ý rằng xung lệnh được sinh ra bởi máy phát xung trong mạch.

Ví dụ 2-7: Phay rãnh song song với trục X vật liệu gia công là nhôm, tốc độ chạy dao $V = 12\text{mm/ph}$. Nếu máy có bước cơ sở BCS = 0,001 mm. Tính tần số xung cấp cho mạch điều khiển.

GIẢI:

Tần số xung cấp cho mạch điều khiển

$$f = \frac{12}{0,001,60} = 200 \text{ xung/s}$$

Tần số ra của Encoder lắp trên trục vít me - đai ốc bi cũng là 200 xung/s.

3 PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ CNC

3.1 THÀNH PHẦN CƠ BẢN HỆ THỐNG CNC

Hệ điều khiển số NC và CNC có hai thành phần cơ bản: Cụm điều khiển máy (Machine Control Unit - MCU) và cụm dẫn động động cơ (driving unit). Cụm điều khiển máy được hình thành trên cơ sở thiết bị điều khiển điện tử, thiết bị vào ra và các thiết bị số. Hệ CNC còn được gọi hệ là NC dây mềm. Hệ được thiết kế theo mục đích riêng, nhiệm vụ của nó hình thành các thuật toán tính toán số học và logic theo trình tự xác định. Trình tự đó là cơ sở để hình thành thuật toán cho hệ CNC. Các thuật toán này được thực hiện trên cơ sở phần cứng và phần mềm của MCU. Hệ NC thuật toán được hình thành từ các mạch điện tử còn trong hệ CNC thuật toán được thực hiện nhờ phần mềm máy tính và phần mềm này được lưu trữ trong microcomputer (μC).

Cụm dẫn động gồm động cơ, phần tử điều khiển, khuếch đại công suất và các sensor, mạch phản hồi tốc độ trục chính, vị trí bàn máy và tốc chạy dao. Cụm dẫn động còn phải kể đến hệ truyền động cơ khí vít me - đai ốc bi, bộ truyền đai răng hoặc hộp giảm tốc chuyển động chạy dao. Tốc độ trục chính thường được chia làm hai dải, dải tốc độ thấp và tốc độ cao nhờ hộp tốc độ nối giữa động cơ và trục chính.

Động cơ và sensor phản hồi là thành phần đặc trưng riêng của máy công cụ điều khiển số.

3.2 CHỨC NĂNG CỦA CỤM ĐIỀU KHIỂN

Cụm điều khiển máy được coi là trái tim của máy công cụ điều khiển số. Nó có nhiệm vụ liên kết tất cả chức năng để thực hiện điều khiển máy. Các chức năng gồm: vào, ra số liệu, xử lý số liệu và ghép nối máy với các thiết bị ngoại vi.

1. Số liệu vào (data input). Chức năng này bao gồm: chức năng vào và lưu trữ số liệu. Đó là số liệu mô tả đường chuyển động của dụng cụ và điều kiện gia công sản phẩm.

2. Xử lý số liệu (data processing). Cấu trúc chương trình điều khiển được đưa vào cụm MCU và được nó mã hóa thành số nhị phân sau đó được lưu trữ vào bộ nhớ đệm. Các số liệu này được bộ xử lý trung tâm (central processing unit – CPU) tính toán xác định vị trí, lượng chạy dao, hiệu chỉnh chiều dài (tool length offset) và đường kính dụng cụ (tool diameter offset). Cũng như các số liệu rời rạc như yêu cầu điều khiển đóng, ngắt hệ thống bôi trơn, làm mát chi tiết và các thiết bị điều khiển cổng (I/O) đảm bảo trình tự truyền tín hiệu giữa máy công cụ, PMC và hệ điều khiển CNC.

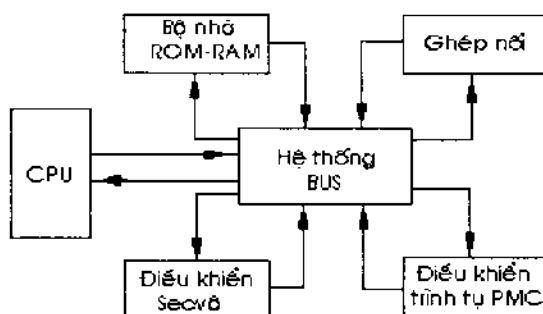
3. Số liệu ra (data output). Số liệu đưa ra của MCU là tín hiệu vị trí và lượng chạy dao. Các tín hiệu này được gửi tới mạch điều khiển secvo để sinh ra tín hiệu điều khiển động cơ. Trong cụm dẫn động, động cơ luôn có mạch khuếch đại bởi vì tín hiệu trước khi đưa vào cụm dẫn động rất nhỏ không đủ công suất để động cơ làm việc.

4. Ghép nối vào/ra (machine I/O interface). Các tín hiệu rời rạc yêu cầu từ số liệu vào như chiều quay trục chính, đóng mở động cơ làm mát, bôi trơn, dừng khẩn cấp, dừng chu trình và các tín hiệu khác từ máy công cụ gửi tới hệ điều khiển CNC.

3.3 PHẦN CỨNG CỤM ĐIỀU KHIỂN

Phần cứng của cụm MCU gồm sáu thành phần cơ bản, vì xử lý trung tâm, bộ nhớ, điều khiển secvo, thiết bị logic điều khiển trình tự và mạch ghép nối. Các

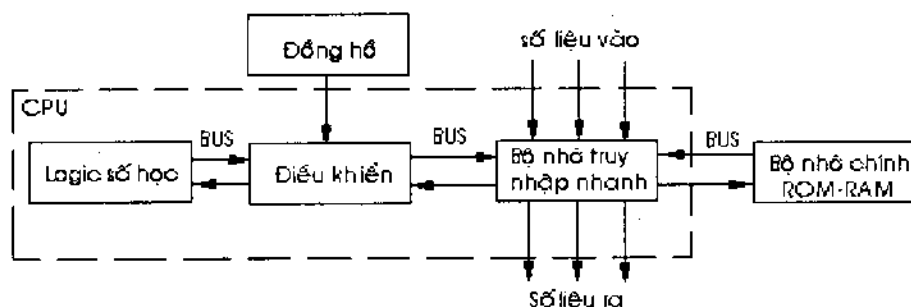
thành phần liên hệ với CPU thông qua BUS. Thành phần trong MCU chỉ ra trên hình 3-1.



Hình 3-1 Sơ đồ khối cụm điều khiển máy CNC.

3.3.1 Bộ xử lý trung tâm (CPU)

Bộ xử lý trung tâm (the central processing unit - CPU) là một máy tính nhỏ hoặc thành phần chính của máy tính nào đó. Số lượng cấu trúc cơ bản của máy tính có thể thực hiện được là nhờ mối liên hệ trực tiếp rất tinh vi của các mạch logic trong CPU. Nhờ chương trình nguồn ghi trong bộ nhớ để hình thành thuật toán trên cơ sở số liệu đưa vào cho phù hợp với chương trình điều khiển và điều khiển các thiết bị trong và ngoài CPU thông qua BUS. Cấu trúc CPU gồm ba phần tử cơ bản: phần tử điều khiển, phần tử logic số học, bộ nhớ truy nhập nhanh chỉ rõ trên hình 3-2.



Hình 3-2 Sơ đồ khối của CPU.

3.3.1.1 Phần tử điều khiển

Phần tử điều khiển (Control section) làm nhiệm vụ điều khiển tất cả các phần tử của nó và các phần tử khác của CPU. Xung nhịp từ đồng hồ đưa vào điều khiển thực hiện đồng bộ hoạt động của các phần tử. Phần tử điều khiển chuyển đổi thông tin giữa nó với các phần tử khác thông qua BUS. Đồng thời nó cũng có nhiệm vụ sinh ra tín hiệu yêu cầu thông tin từ các phần tử khác.

Tổ chức cấu trúc được lưu trữ trong bộ nhớ của máy tính được xem như một chương trình và chương trình có thể thay đổi được bằng thay đổi các thứ tự thông tin số đã lưu trữ trong bộ nhớ. Chính nhờ khả năng quan trọng này của CPU đã làm cho MCU trở nên linh hoạt hơn.

Số liệu qua cổng vào - ra được đưa vào bộ nhớ truy nhập nhanh, phần tử điều khiển gọi chương trình điều khiển lưu trữ trong ROM hoặc RAM của bộ nhớ chính gửi tới và gửi tín hiệu đến các cụm trong hệ thống để thực hiện các cấu trúc yêu cầu. Trong phần tử điều khiển có mạch giải mã lệnh (unit control). Mạch này giải mã các thông tin đọc từ bộ nhớ truy nhập nhanh và đưa các thông tin sau khi xử lý tới mạch tạo xung điều khiển. Các dãy xung điều khiển khác nhau sẽ điều khiển các bộ phận khác nhau hoạt động phù hợp với yêu cầu.

3.3.1.2 Phần tử số học

Phần tử số học (Arithmetic and logic unit – ALU) với nhiệm vụ hình thành các thuật toán mong muốn trên cơ sở số liệu đưa vào. Kiểu thuật toán số học là cộng, trừ, nhân, chia, cộng logic và các chức năng khác theo yêu cầu của chương trình. Khối logic số thực hiện các phép so sánh, phân nhánh, lặp, lựa chọn, phân vùng bộ nhớ.

Liên kết với ALU là một số thanh ghi lưu trữ dùng để lưu trữ các số liệu trong quá trình tính toán. Thanh ghi lưu trữ số liệu này gần giống với vùng lưu trữ đặc biệt trong bộ nhớ nhưng khác là các thanh ghi này là các thanh ghi TTL tốc độ cao.

3.3.1.3 Bộ nhớ truy nhập nhanh

Bộ nhớ truy nhập nhanh (Immediate access memory) là bộ nhớ trong của CPU dùng để lưu trữ tạm thời các số liệu đang được các phần tử số học xử lý hoặc chương trình điều khiển từ ROM và RAM gửi tới.

3.3.2 Bộ nhớ

Bộ nhớ (memory) trong CPU có dung lượng nhỏ và chỉ dùng lưu trữ số liệu tạm thời vì vậy trong hệ CNC cần một bộ nhớ lớn để lưu trữ chương trình ứng dụng hay còn gọi là chương trình NC, chương trình điều khiển, chương trình ghép nối và các số liệu đã được xử lý. Bộ nhớ dùng trong máy tính có thể chia thành hai loại: bộ nhớ thứ nhất và bộ nhớ thứ hai.

Bộ nhớ thứ nhất dùng để lưu trữ địa chỉ hoặc vùng nhớ đặc biệt. Nó gồm ROM và RAM.

Bộ nhớ ROM chỉ đọc và chỉ được đọc bởi CPU. Chương trình điều khiển và chương trình ghép nối được lưu trữ trong ROM. Các chương trình này không bị xóa ngay cả khi máy bị mất điện.

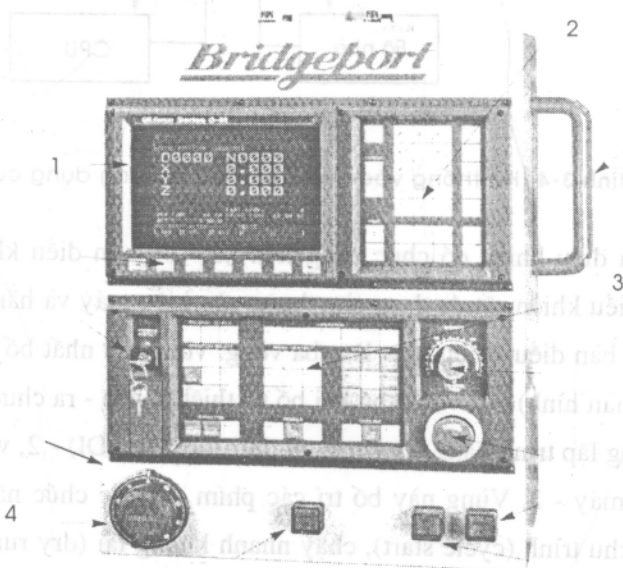
Bộ nhớ RAM là bộ nhớ truy nhập tạm thời và CPU có thể đọc và ghi thông tin vào RAM. Bộ nhớ RAM có đặc điểm là khi mất điện các thông tin trên nó bị xóa và không lấy lại được. Các chương trình lưu trữ trong RAM luôn sẵn sàng làm việc.

Dạng thứ hai của bộ nhớ là ổ cứng và đĩa mềm. Đĩa mềm dùng để chuyển thông tin từ máy này sang máy khác. Ổ đĩa mềm được lắp trên bàn điều khiển. Ổ cứng thường được lắp trực tiếp trên mạch in của hệ thống điều khiển CNC, vì vậy nó không thể di chuyển được.

Ổ cứng là bộ nhớ có dung lượng lớn nên nó được dùng để lưu trữ chương trình ứng dụng, chương trình phục vụ, chương trình kiểm tra và báo lỗi hệ thống. Các chương trình này không thể chạy trực tiếp trên ổ cứng. Vì vậy muốn chạy chương trình phải chuyển nó sang bộ nhớ RAM.

3.3.3 Truyền dẫn

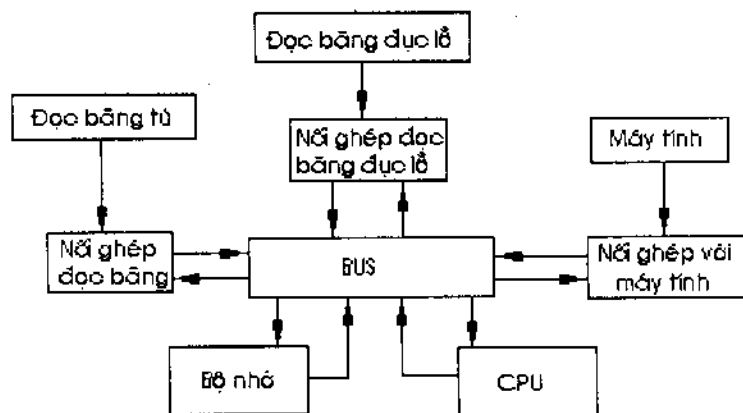
Hệ thống CNC đòi hỏi mối liên hệ giữa CPU và các bộ phận khác trong hệ thống. Thiết bị truyền dẫn (communication) chính của hệ CNC là BUS. BUS cho phép nhận, gửi thông tin giữa các bộ phận trong hệ thống. Trong hệ CNC có ba thiết bị cần được liên lạc: thiết bị thông báo (màn hình điều khiển, các đèn LED, bàn điều khiển và thiết bị vào - ra chương trình ứng dụng).



Hình 3-3 Bàn điều khiển trung tâm gia công TC1 Bridgebord.

Thiết bị thông báo là màn hình điều khiển và các đèn LED. Màn hình trên bàn điều khiển có kích thước tùy theo quy định của cơ sở sản xuất. Ví dụ với hãng Bridgeport với hệ điều khiển FUNUC dùng hai kích thước màn hình 9 inch và 14 inch.

Màn hình hiển thị chương trình ứng dụng, vị trí các trục điều khiển, đường chạy dao của chương trình đang thực hiện, hiệu chỉnh dụng cụ và giá trị hiệu chỉnh, thông báo đường truyền, phần mềm giới hạn hành trình và cảnh báo lỗi chương trình, lỗi hệ thống điều khiển secvo, giá trị khoảng cách trục đang điều khiển.



Hình 3-4 Hệ thống vào - ra chương trình ứng dụng của CNC.

Bàn điều khiển có chức năng liên kết với cụm điều khiển để điều khiển máy. Bàn điều khiển rất đa dạng tùy thuộc vào kiểu máy và hãng sản xuất. Thông thường trên bàn điều khiển chia làm ba vùng: vùng thứ nhất bố trí thiết bị hiển thị thông tin (màn hình) - 1, vùng thứ hai bố trí thiết bị vào - ra chương trình ứng dụng và chức năng lập trình bằng tay (manual data input - MDI) - 2, vùng thứ ba là vùng điều khiển máy - 3. Vùng này bố trí các phím với các chức năng khác nhau như khởi động chu trình (cycle start), chạy nhanh không tải (dry run), chạy theo từng khối lệnh (single block mode), điều khiển máy bằng tay (JOG – manual). Ngoài ra trên bàn máy người ta còn bố trí các phím dạy học cho máy. Chức năng này có thể sử dụng nhưng cũng có thể không được sử dụng tùy thuộc vào yêu cầu của người mua máy. Trên bàn điều khiển bố trí tay quay phát xung (Manual Pulse Generator multiplier – MPG) hay còn được gọi là tay quay điện dùng để điều khiển chuyển động các trục bằng tay - 4, các phím điều khiển hướng chuyển động của các trục. Ngoài ra trên bàn điều khiển còn bố trí ổ mềm để có thể vào chương trình ứng dụng từ đĩa mềm 1,44 Mb. Hình 3-2 là một kiểu bàn điều khiển trung tâm gia công của hãng Bridgebord với hệ điều khiển FANUC.

Như đã trình bày ở trên chương trình ứng dụng có thể đưa vào máy theo phương pháp vào số liệu bằng tay (MDI) hoặc từ các thiết bị lưu trữ khác nhau như đĩa mềm, băng đục lỗ, băng catset hoặc từ máy tính.

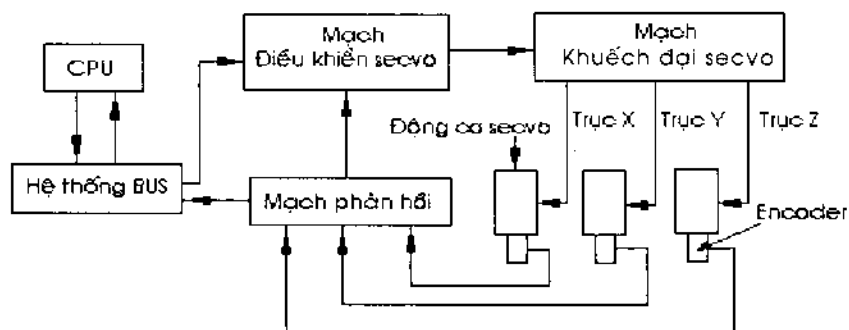
Với các thiết bị lưu trữ khác nhau đòi hỏi phải có thiết bị truyền dẫn để tải chương trình lên máy (upload) hoặc tải từ máy CNC xuống thiết bị lưu trữ (download). Để truyền chương trình từ máy tính vào máy CNC người ta sử dụng thiết bị truyền RS-232-C. Thiết bị này cần được nối với hệ thống BUS của CPU thông qua cổng vào - ra (I/O). Hình 3-4 là sơ đồ khối biểu diễn hệ thống vào – ra chương trình ứng dụng của hệ thống CNC.

3.3.4 Truyền dẫn secvo

Để điều khiển máy công cụ, cần thiết biến đổi xung điều khiển được tạo ra từ cụm điều khiển thành tín hiệu cho động cơ các trục. Nhiệm vụ này được thực hiện nhờ hai mạch: mạch điều khiển secvo và mạch phản hồi chỉ ra trên (hình 3-5).

Mạch điều khiển secvo gồm hai mạch: mạch điều khiển vị trí và mạch điều khiển tốc độ. Mạch phản hồi gồm mạch ghép nối và mạch biến đổi số tương tự (D/A). Mạch điều khiển secvo và mạch phản hồi là mạch nằm trong hệ thống mạch cụm điều khiển CNC. Tín hiệu ra của mạch điều khiển secvo thường có công suất nhỏ không đủ để điều khiển trực tiếp động cơ, vì vậy cần có mạch khuếch đại secvo. Mạch khuếch đại secvo phải đảm bảo nhiệm vụ sau:

- 1- Khuếch đại tín hiệu vào (dòng, áp hoặc cả dòng và áp) đến mức đủ lớn để điều khiển được động cơ secvo hoặc van secvo.
- 2- Dễ dàng thực hiện điều khiển phản hồi cả hai thông số vị trí và tốc độ.
- 3- Đảm bảo an toàn khi xảy ra hiện tượng dòng giảm do momen động cơ gây ra.



Hình 3-5 Điều khiển servo.

Khuếch đại servo là mạch điện đơn giản dùng để tạo tín hiệu ra tỉ lệ với tín hiệu vào. Có nhiều kiểu mạch khuếch đại nhưng khuếch đại servo dùng phổ biến trong hệ điều khiển CNC là khuếch đại thuật toán với hệ số khuếch đại cao và có khả năng phản hồi. Khuếch đại thuật có cấu trúc theo một trong ba kiểu: khuếch đại tuyến tính (linear) tích phân (integrater) và vi phân (differentiator).

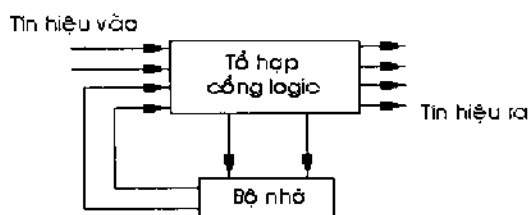
3.3.5 Điều khiển tốc độ trục chính

Để đảm bảo chất lượng bề mặt, độ chính xác hình học cũng như tuổi bền của dao đòi hỏi tốc độ cắt luôn thay đổi phù hợp với vật liệu làm dụng cụ và vật liệu gia công. Chính vì vậy trong nhiều máy CNC tốc độ trục chính được điều khiển tự động nhờ chức năng S trong chương trình ứng dụng. Cụm điều khiển tốc độ dùng trong các máy CNC gồm hai phần tử: động cơ và mạch điều khiển. Mạch điều khiển gồm hai mạch: mạch điều khiển tốc độ và mạch phản hồi. Ngoài ra trong cụm có thể có mạch biến đổi số tương tự (D/A) dùng để biến đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự. Ví dụ, nếu chương trình của chúng ta yêu cầu máy chạy với tốc độ 800 vòng trên phút, tương ứng với điện áp ra từ cụm điều khiển CNC là +3,5 vôn. Điện áp trước khi đưa tới động cơ nó được đưa tới mạch khuếch đại công suất (khuếch đại áp và dòng) lên đủ lớn để điều khiển động cơ. Khi động cơ quay, tachometer cũng quay theo. Tachometer có cấu tạo như là một máy phát, khi trục tachometer quay nhanh (tachometer thường lắp trực tiếp trên đầu động cơ) điện áp

ra trên tachometer tăng tỷ lệ với tốc độ quay. Điện áp ra của tachometer gọi là điện áp phản hồi. Nó được đưa trở lại mạch điều khiển tốc độ. Trong mạch điều khiển có mạch so sánh. Mạch này so sánh điện áp phản hồi của tachometer với điện áp đưa ra từ cụm CNC (tín hiệu yêu cầu), sai khác giữa hai điện áp gọi là lỗi. Giá trị của lỗi đưa tới hệ điều khiển, hệ điều khiển động cơ tăng hoặc giảm tốc theo chiều giảm dần giá trị lỗi.

3.3.6 Hệ điều khiển trình tự

Mọi hoạt động của máy CNC phải được thực hiện theo trình tự nhất định, ví dụ, động cơ trục chính chỉ có thể quay được khi ổ trục chính được bôi trơn đầy đủ, quá trình cắt chỉ được thực hiện khi cửa vùng gia công được đóng, trình tự thực hiện các thuật toán và các yêu cầu trình tự khác.



Hình 3-6 Hệ logic trình tự.

Trình tự hoạt động của máy CNC được chương trình hóa và chương trình được thực hiện nhờ hệ logic trình tự. Hệ logic trình tự gồm hai thành phần cơ bản: tổ hợp cổng logic và bộ nhớ. Hình 3-6 chỉ ra sơ đồ khối cấu trúc của hệ logic trình tự.

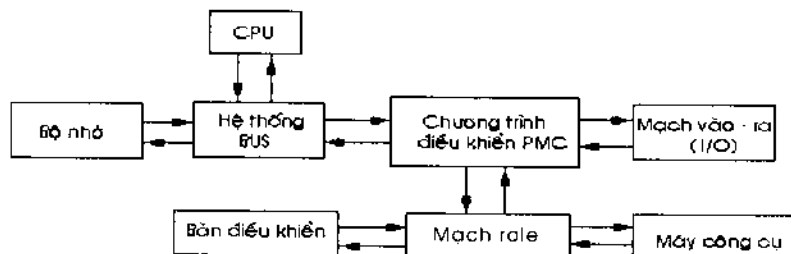
Hệ logic trình tự được xây dựng trên cơ sở của các phần tử điện và được lắp thành mạch in. Cấu trúc mạch điện trong hệ logic trình tự được lắp đặt trên cơ sở chương trình điều khiển trình tự.

3.3.7 Chương trình điều khiển máy

Tín hiệu điều khiển sinh ra từ hệ thống CNC có hai dạng: tín hiệu số và tín hiệu trình tự. Tín hiệu điều khiển số được thực hiện trong các thanh ghi điều khiển.

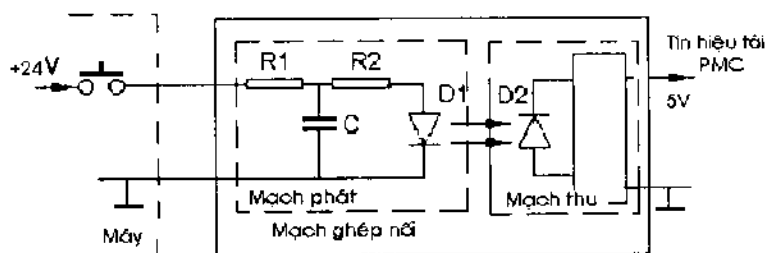
Tín hiệu số mang thông tin về giá trị vị trí, giá trị tốc độ, thông số dụng cụ cắt, số liệu hiệu chỉnh đường kính, hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ và các số liệu khác. Tín hiệu điều khiển trình tự dùng để thực hiện mọi hoạt động của máy. Đây là tín hiệu rời rạc. Mạch điều khiển trình tự hoạt động của máy có thể được đặt trong cụm điều khiển CNC. Nhưng để phần cứng của cụm điều khiển nhỏ nhất người ta sử dụng hệ logic trình tự mà cấu trúc mạch là chương trình trình tự điều khiển máy. Chương trình trình tự thực hiện các chức năng điều khiển rời rạc. Chương trình điều khiển trình tự được gọi là chương trình điều khiển máy (programmable machine controller - PMC). Chương trình PMC đảm bảo các chức năng sau đây của máy:

- 1- Thay dụng cụ tự động.
- 2- Điều khiển làm mát chi tiết gia công tự động.
- 3- Điều khiển hệ thống kẹp.
- 4- Mạch công tắc giới hạn hành trình.
- 5- Điều khiển thời gian và đếm.
- 6- Dừng khẩn cấp.
- 7- Điều khiển nối ghép với máy công cụ.
- 8- Điều khiển nối ghép với hệ NC.
- 9- Các chức năng khác.



Hình 3-7 Sơ đồ khối các chức năng điều khiển trình tự.

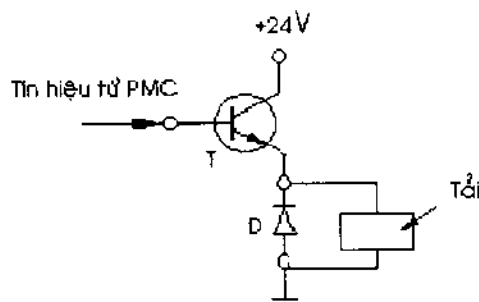
Hình 3-7 chỉ ra sơ đồ khối các chức năng thực hiện điều khiển trình tự trong cụm điều khiển CNC. Điều khiển trình tự PMC nhận tín hiệu điều khiển từ hai cụm: a) cụm điều khiển CNC, b) máy công cụ. Tín hiệu từ cụm CNC chuyển tới PMC là hàm M, hàm T, các hàm này được cài đặt trong bộ nhớ của hệ điều khiển CNC. Thời gian truyền tín hiệu từ cụm CNC của máy và bàn điều khiển đến PMC khoảng 16 ms. Các tín hiệu truyền tới PMC là các lệnh: khởi động chu trình, giữ tốc độ, lựa chọn trục, lượng chạy dao tính theo phần trăm tốc độ của chương trình, chạy nhanh không tải. Tín hiệu từ máy công cụ và bàn điều khiển tới PMC thường qua mạch ghép nối cách ly nhằm đảm bảo an toàn cho cụm PMC. Một kiểu mạch ghép nối giữa máy công cụ và PMC chỉ ra trên hình 3-8. Mạch hoạt động như sau: ví dụ, khi ấn nút khởi động động cơ làm mát trên bàn điều khiển, tín hiệu được truyền tới mạch thu, phát. Nhờ mạch này mà tín hiệu được gửi tới PMC.



Hình 3-8 Một kiểu mạch ghép nối tín hiệu truyền từ máy đến PMC

Chú ý rằng thời gian truyền tín hiệu từ PMC đến CNC và máy công cụ khoảng 2 ms.

Hình 3-9 là một kiểu mạch ghép nối tín hiệu truyền từ PMC đến máy công cụ hoặc tới bàn điều khiển. Khi chưa có tín hiệu từ PMC truyền tới bàn điều khiển, tranzito T khoá. Khi có tín

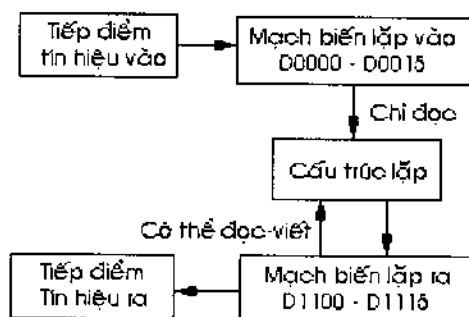


Hình 3-9 Một kiểu mạch ghép nối truyền tín hiệu từ PMC tới máy công cụ.

hiệu truyền tới , tranzito T mở cho dòng chảy qua bóng và qua tải. Diot làm nhiệm vụ chống dòng ngược cho tải.

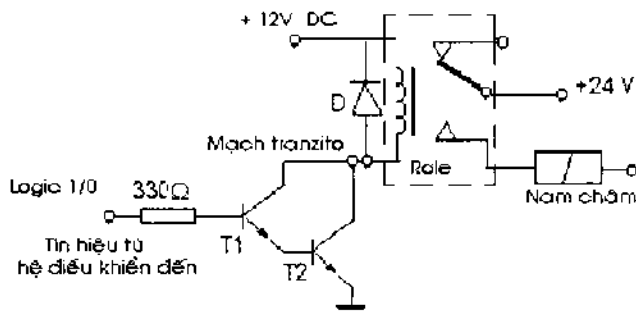
3.3.8 Mạch biến vào - ra

Máy CNC là thành phần cứng trong hệ thống sản xuất tự động linh hoạt. Hệ thống này là tổ hợp quá trình máy, thay dụng cụ và thiết bị kẹp phôi, thay đổi phôi. Tính ưu việt của hệ thống là ở chỗ phần cứng và phần mềm độc lập nhau. Máy CNC là một phần cứng của hệ sản xuất tự động vì vậy nó phải có khả năng liên kết với các phần cứng khác trong hệ thống và máy tính. Để thực hiện chức năng này, trong hệ thống điều khiển CNC người ta sử dụng mạch biến vào – ra (interface input and output variables). Nhờ các biến này mà máy CNC dễ dàng thích nghi với hệ thống sản xuất linh hoạt, ví dụ trong hệ điều khiển máy công cụ CNC hãng Mitsubishi sử dụng 17 mạch biến vào từ địa chỉ từ D1000 đến D1016 và 17 mạch biến ra từ địa chỉ từ D1100 đến D1116. Hình 3-10 là một ví dụ về cấu trúc mạch biến vào – ra của hãng Mitsubishi. Trong cấu trúc biến vào ra của hệ điều khiển này có 16 biến vào từ địa chỉ D1000 đến địa chỉ D1015. Giá trị đọc là logic 1 hoặc 0, 1 = bật (on) tương ứng với cao (high) hoặc đóng công tắc, 0 = tắt (off) tương ứng với (low).



Hình 3-10 Mạch biến vào và biến ra.

Mạch biến ra có thể cho lệnh ra dưới dạng logic 0 và 1 tới một thiết bị nào đó. Biến ra là biến hai chiều. Nó có thể đọc và viết tín hiệu tới các thiết bị nối với nó hoặc đọc và viết tín hiệu vào nó từ thiết bị khác. Chuyển mạch là tranzito, tranzito công suất, rơle cơ-điện là các phần tử có thể nhận được tín hiệu từ mạch biến vào-ra đóng ngắt động cơ điện hoặc thiết bị nguồn khác.



Hình 3-11 Mạch chuyển mạch điều khiển nguồn.

Hình 3-11 chỉ ra kiểu mạch dùng lệnh logic 0 và 1 để điều khiển nguồn cấp cho nam châm điện. Mạch này gồm điện trở 300Ω , mạch khuếch đại công suất, rơle cơ-điện, diot và nam châm điện. Khi hệ điều khiển truyền tới tín hiệu có logic bằng 1 tới chân B của tranzito T1 làm cho T1 chuyển trạng thái từ đóng sang mở, đồng thời T2 cũng mở, mạch khuếch đại công suất hoạt động, xuất điện dòng điện chảy qua đèn, qua cuộn dây điều khiển rơle cơ - điện làm rơle từ trạng thái ngắt sang trạng thái đóng mạch cấp 24V xoay chiều cho cuộn nam châm. Khi tín hiệu chuyển đến đầu B của T1 có trạng thái logic bằng 0, tranzito T1 khoá kéo theo T2 khoá và không có dòng qua cuộn dây rơle, chuyển mạch cắt điện 24 V cho cuộn nam châm

3.4 PHẦN MỀM CNC

Thực ra phần cứng của hệ điều khiển CNC chỉ có thể hoạt động được khi nó nhận được thông tin cấu trúc và thông tin khác từ chương trình máy tính (phần mềm). Trong hệ thống điều khiển CNC có thể phân thành ba dạng chương trình:

chương trình điều khiển, chương trình điều khiển trình tự và chương trình ứng dụng hay đôi khi gọi nó là chương trình NC.

3.4.1 Phần mềm điều khiển

Phần mềm điều khiển là chương trình chính dùng để thực hiện các chức năng NC. Chương trình này được cơ sở sản xuất máy thiết kế trên cơ sở tính năng máy cần được chế tạo. Chương trình điều khiển được lưu trữ trong ROM. Để mở rộng tính năng kỹ thuật máy chỉ có thể thực hiện nhờ việc thay thế ROM với chương trình điều khiển cũ bằng một ROM mới có tính năng cao hơn. Chức năng chính của phần mềm điều khiển là chấp nhận chương trình ứng dụng như là số liệu vào và sinh ra tín hiệu điều khiển, điều khiển dẫn động động cơ các trục.

Phần mềm điều khiển bao gồm bốn chương trình: chương trình kiểm tra, chương trình logic, chương trình đọc, chương trình đặc trưng.

a) Chương trình kiểm tra là chương trình chính. Nó sắp xếp thực hiện tất cả các phần mềm và cho phép CPU thực hiện ghép nối với tất cả các thiết bị vào – ra.

b) Chương trình logic là chương trình điều khiển. Nó làm nhiệm vụ giải mã và nội suy cấu trúc NC để tạo ra tín hiệu điều khiển cho mỗi trục. Các tín hiệu được điều khiển theo trình tự khác nhau để hình thành các kiểu nội suy khác nhau, nội suy thẳng, nội suy vòng, nội suy xoắn, nội suy bậc ba và các dạng khác.

Chương trình còn có nhiệm vụ điều khiển lượng chạy dao, tính toán tăng, giảm lượng chạy dao cho phù hợp với yêu cầu công nghệ.

c) Chương trình đọc được coi là chương trình phục vụ vì nó làm nhiệm vụ vào – ra chương trình, lưu trữ, xóa chương trình và hiển thị chương trình trong quá trình gia công, vị trí dụng cụ hiện hành trên màn hình và các chức năng khác.

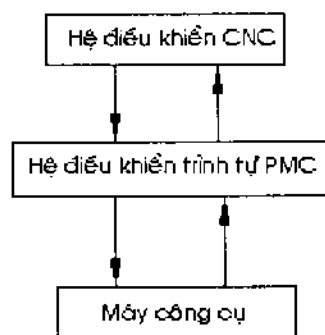
d) Chương trình dự báo là chương trình đặc trưng của máy CNC. Chương trình được thiết kế riêng cho từng máy. chương trình làm nhiệm vụ kiểm tra lỗi của hệ thống điều khiển, lỗi trong cụm dẫn động các trục, lỗi chương trình và các dạng

lỗi khác. Tùy theo người thiết kế mà thông báo lỗi có thể có ký hiệu khác nhau. Thông báo lỗi có thể biểu diễn bằng chữ, bằng số hoặc kết hợp cả chữ và số. Trong hệ thống điều khiển CNC của hãng Brigeport lỗi được ký hiệu bằng bốn chữ số. Ví dụ khi dụng cụ chưa kẹp chặt, chương trình đặc trưng của hệ thống điều khiển FUNUC trung tâm gia công TC1, trên màn hình xuất hiện thông báo lỗi " No 2022, tool not unclanped". Trong trường hợp lỗi không phải là lỗi hệ thống, hệ điều khiển dùng ba chữ số để thông báo, ví dụ chương trình mới đặt tên trùng với tên chương trình đang tồn tại trong máy, hệ thống điều khiển đưa thông báo " error 073". Người điều khiển máy tra trong danh sách lỗi sẽ biết được đó là lỗi gì và cách xử lý lỗi.

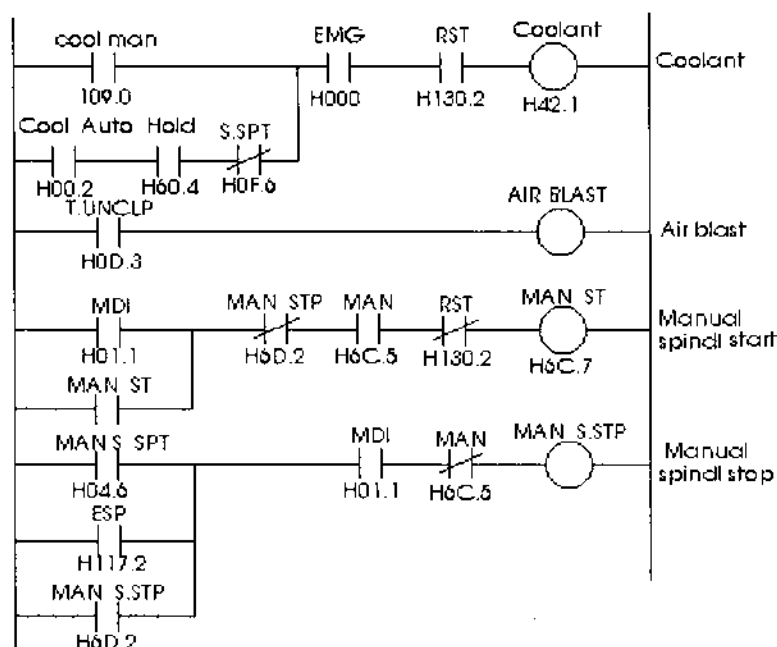
3.4.2 Phần mềm ghép nối

Phần mềm ghép nối giữa hệ điều khiển CNC và máy công cụ cũng được xem là chương trình điều khiển máy. Chương trình này cho phép CPU liên hệ với máy công cụ, bàn điều khiển thông qua chương trình logic được cài đặt trong PMC. Phần mềm ghép nối thực hiện hai kiểu tín hiệu điều khiển rời rạc: tín hiệu vào và tín hiệu ra. Tín hiệu vào PMC là tín hiệu được chuyển tới từ cụm CNC và máy công cụ. Tín hiệu ra của PMC gửi đến tới CNC và máy công cụ. Chương trình từ cụm CNC gửi tới PMC là chương trình NC còn tín hiệu từ PMC đến CNC là lệnh điều khiển bắt đầu chu trình, dừng khẩn cấp, giữ tốc độ và các lệnh rời rạc khác.

Tín hiệu của PMC gửi tới máy công cụ là lệnh thay dụng cụ, đóng mở hệ thống làm mát chi tiết và các chức năng khác. Mối quan hệ giữa PMC với cụm CNC và máy công cụ như chỉ ra trên hình 3-12.



Hình 3-12 Mối liên hệ giữa PMC với cụm CNC và máy.



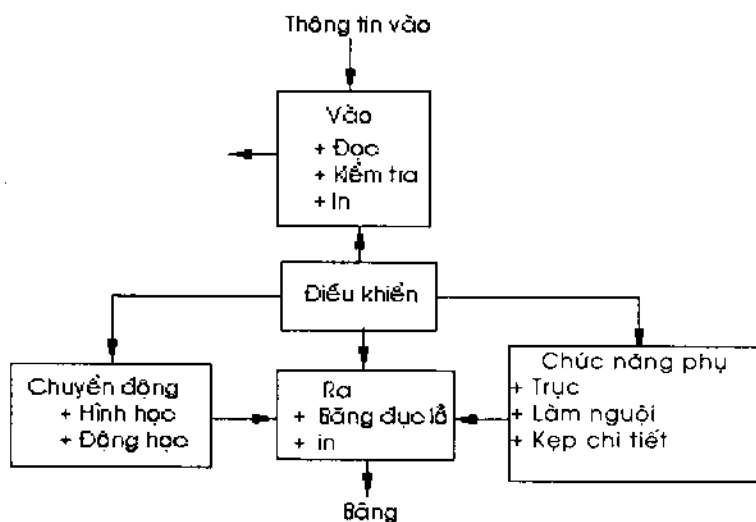
Hình 3-13 Một phần chương trình PMC viết theo logic bậc thang

Chương trình ghép nối giữa PMC với máy công cụ và CNC được thiết kế trên cơ sở thông số của cụm điều khiển CNC. Chính vì vậy các máy khác nhau sẽ có chương trình điều khiển PMC cũng khác nhau. Nhiều máy CNC chương trình PMC có thể đọc được từ màn hình điều khiển. Hình 3-13 chỉ ra chương trình PMC viết theo logic bậc thang của trung tâm gia công TCI hãng Brigeport. Phần chương trình viết theo logic bậc thang để điều khiển hệ thống làm mát chi tiết, quạt gió, khởi động và dừng trục chính bằng tay. Trong một số trường hợp chương trình điều khiển trình tự được viết theo ngôn ngữ bậc cao như ngôn ngữ C, ngôn ngữ Pascal và các ngôn ngữ khác.

3.4.3 Postprocessor

Postprocessor là chương trình máy tính cần thiết trong cấu trúc điều khiển của máy công cụ điều khiển số. Postprocessor làm nhiệm vụ chuyển đổi thông tin

trong chương trình NC thành cấu trúc điều khiển dụng cụ. Thông tin mà Postprocessor phải xử lý là thông tin về đường chuyển động dụng cụ, điều kiện gia công, bắt đầu chương trình, kết thúc chương trình, tốc độ trục chính (S), lượng chạy dao (F). Các thông tin này đảm bảo thực hiện chuyển động bàn máy và các yêu cầu khác đặt ra trong quá trình điều khiển. Chương trình gia công bao gồm các mã cấu trúc điều khiển máy, các mã này được sắp xếp rất cẩn thận bởi các chữ cái A, B, ... Z, các số 1, 2, 3, ..., 9 và các ký hiệu đặc biệt. Các ký tự này được định nghĩa duy nhất bởi tổ hợp của tám bit thông tin số. Cấu trúc chương trình postprocessor chỉ ra trên hình 3- 14.



Hình 3-14 Cấu trúc Postprocessor.

1- **Vào thông tin (Input)** có nhiệm vụ đọc các thông tin đưa ra từ chương trình NC (ví dụ từ chương trình APT). Chương trình có thể đọc từ băng đục lỗ, băng từ hoặc từ chương trình trên máy tính khác. Ngoài nhiệm vụ vào thông tin nó còn có nhiệm vụ kiểm tra độ tin cậy số liệu thông tin vào, thông báo các thông tin không được xử lý và ra các lệnh chuẩn bị phục vụ cho các quá trình tiếp theo.

2- **Chuyển động (Motion)** là thành phần chính trong chương trình postprocessor. Thành phần này có nhiệm vụ hình thành tất cả các cấu trúc có liên

quan đến chuyển động dụng cụ. Thành phần chuyển động gồm hai chức năng: hình học và động học. Quá trình thông tin trong Postprocessor như sau: thông tin đưa vào Postprocessor và được xử lý trong hệ tọa độ Decac theo nguyên tắc bàn tay phải hoặc nguyên tắc bàn tay trái tùy thuộc vào hệ tọa độ được sử dụng đã có cấu trúc trong cụm CNC. Trong trường hợp thông tin được xử lý trong hệ tọa độ Decac khác, thông số hình học phải chuyển đổi cho phù hợp với hệ tọa độ tương ứng với hệ tọa độ trong cụm CNC.

3- **Thành phần phụ** (Auxiliary) làm nhiệm vụ đối chiếu các chức năng chuẩn bị, chức năng hỗn hợp (miscellaneous functions) của cấu trúc NC với yêu cầu đã được chấp nhận từ thành phần vào của postprocessor. Nó định rõ các chức năng nào phù hợp với MCU.

Trong trường hợp chức năng được chấp nhận nó đưa chức năng này tới thành phần ra để chuẩn bị đưa lệnh tới đối tượng cần điều khiển.

4- **Thông tin ra** (Output) làm nhiệm vụ chuyển dữ liệu đến các thành phần chuyển động và thành phần phụ. Các dữ liệu được biến đổi thành dạng phù hợp với MCU. Thành phần đưa thông tin ra cần phải sinh ra kiểu tín hiệu sao cho dễ dàng ghi trên băng từ, băng đục lỗ hoặc các thiết bị ngoại vi khác.

5- **Điều khiển** (Control) là thành phần sinh ra thời gian liên tục cho postprocessor, đáp ứng với tất cả các phần tử và hoạt động của chương trình. Nó còn làm nhiệm vụ điều khiển dòng dữ liệu chuyển tới các phần tử cần điều khiển và nhận liên tục các dữ liệu mới đưa vào từ thiết bị vào/ra.

3.4.4 Phần mềm ứng dụng

Chương trình ứng dụng còn được gọi là chương trình NC. Chương trình cho thông tin mô tả đường chuyển động dụng cụ trong quá trình gia công, kiểu chuyển động: chạy nhanh, nội suy thẳng, nội suy vòng, điều kiện cắt như tốc độ trục chính, lượng chạy dao, chiều sâu cắt. Chương trình ứng dụng có thể viết bằng hai cách.

Chương trình viết trên cơ sở mã G, mã tiêu chuẩn M, T, F và chức năng S để viết chương trình NC. Các lệnh cơ bản trong chương trình NC.

3.4.4.1 Chương trình mã G

Lập trình theo mã G là sử dụng các mã lệnh G, M, S, F, T và các lệnh khác để hình thành chương trình gia công. Chương trình viết theo khối, trong một khối gồm nhiều từ (word). Từ là ký tự đặc biệt gồm địa chỉ chữ và số, sắp xếp theo trình tự nhất định thực hiện một hoạt động của máy, ví dụ N001, G01 và X120. Khối (Block) gồm một từ hoặc nhiều từ và cuối mỗi khối có ký tự kết thúc khối (EOB) và khối có thể xem là đơn vị cơ bản trong chương trình NC. Đoạn chương trình dưới đây gồm ba khối, khối thứ nhất có bốn từ, khối thứ hai có ba từ và khối cuối cùng có năm từ.

N05 G90 G80 G17

N10 T01 M06

N15 G01 X20 Y50 F12

Số thứ tự được đặt vị trí đầu tiên của mỗi khối và có mã địa chỉ chữ được ký hiệu bởi chữ cái tiếng Anh N, sau chữ N là ba chữ số chỉ thứ tự khối, ví dụ N005, đây là khối thứ năm.

Chức năng chuẩn bị được mã hóa bằng chữ cái G, sau đó là hai chữ số. Chức năng này thông báo cho MCU chuẩn bị mạch để hình thành kiểu điều khiển theo yêu cầu chương trình, ví dụ lệnh G00 được giải thích là chữ G địa chỉ chữ chỉ lệnh chuẩn bị công nghệ, hai số 00 chỉ đặc trưng cho công nghệ cần chuẩn bị là chạy nhanh với tốc độ định trước (tốc độ này cố định trong máy). Ví dụ khác lệnh G01. Khi hệ điều khiển CNC nhận được lệnh địa chỉ G nó hiểu rằng đây là lệnh chuẩn bị công nghệ và lệnh hai số tiếp theo 01 nó hiểu rằng đây là lệnh nội suy thẳng theo chiều kim đồng hồ.

Chức năng kích thước cũng được mã hóa bằng các chữ cái và sắp xếp theo thứ tự

X,Y, Z, U, V, W, P, Q, R, I, J, K, A, B, C, D, E cho hệ thống điều khiển nhiều trục.

Máy công cụ điều khiển số ba trục thẳng chức năng kích thước sắp xếp theo thứ tự X, Y, Z tương ứng các chuyển động thẳng thứ nhất X, Y, Z. Mã I, J, K là các mã dùng trong lệnh cắt ren và cung tròn.

Máy có nhiều trục chuyển động mã X, Y, Z, I, J, K được sắp xếp như trong máy ba trục, các mã kích thước tiếp theo P, Q, R được sắp theo thứ tự trục thẳng thứ ba tương ứng. Các mã A, B, C tương ứng với trục quay thứ nhất và mã D, E tương ứng với trục quay thứ hai. Ví dụ lệnh X100, trong đó X là địa chỉ chữ chỉ cho hệ điều khiển biết rằng đó là lệnh chuyển động theo trục X và chữ số 100 chỉ vị trí tọa độ tiếp theo cần chuyển động tới. Kích thước trong chương trình được tính theo BCS.

Lượng chạy dao được mã hóa bằng chữ F và sau nó là bốn số. Đơn vị lượng chạy dao tính theo milimet trên phút. Mã hóa lượng chạy dao sẽ được trình bày ở các mục tiếp theo.

Tốc độ chuyển động quay của trục chính mã hóa bằng chữ S, ví dụ S1000 M03. Trong đó mã M03 chỉ trục chính quay thuận chiều kim đồng hồ. Các lệnh M sẽ nói rõ trong các mục tiếp theo. Đơn vị đo của chuyển động chính là vòng trên phút.

Chức năng thay dụng cụ được mã hóa bằng chữ T và sau là các số. Ở trung tâm gia công sau địa chỉ T là hai số chỉ thứ tự dụng cụ. Ví dụ T02 chỉ cho hệ điều khiển hiểu rằng đây là dụng cụ thứ hai trong thiết bị lưu trữ dụng cụ. Trung tâm tiện cũng dùng mã lệnh T làm nhiệm vụ thay dụng cụ tự động. Sau địa chỉ chữ T có bốn số, bốn số đó chia làm hai nhóm. Nhóm hai số đầu chỉ số thứ tự dụng cụ trên giá (turret), nhóm hai số thứ hai chỉ địa chỉ fille hiệu chỉnh dụng cụ (offset tool) của dụng cụ tương ứng. Tùy thuộc vào máy có thể có số dụng cụ 6, 12, 24 hoặc 36. Nhóm số thứ hai offset dụng cụ 00 là lệnh dùng offset (offset cancel command). Ví dụ lệnh gọi dụng cụ của trung tâm tiện là T0101. Nhóm số thứ nhất 01 chỉ lựa chọn

dụng cụ số 01. Nhóm số 01 tiếp theo chỉ địa chỉ Fille lưu trữ thông tin hiệu chỉnh (offset). Để dùng lệnh hiệu chỉnh dụng cụ số 05 người ta viết T0500.

Mỗi dụng cụ cắt có số mã số riêng. Dụng cụ được lựa chọn và thay tự động khi mã số có mặt trong khối chương trình.

Chức năng phụ được mã hóa bằng chữ M và sau nó là hai số. Đó là chức năng dừng chương trình, lệnh chọn chiều trục chính, đóng ngắt hệ thống làm mát, kết thúc chương trình, gọi chương trình con và các chức năng khác. Dưới đây là một số lệnh cơ bản trong chương trình NC.

1. Lệnh chuyển động

- Mã lệnh G00 là mã lệnh thực hiện chuyển động. Lệnh điều khiển dụng cụ chuyển động nhanh đến vị trí xác định (chú ý rằng tốc độ khi chuyển động nhanh được đặt cố định trước, vì vậy câu lệnh này không đòi hỏi lệnh F), ví dụ: G00 X100 Y50 Z1.
- Mã lệnh G01 là mã lệnh nội suy đường thẳng. Lệnh này thực hiện chuyển động dụng cụ từ tọa độ trong khối lệnh trước đến tọa độ trong khối lệnh đang thực hiện. Lệnh G01 đòi hỏi lệnh F, ví dụ G01 X120 Y40 F25.
- Mã lệnh G02 và G03 là mã lệnh nội suy cung tròn thuận chiều kim đồng hồ (G02) và ngược chiều kim đồng hồ (G03). Lệnh yêu cầu hệ điều khiển chuyển động dụng cụ trên cung tròn. Lệnh này đòi hỏi năm thông tin, vị trí điểm cuối của cung tròn, mặt phẳng nội suy, tọa độ bắt đầu nội suy, hướng nội suy và tọa độ tâm cung tròn cần nội suy.

2. Lựa chọn mặt phẳng

Mã lệnh lựa chọn mặt phẳng G17, G18, G19. Chúng ta đã biết hệ tọa độ chi tiết được hình thành bởi ba trục X, Y, Z. Ba trục này vuông góc với nhau và hình thành ba mặt phẳng, mặt phẳng XY, mặt phẳng ZX và mặt phẳng YZ. Chuyển động của dụng cụ chỉ thực hiện trong mặt phẳng đã lựa chọn.

3. Hệ vị trí

Mã lệnh hệ vị trí G90 và G91. Mã lệnh G90 được dùng cho hệ tuyệt đối (absolute system) và mã lệnh G91 dùng cho hệ tương đối (incremental system). Trong kiểu tuyệt đối, chuyển động dụng cụ đến vị trí mà giá trị của nó được xác định so với điểm cố định (điểm cố định được gọi là gốc) trên hệ tọa độ chi tiết. Kiểu tương đối, điểm hiện tại được coi là điểm gốc để xác định điểm tiếp theo.

4. Chức năng tốc độ

Chức năng tốc độ được ký hiệu S và sau là các số. Chức năng này định tốc độ quay của trục chính. Đơn vị đo tốc độ trục chính là vòng trên phút. Chức năng S phải đi cùng chức năng phụ M03 (trục chính quay thuận kim đồng hồ) hoặc M04 (chuyển động trục chính ngược chiều kim đồng hồ).

5. Chức năng hỗn hợp (Miscellaneous)

- Mã lệnh M00 thực hiện dừng chương trình không có điều kiện. Khi gặp mã lệnh này trong chương trình hệ điều khiển dừng trục chính, chạy dao và dừng làm mát chi tiết cho đến khi có tín hiệu khởi động lại.
- Mã lệnh M01 là lệnh dừng có điều kiện. Nó cũng có chức năng giống như chức năng M00 nhưng khác là nó chỉ thực hiện đóng - ngắt chuyển mạch đã lựa chọn trong chương trình gia công.
- Dừng thực hiện chương trình khi gặp mã lệnh M30. Mã lệnh này đặt ở cuối chương trình gia công.

6. Chức năng hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ (offset tool)

Trong chương trình gia công có thể dùng nhiều loại dụng cụ và chiều dài các dụng cụ cũng khác nhau. Để gia công được hệ điều khiển phải có chức năng hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ. Mã lệnh G43, G44 và G49 là các mã lệnh thực hiện chức năng này. Chú ý rằng mã lệnh hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ thực hiện trên trục chuyển động thẳng thứ nhất Z. Mã lệnh G43 hiệu chỉnh chiều dài theo chiều dương

trục Z. Mã lệnh G44 hiệu chỉnh chiều dài theo chiều âm trục Z và mã lệnh G49 mã lệnh dừng hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ.

7. Chức năng hiệu chỉnh đường kính dụng cụ (tool diameter offsets)

Trong điều khiển, đường chuyển động của dụng cụ được vẽ ra theo tâm của nó hay nói khác đi là đường chuyển động cụ được hình thành trên cơ sở đường tâm trục chính. Nếu cho dụng cụ chuyển động theo biên dạng chi tiết gia công, chi tiết được gia công có kích thước nhỏ hơn kích thước yêu cầu một lượng chính bằng bán kính của dụng cụ, vì vậy chúng ta phải hiệu chỉnh quỹ đạo chuyển động đường tâm dụng cụ cách bề mặt gia công một khoảng bằng bán kính dụng cụ. Chức năng này gọi là hiệu chỉnh đường kính dụng cụ. Mã lệnh G41, G42 và G40 thực hiện chức năng này. G41 là mã lệnh thực hiện hiệu chỉnh đường kính bên trái, G42 hiệu chỉnh đường kính bên phải và G40 dừng hiệu chỉnh đường kính. Ta có thể dễ dàng dùng bàn tay phải đặt úp để xác định cách dùng lệnh G41 và G42. Nếu ta quy định ngón trỏ giữ chức năng G40 và ngón cái G41 và ngón giữa G42. Để xác định dùng lệnh G41 hay G42 ta để ngón giữa có hướng từ lòng bàn tay đến đầu ngón tay trùng với hướng chuyển động của dụng cụ, dụng cụ chuyển động phía ngón tay cái ta dùng lệnh G41 và chuyển động cắt phía trong dùng lệnh G42. Câu lệnh dùng cho hiệu chỉnh chiều dài và đường kính cho trung tâm gia công có dạng như sau:

G41(hoặc G42) Xx Yy Zz Hh Dd.

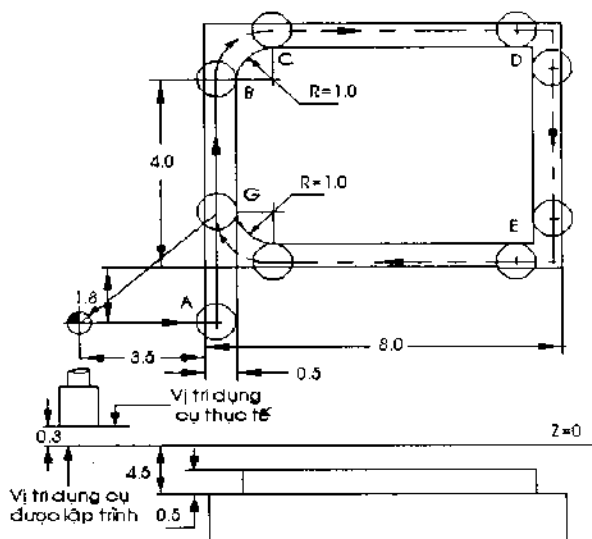
Chú ý rằng trong nhiều trường hợp bảng (file) ghi thông tin hiệu chỉnh dụng cụ, số thứ tự thứ đầu tiên (01) đến số thứ tự số dụng cụ cuối cùng tương ứng với số thứ tự đó là giá trị hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ và các số thứ tự tiếp theo tương ứng với giá trị hiệu chỉnh đường kính dụng cụ. Ví dụ hình 3-14A là file lưu trữ dữ liệu hiệu chỉnh chiều dài và đường kính dụng cụ. Từ bảng ta thấy giá trị lưu trữ có 08 dụng cụ được đánh số thứ tự từ 001 đến 008, cột DATA ghi giá trị hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ. Từ thứ tự 009 đến 016 cột DATA ghi giá trị hiệu chỉnh đường kính dụng cụ, ví dụ, dao 00 005 có giá trị hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ là 12,000 và tương ứng với nó là số thứ tự 013 cột DATA ghi số liệu hiệu chỉnh chiều dài tương ứng là

8,562. Nhìn vào file ghi hiệu chỉnh ta có thể biết được số dụng cụ đã được hiệu chỉnh. Trong bảng hiệu chỉnh chỉ ra ở trên có 04 dụng cụ đã được hiệu chỉnh.

OFFSET		011224 N0000	
N0	DATA	N0	
001	0.000	009	0.000
002	0.000	010	12.269
003	5.000	011	10.230
004	0.000	012	11.265
005	12.000	013	8.562
006	0.000	014	0.000
007	0.000	015	0.000
008	0.000	016	0.000
ACTUAL POSITION (RELATIVE)			
X	0.000	Y	0.000
Z	0.000		
N0.013 =			
03:22:13			
[OFFSET] [MACRO] [MENU] [WORK] [TOOLFF]			

Hình 3-14A File ghi hiệu chỉnh dụng cụ trong hệ điều khiển Fanuc.

Ví dụ 3-1 Lập trình gia công chi tiết, kích thước tính theo hệ inches chỉ ra trên hình 3-15. Hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ được ghi vào thanh ghi H1 (H1= -0,3) và hiệu chỉnh đường kính trong thanh ghi D 21. Đường chuyển động dụng cụ chọn như trên hình 3-15.



Hình 3-15 Ví dụ lập trình gia công.

GIẢI

N5 G90 G80 G40 G17, G49;	an toàn cho máy.
N10 T1 M6;	thay dụng cụ T1.
N15 G54 G00 X0 Y0;	Thiết lập hệ tọa độ chỉ tiết chạy nhanh đến (0,0).
N20 S1000 M3;	tốc độ trục chính 1000vòng/ph, trục chính quay thuận chiều kim đồng hồ (CW).
N25 G43 H1 Z-5.0;	hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ, chạy nhanh tới Z -5.0.
N30 G41 H21 X4.0;	hiệu chỉnh đường kính dụng cụ (trái), chạy nhanh đến điểm A.
N35 G91 G01 Y5.8 F15.5;	kiểu tuyệt đối, chạy dao gia công đến điểm B, tốc độ chạy dao F15.0
N40 G02 X1.0 Y1.0 R1.0;	nội suy đường tròn, cung cắt BC
N45 G01 X7.0;	nội suy đường thẳng, gia công tới điểm D
N50 Y-4.5;	gia công đến điểm E
N55 X-6.0;	gia công đến điểm F
N60 G02 X-1.0 Y1.0 R1.0;	nội suy đường tròn, gia công trên đường cong FG
N65 G01 G40 X-2.5 Y-2.8;	nội suy đường thẳng, dừng hiệu chỉnh đường kính, chuyển dụng cụ về điểm O.
N70 G00 Z5.0;	chuyển động nhanh trục chính về Z-5.0.
N75 G91 G28 Z0;	chạy nhanh trục chính về gốc máy trục Z.
N80 M5;	dừng trục chính.

N85 G91 G28 X0 Y0; chạy nhanh trục X về gốc máy trục X.

N85 M30; dừng chương trình.

3.4.4.2 Chương trình tham số

Sử dụng mã G lập trình gia công các bề mặt phức tạp và có chu trình lặp bằng các chương trình con đơn giản gặp nhiều khó khăn, bởi vì cần phải xác định nhiều thông số cần thiết khi lập trình. Do vậy chương trình gia công dài, mắc nhiều lỗi và độ chính xác thấp. Ví dụ, khi cắt rãnh elip, nếu lập trình theo mã G ta phải chia đường elip thành các cung, xác định tâm cung tròn tương ứng với các đoạn cung đã chia. Từ số liệu tâm cung tròn, điểm đầu, điểm cuối của mỗi cung là cơ sở để lập chương trình. Chính vì vậy độ chính xác của đường elip phụ thuộc vào số phân chia cung elip. Với các bề mặt phức tạp và có chu trình lặp, chương trình con viết theo tham số dễ dàng hơn so với lập trình theo mã G. Lập trình theo tham số cho phép thực hiện các phép tính số học, phép logic, phép lặp và các tiện ích khác.

Hệ thống biến trong lập trình theo tham số gồm biến chương trình, biến ghép nối vào - ra và biến dự báo. Biến dự báo có thể xem là biến hàm chức năng như số liệu hiệu chỉnh dụng cụ, thiết lập hệ tọa độ chi tiết, cảnh báo, các thông tin vị trí và tín hiệu trợ giúp. Biến trong hệ thống điều khiển được các nhà thiết kế định nghĩa trong chương trình điều khiển máy. Ký hiệu địa chỉ biến trong hệ thống điều khiển của các hãng sản xuất khác nhau cũng khác nhau. Nhưng phần lớn sử dụng dấu # làm địa chỉ gán, ví dụ biến hệ thống #4001 trong hệ điều khiển FANUC là thông tin về kiểu điều khiển nội suy đường thẳng tương đương với lệnh G01 trong chương trình mã G. Tương tự như vậy, chương trình tham số định nghĩa chữ A là biến #1 và chữ B là biến #2 các biến khác có thể xem trong các thuyết minh sử dụng máy.

Đối với hệ thống điều khiển CNC của Mitsubishi người ta sử dụng chữ cái D của tiếng Anh để ký hiệu cho địa chỉ biến và sau đó là các số. Chữ A trong hệ điều khiển của Mitsubishi có ký hiệu biến D101, chữ B là biến D102 và các biến khác có thể tham khảo trong tài liệu của Mitsubishi.

Biến trong hệ thống trong lập trình theo tham số có thể phân thành những dạng sau:

1. Biến hệ thống là biến không thể thay đổi được (phần cứng) nó không mất đi ngay cả khi mất điện. Biến hệ thống dùng để đọc, viết một biến dữ liệu. Biến hệ thống có các kiểu: biến ghép nối, hiệu chỉnh dụng cụ, biến cảnh báo, biến thời gian, biến đổi số nhị phân thành thập phân và biến điều khiển thuật toán tự động. ví dụ biến hệ thống vào-ra của hãng Mitsubishi nói rõ trong mục 3.2.8.

2. Biến chung là biến có thể sử dụng ở mọi vị trí trong chương trình viết theo tham số. Biến này luôn được lưu trong bộ nhớ và dữ liệu của biến không bị mất đi ngay cả khi mất điện. Chú ý rằng sử dụng các biến sẽ làm giảm bộ nhớ của máy. Ví dụ trong hệ thống điều khiển FANUC các biến từ #100 đến #149 và #500 đến #531 là các biến chung.

3. Biến cục bộ là biến chỉ được sử dụng trong từng chương trình tham số, ví dụ biến #1 đến #33 của hệ điều khiển FANUC. Các biến này dùng để ghi kết quả của thuật toán. Khi mất điện biến này về "null" và biến trở thành không sử dụng được.

4. Biến không là biến được ký hiệu bằng số "0" và không được dùng vì giá trị của biến luôn "null". Không có giá trị nào gán được cho biến này.

Một trong những đặc tính của lập trình tham số là có khả năng hình thành các phép toán và chức năng điều khiển để gia công các bề mặt phức tạp mà bề mặt được cho dưới dạng phương trình toán học. Ví dụ, lập trình theo tham số để gia công rãnh elip trên máy CNC với hệ thống điều khiển của FANUC.

Theo toán học, elip có thể xây dựng từ hai đường tròn cơ sở, đường tròn chính và đường tròn phụ. Bán kính của đường tròn chính tương ứng với trục chính của elip và bán kính đường tròn phụ tương ứng với trục phụ của elip như chỉ ra trên hình 3-16. Gắn hệ tọa độ Decac lên elip với điểm gốc là điểm nào đó trong hình elip. Giả thiết gốc của hệ tọa độ trùng với tâm đường tròn chính và đường tròn phụ

(hình 3-16a), các điểm của elip được xác định trên cơ sở của hai đường tròn như sau: Từ gốc tọa độ dựng đường thẳng hợp với trục X một góc θ , đường thẳng này cắt đường tròn phụ tại N và cắt đường tròn chính tại K. Từ K hạ đường vuông góc với trục X, từ N kẻ đường song song với trục X, giao của hai đường này xác định điểm trên elip.

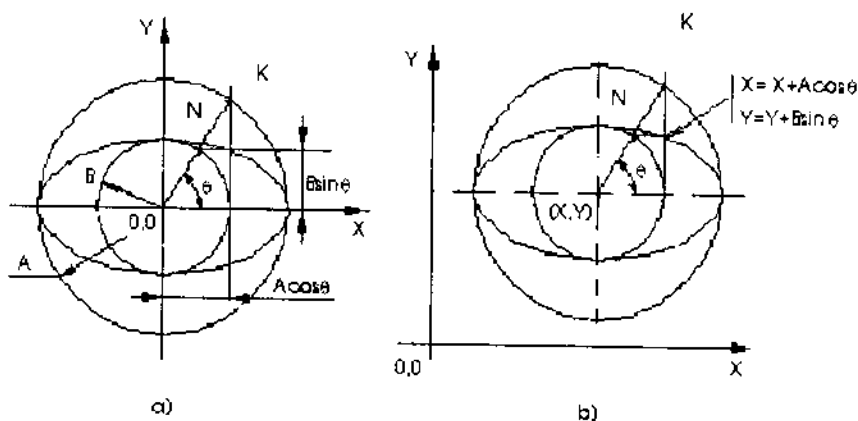
Điểm trên đường elip xác định theo bán kính đường tròn chính A, bán kính đường tròn phụ B và góc θ xác định theo phương trình:

$$\begin{aligned}x &= A \cos \theta \\y &= B \sin \theta\end{aligned}\quad (3-1)$$

Nếu gốc tọa độ đặt ở ngoài elip chỉ ra trên hình 3-16b, tọa độ điểm trên elip có thể xác định theo công thức:

$$\begin{aligned}x &= X - A \cos \theta \\y &= Y - B \sin \theta\end{aligned}\quad (3-2)$$

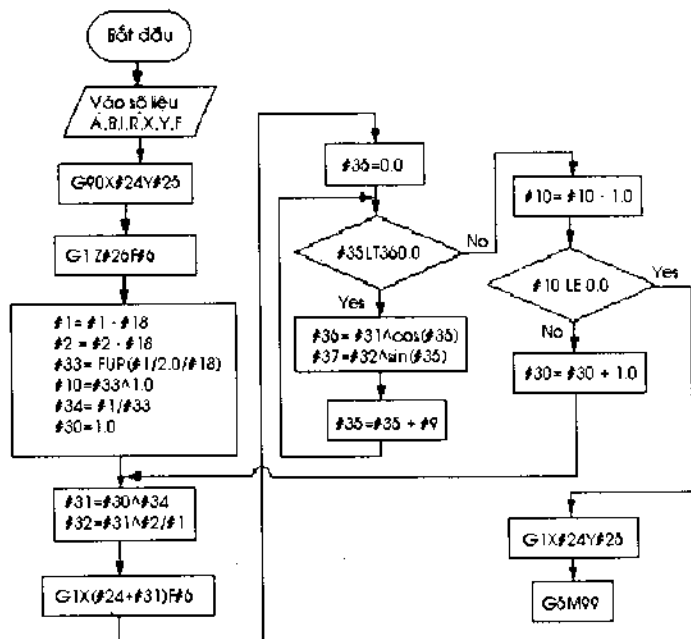
trong đó : X và Y là tọa độ tâm elip.



Hình 3-16 Dựng elip:
a) tâm elip nằm tại 0,0; b) tâm elip nằm tại X,Y.

Các biến dùng trong chương trình tham số được định nghĩa như sau:

Địa chỉ A thay bởi biến #1	chiều dài trục chính elip
Địa chỉ B thay bởi biến #2	chiều dài trục phụ elip
Địa chỉ I thay bởi biến #9	giá trị bước góc
Địa chỉ R thay bởi biến #18	bán kính dụng cụ cắt
Địa chỉ X thay bởi biến #24	giá trị tọa độ X tâm elip
Địa chỉ Y thay bởi biến #25	giá trị tọa độ Y tâm elip
Địa chỉ Z thay bởi biến #26	chiều sâu cắt
Địa chỉ F thay bởi biến #6	lượng chạy dao.



Hình 3-17 Sơ đồ thuật toán cắt rãnh elip.

Lệnh gọi chương trình tham số viết trong chương trình chính của hệ điều khiển FANUC khi cắt rãnh elip như sau:

N65 P7030 Aa Bb Ii Rr Xx Yy Zz Ff,

trong đó: a, b, i, r, x, y, z, f là các giá trị được gửi;

A, B, Y, Z, F, I, R, X là các địa chỉ.

Sơ đồ thuật toán lập trình tham số để cắt elip trên máy CNC hệ điều khiển FANUC như chỉ ra trên hình 3-17.

Chương trình tham số để cắt rãnh elip trên máy CNC hệ điều khiển FANUC.

O7030	tên chương trình tham số
#5=#4003	lập trình tuyệt đối hoặc gia số tương ứng với G90 hoặc G91 đã chọn trong chương trình chính.
G0X#24Y#25	đưa dụng cụ nhanh đến tâm elip
G1Z#26F#6	chạy dao theo trục Z để cắt chiều sâu Z
#1=#1- #18	gán biến #1 với giá trị chiều dài trục chính elip
#2=#2- #18	gán biến #2 với giá trị chiều dài trục phụ elip
#33=FUP(#1/2.0/#18)	tính toán số bước lặp
#10=#33*1.0	chuyển biến #33 thành số thực
#34=#1/#33	tính giá trị bước theo trục X
#30=1.0	gán biến #30=1.0
N10 #31=#30*#34	tính toán giá trị tích lũy bước
#32=#31*#2/#1	tính toán giá trị bước theo trục X
G1X(#24+#31)F#6	chạy nhanh đến điểm đầu tiên trên trục X
#35=0.0	gán biến #35 =0.0
WHILE (#25)LT(360.0) DO	xác định vòng lặp
#36=#31*cos(#35)	tính toán tọa độ X

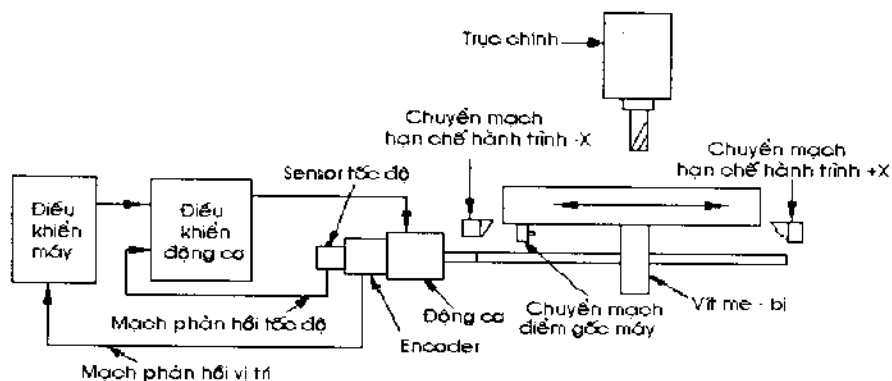
#37=#32*sin(#35)	tính tọa độ Y
G1X(#24 + #36)Y(#25 + #37)	chạy nội suy
#35=#35 - #9	gia số góc
END1	kết thúc vòng lặp
#10=#10+1.0	tăng biến #10 lên 1
IF (#10) LE (0.0) GOTO 20	điều khiển lặp
#30=#30-1.0	tăng biến #30 lên 1
GOTO N10	
N20 G1 X#24Y#25	chạy dụng cụ về tâm elip
G#5M99	vẽ theo kiểu lặp trình G90 hoặc G91, về chương trình chính

3.5 ĐIỀU KHIỂN VỀ ĐIỂM GỐC MÁY VÀ HẠN CHẾ HÀNH TRÌNH

3.5.1 Điều khiển về gốc máy

Khi máy mới khởi động, hệ điều khiển chưa nhận biết được vị trí các trục máy, vì vậy máy cần phải đưa các trục về điểm mà nó đã được xác định từ trước, đó là điểm gốc của máy hay còn được gọi là điểm không máy hoặc điểm riêng của máy (machine home point).

Hãy xem xét những gì xảy ra khi máy thực hiện về điểm gốc máy. Để thực hiện điều khiển bàn máy về điểm gốc máy, thiết bị cần có mạch điều khiển vị trí (hình 3-18). Trên bàn máy người ta lắp một chuyển mạch dùng định vị điểm gốc máy. Chuyển mạch xác định điểm gốc máy là chuyển mạch tiếp xúc hoặc không tiếp xúc. Quá trình xác định điểm gốc máy xảy ra khi có lệnh từ hệ điều khiển CNC đưa tới, bàn máy thực hiện chuyển động chậm về hướng điểm gốc máy. Khi bàn máy tác động lên chuyển mạch điểm gốc máy, chuyển mạch đóng sinh ra tín hiệu, tín hiệu này được gửi tới hệ điều khiển CNC báo cho hệ điều khiển biết chuyển mạch đang ở trạng thái đóng.



Hình 3-18 Cấu trúc điều khiển trục X về điểm gốc máy.

Hệ điều khiển CNC gửi tới điều khiển động cơ yêu cầu động cơ quay ngược chiều so với chuyển động quay ban đầu với tốc độ chậm cho đến khi hệ CNC nhận được xung xác định vị điểm gốc của Encoder gửi tới, hệ CNC lệnh cho hệ điều khiển dừng động cơ và lúc đó quá trình chuyển động bàn máy về điểm gốc máy kết thúc. Lúc này máy biết chính xác vị trí của mình trên mỗi trục. Đồng thời chiều quay của động cơ cần được đặt ở trạng thái quay thuận chiều kim đồng hồ.

3.5.2 Hạn chế hành trình bàn máy

Để đảm bảo cho bàn máy không vượt quá hành trình, trên mỗi trục chuyển động người ta lắp hai chuyển mạch tiếp xúc hoặc không tiếp xúc như chỉ ra trên (hình 3-18). Ngoài ra để an toàn thêm cho máy người ta dùng khống chế hành trình bằng chương trình, phần mềm được lưu trữ trong máy. Ví dụ, hành trình của bàn máy theo trục X lớn nhất là 300mm, nếu BCS của máy là 0,001mm, số xung lớn nhất kể từ gốc máy sẽ là $300/0.001=300000$ xung. Hệ đếm số xung nếu vượt qua số lượng xung trên máy đưa ra lời cảnh báo và hệ điều khiển CNC ra lệnh dừng động cơ, thông báo lỗi (màn hình điều khiển xuất hiện dòng chữ vượt quá hành trình). Giới hạn bằng phần mềm thường có tác dụng trước hạn chế hành trình bằng chuyển

mạch, nó là hạn chế hành trình thứ nhất và hạn chế hành trình bằng chuyển mạch là hạn chế hành trình thứ hai.

3.6 MÃ HÓA TỐC ĐỘ CHẠY DAO

Hiện nay, có một số phương pháp mã hóa tốc độ chạy dao, ở đây trình bày phương pháp mã hóa tốc độ chạy dao dùng phổ biến là phương pháp thời gian ngược (inverse-time).

Mã tốc độ chạy dao (Mã tốc độ Chạy Dao -MCD) chuyển tới MCU tỷ lệ nghịch với thời gian nội suy tính bằng phút. Với chuyển động thẳng MCD được tính theo công thức sau:

$$MCD = \frac{10 \times V}{L} \quad (3-3)$$

trong đó:

V - tốc độ chạy dao trên đoạn thẳng tính theo đơn vị chiều dài trên phút, ví dụ tốc độ chạy dao 20 milimet trên phút;

L - chiều dài đoạn thẳng dịch chuyển cũng được tính theo cùng một đơn vị chiều dài với tốc độ chạy dao, ví dụ nếu tốc độ chạy dao tính là milimet trên phút, chiều dài cũng được tính theo milimet.

MCD - mã tốc độ chạy dao được biểu diễn bằng bốn chữ số từ 0001 đến 9999, phù hợp với thời gian nội suy 10 phút và 0,06 giây. Ví dụ, chuyển động thẳng với khoảng cách là 5 milimet, tốc độ chạy dao 10 mm/ph. MCD được tính như sau:

$$MCD = \frac{10 \times 10}{5} = 20$$

Chương trình lệnh tốc độ chạy dao được viết F0020. Trong một số trường hợp các số 0 đứng trước không có ý nghĩa có thể không cần viết, lúc đó lệnh chạy dao trong chương trình ứng dụng có thể viết F20.

Chuyển động dụng cụ theo cung tròn MCD được xác định theo công thức:

$$MCD = \frac{10 \times V_R}{R} \quad (3-4)$$

trong đó:

V_R – lượng chạy dao của dụng cụ trên cung tròn, được tính theo đơn vị dài trên phút;

R - bán kính cung tròn tính theo đơn vị dài.

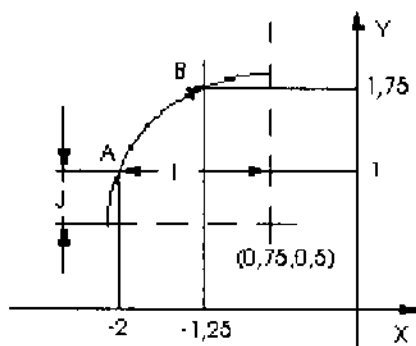
Ví dụ 3-2 : Tính toán mã tốc độ chạy dao để cắt cung tròn bán kính tính theo hệ Anh $R = 1,346$ in với tốc độ dài yêu cầu $V = 5$ in/ph, bước cơ sở BCS = 0,001 in chỉ ra trên hình 3-19.

Từ phương trình (3-4) ta có:

$$MCD = \frac{10 \times 5}{1,346} = 37$$

Phần lớn hệ điều khiển CNC lập trình lượng chạy dao trực tiếp theo đơn vị milimet trên phút hoặc inch trên 10 phút. Ví dụ tốc độ chạy dao 250 mm/ph, chương trình viết F250. Tốc độ chạy dao tính theo inch ví dụ 5,5 in/ph, chương trình viết F55. Những lệnh này

đưa vào hệ CNC và được CNC lưu lại cho đến khi nó được thay thế bởi lệnh khác. Trong hệ điều khiển máy CNC, khi nội suy đường thẳng, tốc độ dài của dụng cụ trên đường cắt bằng với tốc độ dài xác định theo chương trình. Nội suy đường tròn tốc độ dụng cụ trên đường gia công khác với tốc độ viết trong chương trình. Tốc độ chạy dao F_r đòi hỏi cần phải nhân với tỷ số giữa bán kính dụng cụ và bán kính cung tròn.



Hình 3-19 Kích thước cung tròn:
A : điểm bắt đầu;
B : điểm kết thúc

$$F = \frac{R_p \pm R_t}{R_p} F_r \quad (3-5)$$

trong đó: F - lượng chạy dao viết trong chương trình; R_p - bán kính đường cong;
 R_t - bán kính dụng cụ cắt .

4

HỆ DẪN ĐỘNG CHẠY DAO TRONG MÁY CÔNG CỤ CNC

4.1 GIỚI THIỆU

Trong máy công cụ điều khiển số hệ dẫn động chạy dao gồm hai thành phần cơ bản: thành phần điều khiển và động cơ. Thành phần điều khiển làm nhiệm vụ chuyển đổi tín hiệu điều khiển từ CNC thành tín hiệu điều khiển động cơ. Động cơ làm nhiệm vụ biến đổi năng lượng từ các dạng năng lượng khác nhau thành chuyển động cơ học. Trong máy công cụ điều khiển số, người ta sử dụng rộng rãi hai loại động cơ dẫn động chạy dao, động cơ thủy lực và động cơ điện. Động cơ thủy lực dùng để biến đổi năng lượng thủy lực thành chuyển động cơ học tịnh tiến (xilanh – pittông) hoặc chuyển động quay (động cơ thủy lực). Động cơ điện dùng để biến đổi năng lượng điện thành chuyển động cơ học. Động cơ điện dùng dẫn động bàn máy là động cơ bước (stepping motor), động cơ một chiều (Direct- Current motor – DC) hoặc động cơ xoay chiều điều khiển tần số.

Hệ điều khiển dẫn động chạy dao có hai dạng, điều khiển kín và điều khiển hở. Trong hệ điều khiển kín luôn có mặt các phần tử phản hồi, các phần tử này dùng để xác định vị trí, tốc độ bàn máy và sinh ra tín hiệu phù hợp đưa trở về cụm điều khiển động cơ nhằm giảm sai lệch giữa tín hiệu yêu cầu và tín hiệu phản hồi. Trong mạch phản hồi nếu dùng thiết bị chuyển đổi là Encoder (thiết bị chuyển đổi số) trong mạch phản hồi có mặt bộ đếm tiến – lùi và bộ chuyển đổi D/A. Trong trường hợp thiết bị

chuyển đổi là Resolver (thiết bị chuyển đổi tương tự) trong mạch thay thế bộ đếm tiến - lùi bằng bộ so sánh. Ngoài ra thiết bị chuyển đổi năng lượng từ năng lượng điện - thủy lực thành chuyển động cơ học.

Như vậy có thể nói hệ điều khiển dẫn động bàn máy trong máy công cụ điều khiển số là thiết bị điện, điện - thủy lực, điện - khí nén hoặc kết hợp giữa các dạng năng lượng khác nhau biến đổi thành chuyển động cơ học.

4-2 ĐỘNG CƠ SECVO THỦY LỰC

Máy công cụ điều khiển số với công suất lớn thường sử dụng hệ thống thủy lực điều khiển secvo làm dẫn động chạy dao.

Khi sử dụng hệ thống thủy lực trong dẫn động chạy dao cho ta thấy nó có những ưu điểm nổi bật mà các dạng dẫn động khác không có được:

1- Xét về mặt giá thành cho thấy, giá hệ thống thủy lực không tỷ lệ thuận với công suất của hệ thống như trong trường hợp dẫn động bằng động cơ điện. Và nhất là công suất động lớn nhưng kích thước của hệ thống lại nhỏ. Chính đặc điểm nổi bật trên, máy công cụ điều khiển số yêu cầu công suất lớn và trung bình sử dụng hệ thống dẫn động secvo thủy lực là phù hợp.

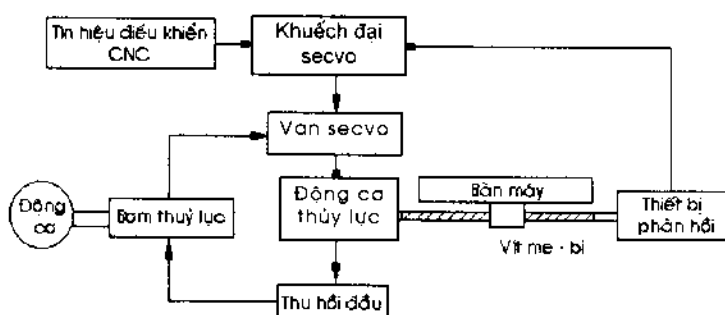
2- Điều khiển thủy lực cứng hơn so với điều khiển điện. Vì vậy đặc tính hệ số khuếch đại mạch cao và đáp ứng tần số tốt hơn.

3- Điều khiển hệ thống thủy lực cho phép thực hiện làm trơn chuyển động dụng cụ ở dải tốc độ rộng.

4- Sử dụng hệ thống thủy lực không cần có thiết bị bôi trơn và làm mát bởi vì bản thân hệ thống có thể tự thực hiện chức năng này. Và nhất là nó khả năng điều khiển trong điều kiện trễ

5- Có khả năng chống quá tải cho hệ thống.

Đi kèm với những ưu điểm, hệ thống thủy lực có nhược điểm riêng của nó, trước hết hệ thống không thuận lợi trong bảo dưỡng, đòi hỏi dầu phải đảm bảo luôn sạch hay nói khác đi là trong hệ thống cần có các thiết bị làm sạch dầu như lọc thô, lọc tinh, vì độ sạch của dầu có ảnh hưởng lớn tới độ chính xác và tuổi thọ của hệ thống. Dầu dùng trong hệ thống thủy lực phải đảm bảo không có tác dụng xấu với các chi tiết trong hệ thống và con người. Và một nhược điểm thường thấy trong các hệ thống thủy lực là ổn và rất nhạy với độ nhớt của dầu.

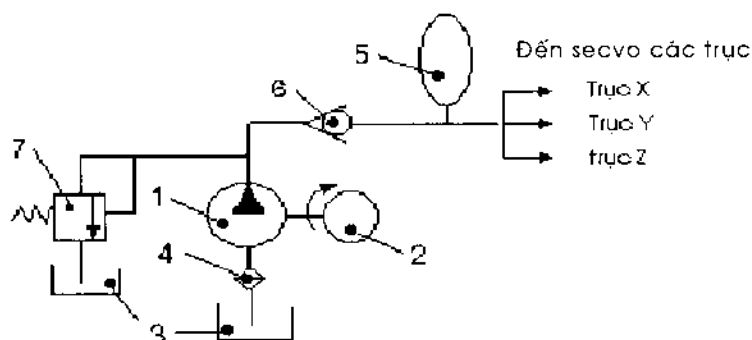


Hình 4-1 Hệ dẫn động servo thủy lực một trục trong máy CNC .

Hình 4-1 trình bày sơ đồ hệ điều khiển servo thủy lực trong máy công cụ điều khiển số. Tín hiệu yêu cầu từ MCU đưa tới mạch khuếch đại servo (mạch này sẽ được trình bày ở các mục tiếp theo) nhờ mạch này công suất tín hiệu được khuếch đại lên đủ lớn để điều khiển van servo. Van servo điều khiển độ mở mép van phù hợp với tốc độ chuyển động theo yêu cầu của động cơ thủy lực. Để biến năng lượng thủy lực thành chuyển động cơ học, hệ thống điều khiển van servo phải có nguồn cung cấp áp lực cho động cơ hoặc xilanh thủy lực. Hệ thống nguồn áp lực sẽ được trình bày ở mục tiếp theo.

4.2.1 Nguồn dầu áp lực

Nguồn dầu áp lực dùng để cung cấp dầu cho van secvo và động cơ thủy lực thực hiện chuyển động bàn máy. Hệ thống cung cấp nguồn dầu áp lực gồm các thành phần cơ bản như chỉ ra trên hình 4-2:



Hình 4-2 Nguồn áp lực cho van secvo và động cơ thủy lực.

1- Bơm dùng để tạo ra dầu áp lực. Nó có thể là bơm pittông hướng kính, hướng trục hoặc bơm bánh răng. Tùy theo áp suất, lưu lượng yêu cầu mà người ta lựa chọn loại bơm cho phù hợp. Đơn vị đo lưu lượng bơm là lít trên phút.

2- Động cơ điện dẫn động bơm là động cơ điện một chiều hoặc động cơ xoay chiều ba pha. Để tự động điều chỉnh lưu lượng dầu và áp suất ra của bơm người ta thường dùng động cơ một chiều điều khiển tốc độ.

3- Thùng chứa dầu phải đủ lớn để chứa đủ lượng dầu cần thiết của hệ thống. Dung tích thùng dầu được tính toán trên cơ sở nhiệt độ dầu làm việc và khả năng làm mát của hệ thống.

4- Lọc dùng để lọc các vật bẩn, phoi thép, cát bụi và các vật cứng khác ra khỏi dầu trước khi đưa dầu tới hệ thống thủy lực nhằm nâng cao tuổi thọ cho hệ thống.

5- Acquy dầu đôi khi còn gọi là bình tích áp. Nó làm nhiệm vụ ổn định áp suất cho hệ thống có nghĩa là làm lưu lượng ra của bơm thay đổi trong giới hạn cho phép. Tính năng của acquy dầu có thể xem tương đương với phần tử tụ trong mạch điện hoặc bánh đà trong hệ thống cơ khí.

6- Van một chiều chỉ cho phép dầu chảy theo một chiều. Van này có chức năng khác nhau tùy thuộc vị trí của nó trong hệ thống ví dụ nó kết hợp với van tiết lưu làm bộ giảm chấn rất hiệu quả. Cấu trúc này thường dùng trong các mạch thủy lực thực hiện chuyển động bàn máy. Ngoài ra van một chiều đặt trên đường dầu hồi của hệ thống có ý nghĩa là giữ cho hệ thống dầu luôn có áp lực ngay cả khi hệ thống ngừng hoạt động. Như vậy nó sẽ tránh cho hệ thống không bị khí xâm thực khi chuyển từ trạng thái không làm việc sang trạng thái làm việc.

7- Van áp suất dùng để điều chỉnh áp suất dầu của hệ thống và nó cũng là thiết bị bảo đảm an toàn quá áp cho hệ thống.

4.2.2 Van secvo

Van secvo điện - thủy lực dùng để điều khiển lưu lượng dầu cao áp tới động cơ thủy lực. Van secvo có hai kiểu điều khiển, điều khiển theo áp suất và điều khiển theo lưu lượng. Đặc tính quan trọng của van secvo là có khả năng sinh ra tín hiệu: áp suất hoặc lưu lượng mà các đại lượng này tỷ lệ với tín hiệu vào. Thiết bị nhận tín hiệu của van secvo thường sử dụng động cơ nhỏ có độ chính xác cao. Động cơ nối với con trượt điều khiển thông qua vít me - đai ốc hoặc qua bộ truyền bánh răng - đai răng. Tín hiệu từ CNC đưa tới thiết bị nhận tín hiệu của van secvo thường công suất nhỏ. Vì vậy trước khi đưa đến động cơ, tín hiệu cần được khuếch đại đến công suất đủ lớn để phù hợp với công suất yêu cầu của động cơ điều khiển van secvo. Khuếch đại secvo sẽ được trình bày trong các mục tiếp theo.

Tốc độ động cơ thủy lực được xác định bởi công suất ra của động cơ và tổng momen yêu cầu của tải. Công suất ra của động cơ thủy lực độc lập với công suất vào. Có hai dạng tín hiệu vào van secvo là áp suất và lưu lượng dầu. Áp suất dầu vào van quyết định bởi nguồn áp suất có nghĩa là phụ thuộc vào áp suất ra của bơm, để đảm bảo áp suất ra của bơm người ra dùng động cơ một chiều điều khiển tự động giữ áp suất ra của bơm hoặc dùng hệ thống van ổn áp. Biến điều khiển van secvo là lưu lượng. Lưu lượng cấp cho động cơ được điều khiển nhờ van secvo. Kích thước mép van trượt van secvo tỷ lệ với mức tín hiệu điện áp đặt lên động cơ điều khiển van secvo. Tín hiệu điều khiển từ cụm CNC được tới động cơ điều khiển van secvo.

Lưu lượng dầu ra của van secvo gửi tới động cơ thủy lực được tính theo công thức:

$$q = k_v U \quad (4-1)$$

trong đó:

q – lưu lượng dầu, //ph;

k_v - hệ số van secvo //ph.V;

U - điện áp tín hiệu, V.

Công suất động cơ tính bằng kW

$$pq = T_m \omega , \quad (4-2)$$

trong đó:

p - áp suất vào, bar;

q – lưu lượng dầu vào, //ph;

T_m – momen xoắn trên trục ra, N/m;

ω - tốc độ góc, 1/s.

Tốc độ quay ổn định của động cơ được tính theo công thức

$$\omega = Kq \quad (4-3)$$

ở đây $K = T_m/p$ là hệ số động cơ.

Momen trên trục động cơ thủy lực tính theo áp suất vi phân qua van secvo theo công thức,

$$T_m = K_p D_m \Delta P_i \quad (4-4)$$

trong đó D_m = thể tích dầu trong động cơ tính theo m^3/ph .

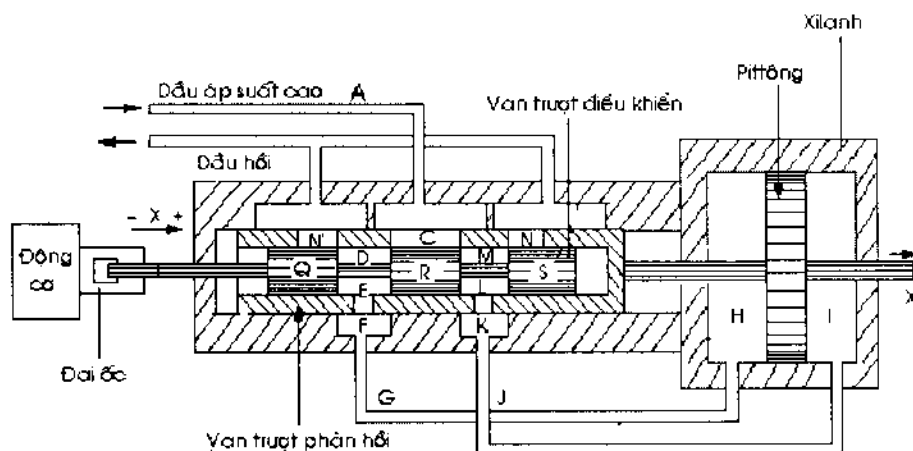
Tốc độ quay của động cơ tỷ lệ với tốc độ dầu.

$$\omega_m = \frac{K_Q}{D_m} Q \quad (4-5)$$

trong đó K_Q = hệ số động cơ.

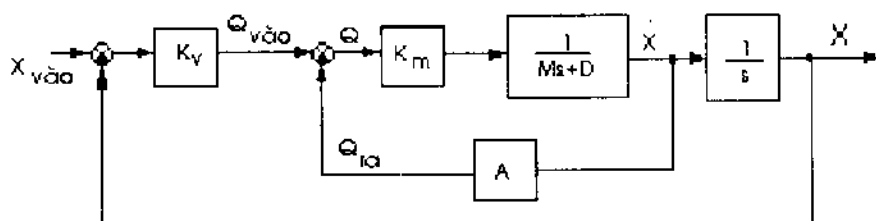
Hình 4-3 chỉ ra một sơ đồ van secvo điện - thủy lực dạng con trượt với cơ cấu chấp hành là xilanh. Nó gồm: động cơ nhận tín hiệu, xilanh thủy lực, van trượt chính, van trượt phản hồi. Trên hình biểu diễn thời điểm dừng của van secvo, có nghĩa là tại thời điểm khảo sát không có dầu chảy qua các mép van trượt Q, R và S. Giả thiết rằng tín hiệu từ CNC đưa tới động cơ, roto quay một góc tương ứng với mức điện áp đưa vào. Động cơ quay, đai ốc quay theo làn vít me dịch chuyển một lượng dương +X (vít chuyển động từ trái sang phải), mép N' của van trượt Q đóng và mép N của van trượt S mở. Dầu áp suất cao từ nguồn qua ống A vào khoang B qua mép C tới D. Sau đó qua cửa phản hồi E tới F vào đường ống G tới hốc trái H của xilanh, áp suất dầu đẩy pittông sang phải. Dầu bên buồng xilanh phải I chảy qua ống J và sau đó qua hốc K, L, M qua mép N của van trượt S về bể. Khi con trượt Q, R, S và con trượt phản hồi dịch chuyển một khoảng cách X và hệ thống có trạng thái ổn định mới. Sơ đồ khối biểu diễn hàm truyền đạt giữa tín hiệu và tín hiệu ra của van secvo

chỉ ra trên hình 4-4. Hàm truyền đạt giữa tín hiệu vào là dịch chuyển của con trượt điều khiển van secvo $X_{vào}$ và tín hiệu ra là dịch chuyển cần pittông X là $G=X/X_{vào}$.



Hình 4-3 Sơ đồ van secvo.

Từ sơ đồ khối viết quan hệ giữa lưu lượng vào và tốc độ dịch chuyển của xilanh tại thời điểm ổn định:



Hình 4-4 Sơ đồ khối van secvo.

trong đó K_v = hệ số van secvo, K_m = hệ số van điều khiển tốc độ động cơ, $\frac{1}{Ms+D}$ = đặc trưng cho hệ chuyển động cơ học, $\frac{1}{s}$ = đặc trưng tải tác dụng lên cơ hệ và A = phản hồi tốc độ.

$$\frac{x}{Q_{vao}} = \frac{\frac{K_m}{Ms + D}}{1 + \frac{AK_m}{Ms + D}} = \frac{K_m}{Ms + AK_m + D} \quad (4-6)$$

$$\frac{x_{ra}}{x_{vao}} = \frac{K}{s} \frac{x}{Q_{vao}} = \frac{K_m K_v}{Ms^2 + s(AK_m + D)}$$

$$\frac{x_{ra}}{x_{vao}} = \frac{K}{s} \frac{x}{Q_{vao}} = \frac{K_m K_v}{Ms^2 + s(AK_m + D)} \quad (4-7)$$

Hàm truyền của van secvo kết cấu nêu trên có thể tính theo công thức

$$G = X_{ra}/X_{vao}$$

$$\frac{x_{ra}}{x_{vao}} = \frac{K_m K_v}{Ms^2 + (AK_m + D)s + K_m K_v} \quad (4-8)$$

4.2.3 Động cơ thủy lực

Động cơ thủy lực có hai dạng: xilanh thủy lực và động cơ thủy lực. Phần trên đã trình bày về động cơ thủy lực cùng với van secvo. Mục này đề cập tới xilanh thủy lực. Xilanh thủy lực biến đổi năng lượng thủy lực thành chuyển động tịnh tiến. Đặc điểm của xilanh thủy lực là tốc độ dịch chuyển của cần pittông tỉ lệ thuận với thể tích dầu đưa vào xilanh. Nhược điểm cơ bản của xilanh thủy lực là hành trình chuyển động ngắn. Khi tăng nhanh thể tích dầu làm giảm độ nhạy động lực học của hệ thống. Vì vậy xilanh ít được sử dụng trong dẫn động chạy dao của máy công cụ điều khiển số.

Quan hệ giữa tốc độ dịch chuyển của pittông với lưu lượng (thể tích dầu) đo bằng thể tích trên đơn vị thời gian và diện tích xilanh cho bởi:

$$v(t) = \frac{f(t)}{A} \quad (4-9)$$

trong đó:

$v(t)$ - tốc độ dịch chuyển của pittông, m/ph;

$f(t)$ - lưu lượng dầu tính theo thể tích, m³/ph;

A - diện tích làm việc của pittông, m².

Lực tác động lên pittông được tính theo công thức:

$$F(t) = p(t)A \quad (4-10)$$

trong đó :

$F(t)$ - lực tác dụng lên pittông, N;

$p(t)$ - áp suất chất lỏng, N/m²;

A - diện tích làm việc của pittông, m².

Ví dụ 4-1 Xác định tốc độ, lực và công suất sinh ra trên pittông, nếu chất lỏng có áp suất là 150 N/m², diện tích làm việc của pittông 3,14 m², tốc độ bàn máy 10m/ph.

GIẢI

Tốc độ dịch chuyển của pittông tính theo công thức (4-7)

$$v = \frac{10}{3,14} = 3,18 \text{ m/ph}$$

Lực tác dụng lên xilanh được tính theo công thức (4-8)

$$F = 150 \times 3,14 = 471,2 \text{ N}$$

Xác định công suất của xilanh

$$N = \frac{F.v}{600} = \frac{471,2 \times 3,18}{600} = 2,49 \text{ kW}$$

Ví dụ 4-2 Một van secvo dùng để điều khiển động cơ thủy lực, hệ số của van secvo $K = 0,5 \text{ l/ph.V}$ và hệ số động cơ $K = 2000 \text{ rad/l}$. Nếu tín hiệu vào $U = 5 \text{ vôn}$,+ hãy tính toán tốc độ động cơ theo vòng/phút.

GIẢI

Từ công thức (4-1), xác định lưu lượng qua van secvo

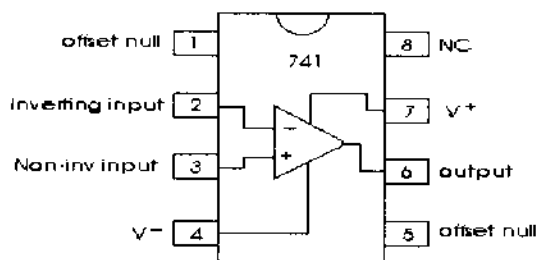
$$q = K_v U = 0,5 \times 5 = 2,5 \text{ l/ph}$$

Tốc độ động cơ theo công thức (4-3)

$$\omega = 2,5 \times 2000 = 5000 \text{ rad/ph}$$

4.2.4 Khuếch đại secvo

Khuếch đại là một mạch điện đơn giản dùng để hình thành tín hiệu ra tăng tỷ lệ với tín hiệu vào.



Hình 4-4A Sơ chân của khuếch đại thuật toán 741.

Có nhiều kiểu khuếch đại nhưng khuếch đại secvo phần lớn dùng khuếch đại thuật toán. Nó có hệ số khuếch đại cao và có khả năng thực hiện phản hồi dễ dàng. Khuếch đại thuật toán có ba dạng cơ bản: khuếch đại tuyến tính (khuếch đại đảo), khuếch đại tích phân và khuếch đại vi phân. Hình 4-4A chỉ ra sơ đồ chân của khuếch đại thuật toán 741.

4.2.4.1 Bộ khuếch đại đảo

Hình 4-5 chỉ ra sơ đồ mạch khuếch đại đảo dùng khuếch đại thuật toán 741. Tín hiệu điều khiển đưa vào chân 2 của 741 qua điện trở R_1 , chân 3 nối đất. Mạch phản hồi nối từ chân tín hiệu ra (6) đến chân (2) qua điện trở R_2 . Hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại đảo khoảng 100.000. Giới hạn điện áp ra khoảng ± 5 đến ± 10 V. Điện áp tín hiệu vào cần phải nằm giữa $+0,0001\text{V}$ đến $-0,0001\text{V}$. Điện áp vào của bộ khuếch đại là:

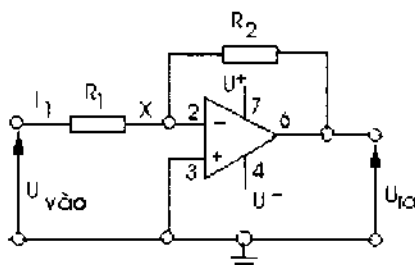
$$V_{\text{vào}} = I_1 R_1$$

Điện áp ra tính theo công thức

$$V_{\text{ra}} = -I_1 R_2 \quad (4-11)$$

Hệ số khuếch đại điện áp G của mạch

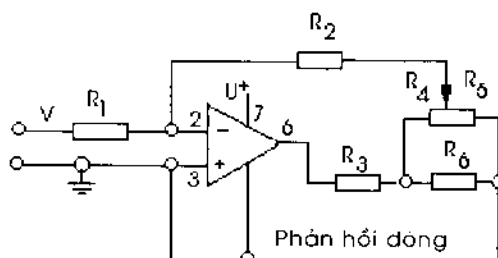
$$G = \frac{V_{\text{ra}}}{V_{\text{vào}}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (4-12)$$



Hình 4-5 Sơ đồ mạch bộ khuếch đại đảo.

Ví dụ dưới đây là mạch khuếch đại servo dùng khuếch đại thuật toán để điều khiển động cơ van servo như chỉ ra trên (hình 4-6). Mạch gồm điện trở $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$ và giả thiết rằng điện trở cuộn dây stato động cơ $R_3 = 20 \Omega$. Đo điện áp qua động cơ thay đổi vì vậy momen không tuyến tính với dòng qua stato. Vì vậy, để khắc phục điều đó bằng cách thêm vào mạch phản ứng động cơ điện trở $R_6 = 3 \Omega$. Điện áp rơi trên

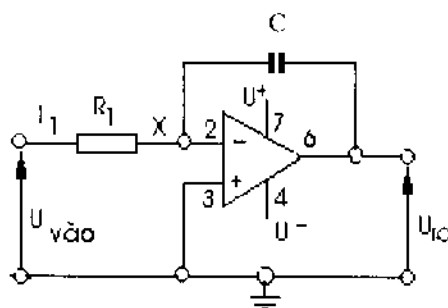
điện trở R_6 tỷ lệ với dòng qua động cơ và dòng này được phản hồi về bộ khuếch đại.



Hình 4-6 Ví dụ mạch khuếch đại đảo van secvo.

4.2.4.2 Bộ tích phân

Hình 4-7 chỉ ra sơ đồ mạch bộ khuếch đại tích phân dùng khuếch đại thuật toán 741. Mạch khuếch đại tích phân gần giống với mạch khuếch đại đảo nhưng chỉ khác là mạch phản hồi là tụ điện C.



Hình 4-7 Sơ đồ mạch bộ tích phân.

Dòng chảy qua tụ và nạp cho tụ $q = Cv$ trong đó v là điện áp rơi trên tụ. Dòng chảy qua tụ là :

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt}$$

điện thế rơi trên tụ C : $(V_x - V_{ra})$. Thực tế dòng chảy qua tụ là: $-C \frac{dv_{\text{vao}}}{dt}$ đồng thời cũng qua R, từ đó chúng ta có

$$\frac{v_{\text{vao}}}{R} = -C \frac{dv_{ra}}{dt}$$

sau khi biến đổi ta nhận được:

$$dv_{ra} = -\left(\frac{1}{RC}\right)v_{\text{vao}}dt$$

tích phân cả hai vế :

$$v_{ra}(t_2) - v_{ra}(t_1) = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} v_{\text{vao}} dt$$

trong đó $v_{ra}(t_2)$ là điện áp ra tại thời điểm t_2 và $v_{ra}(t_1)$ là điện áp ra ở thời điểm t_1 .

Tín hiệu ra tỉ lệ với tích phân tín hiệu vào tức là vùng dưới của đồ thị điện áp tín hiệu vào theo thời gian. Hệ số khuếch đại của mạch tích phân trong đó T là thời gian tích phân.

$$G = \frac{T}{RC} \quad (4-13)$$

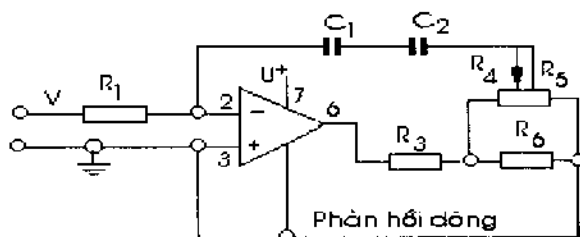
Điện áp ra của bộ tích phân được tính theo công thức

$$v_{ra} = -v_{\text{vao}}G \quad (4-14)$$

Dùng mạch khuếch đại tích phân để điều khiển động cơ van servo chỉ ra trên hình 4-8.

Trong mạch điện trở $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$, tụ $C_1 = C_2 = 500\mu\text{F}$, điện trở cuộn dây động cơ $R_3 = 20\Omega$. Điện trở thêm vào cho cuộn dây động cơ $R_4 = 3\Omega$, $R_5 = 15\Omega$ và điện trở thêm hệ số khuếch đại $R_4 = 500\Omega$. Mạch

dùng thiết lập dòng trong động cơ ngay cả khi tín hiệu vào bằng không. Tín hiệu vào nào đó đưa tới bộ khuếch đại sẽ xảy sự thay đổi tín hiệu ra cho đến khi hệ số khuếch đại bằng không. Trong điều khiển, khuếch đại tích phân cho dòng ra tính theo đơn vị miliampe trên giây trên vôn của tín hiệu vào hoặc sự thay đổi dòng ra như là một hàm của điện áp vào.



Hình 4-8 Ví dụ mạch khuếch đại tích phân van secvo

4.2.4.3 Bộ vi phân

Khuếch đại vi phân là bộ khuếch đại dùng để khuếch đại hai điện áp vào khác nhau chỉ ra trên hình 4-9. Cách bố trí mạch để sao cho không có dòng chạy qua điện trở cao trong bộ khuếch đại thuật toán và điện thế trên hai chân vào X của thuật toán bằng nhau. Điện thế V_x tính bằng công thức:

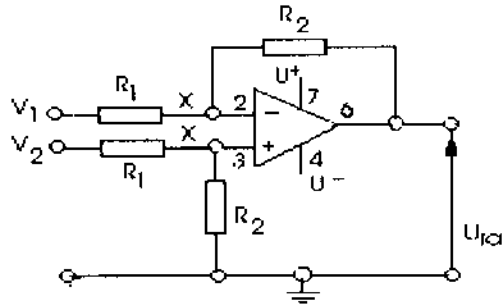
$$\frac{v_x}{v_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Dòng mạch phản hồi R_2 phải bằng dòng qua điện trở R_1 .

$$\frac{v_1 - v_2}{R_1} = \frac{v_x - v_{ra}}{R_2}$$

từ đó ta có V_{ra}

$$v_{ra} = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1) \quad (4-15)$$



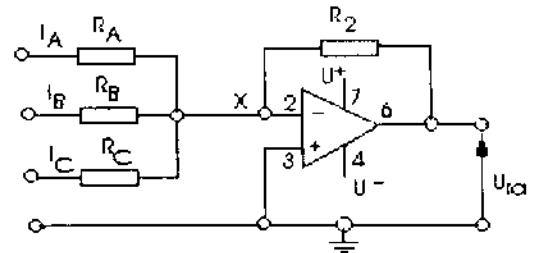
Hình 4-9 Sơ đồ mạch bộ khuếch đại vi phân.

4.2.4.4 Bộ khuếch đại tổng

Hình 4-10 chỉ ra mạch khuếch đại tổng hình thành trên cơ sở bộ khuếch đại đảo. Dòng đưa vào khuếch đại thuật toán đảo phải bằng tổng dòng thành phần

$$I = I_A + I_B + I_C$$

nhưng $I_A = V_A/R_A$, $I_B = V_B/R_B$, $I_C = V_C/R_C$. Dòng qua X bằng dòng trong mạch phản hồi I. Điện thế trên đầu kia của điện trở R_2 là $(V_x - V_{ra})$. Giả thiết rằng điện thế tại X bằng không, điện áp đầu kia của điện trở R_2 là $-V_x$. Do đó dòng I sẽ là: $I = -V_{ra}/R_2$. Từ đó ta có:



Hình 4-10 Mạch khuếch đại tổng.

$$-\frac{V_{ra}}{R_2} = \frac{V_A}{R_A} + \frac{V_B}{R_B} + \frac{V_C}{R_C}$$

Do đó tín hiệu ra bằng tổng tín hiệu vào, tức là:

$$v_{ra} = -\left(\frac{R_2}{R_A} v_A + \frac{R_2}{R_B} v_B + \frac{R_2}{R_C} v_C\right) \quad (4-16)$$

Nếu $R_A = R_B = R_C$ ta có

$$v_{ra} = \frac{R_1}{R_2} (v_A + v_B + v_C)$$

4-3 ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BƯỚC

4.3.1 Các kiểu động cơ bước

Động cơ bước (stepping motor) là một cơ cấu chấp hành cơ - điện dùng để biến đổi năng lượng điện thành chuyển động cơ học. Đặc tính chuyển động của động cơ bước là rời rạc, trái ngược với đặc tính chuyển động quay liên tục và trơn của động cơ DC và AC. Mỗi xung dòng cấp cho cuộn dây stato, trục động cơ thực hiện quay một góc gọi là bước góc. Đặc điểm cơ bản của động cơ bước là tốc độ góc tỷ lệ với tần số xung vào. Động cơ bước điều khiển tín hiệu số được sử dụng khá rộng rãi trong máy điều khiển số NC, máy in, robot, máy photocopy và các máy khác. Động cơ bước có thể điều khiển cả về vị trí và tốc độ (dải tốc độ từ 0 đến 300 vòng/phút) mà không cần mạch phản hồi nhưng vẫn đảm bảo được độ chính xác vị trí. Tần số cung cấp cho động cơ nằm ở vùng tần số thấp. Độ chính xác vị trí trong khoảng 1 đến 5% bước góc. Với công nghệ hiện nay, công nghiệp đã sản xuất động cơ bước với công suất lớn nhất là 2kW.

Ưu việt của động cơ bước là ở chỗ nó có khả năng điều khiển trực tiếp bằng mạch số. Vì vậy, trong mạch điều khiển không cần mạch biến đổi số tương tự (DAC). Và nó cũng không cần các chuyển mạch hoặc chổi than như trong động cơ một chiều (DC) điều khiển secvo. Điều khiển vị trí bằng động cơ bước tránh được sai số tích lũy chiều dài của chuyển

động. Động cơ bước được sử dụng trong các mạch điều khiển hờ. Một ưu điểm khác của động cơ bước là ít gây ồn.

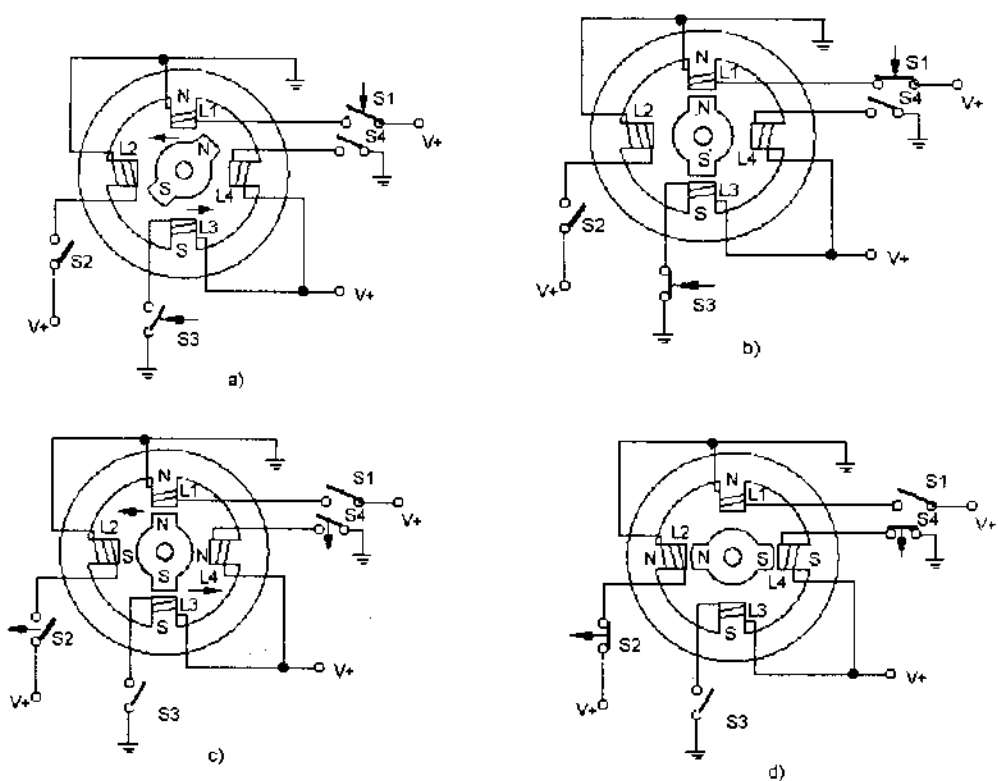
Động cơ bước được sản xuất theo tiêu chuẩn bước góc hoặc theo công suất. Dải bước góc của động cơ từ $0,72^\circ$ đến 90° tương ứng với $1,8^\circ$, $7,5^\circ$, 15° , 30° hoặc 90° .

Động cơ bước có ba kiểu: động cơ bước nam châm vĩnh cửu PM (Permanent motor), động cơ bước có từ trở biến đổi VR (Variable-Reluctance stepper motor) và động cơ bước kết hợp từ hai dạng động cơ bước PM và VR gọi là động cơ lai (hybrid stepper motor). Do có sự phát triển mạnh mẽ của hệ thống điều khiển nên kiểu động cơ lai được sử dụng ngày càng rộng rãi trong công nghiệp. Dưới đây trình bày nguyên lý làm việc, kết cấu và hệ điều khiển cho từng loại động cơ bước.

4.3.1.1 Động cơ bước PM

Nguyên tắc điện của động cơ bước PM (Permanent Magnet stepper motor) cũng giống như động cơ đồng bộ ba pha. Hình 4-11 trình bày động cơ bước có hai cặp cuộn pha. Hai cặp cuộn pha được lắp đối xứng nhau qua roto. Roto của động cơ bước PM là nam châm vĩnh cửu. Cuộn L_1 và L_3 hình thành một cặp cuộn pha và L_2 và L_4 là cặp cuộn pha thứ hai. Để hiểu nguyên tắc làm việc, giả thiết rằng vị trí ban đầu của roto và stato như chỉ ra trên hình 4-11a.

Khi không đóng chuyển mạch S_1 và S_3 , dòng không đi qua L_1 và L_3 . Khi đóng chuyển mạch S_1 và S_3 , dòng điện có điện áp $+V$ chảy qua S_1 và S_3 tới cặp cuộn pha L_1 và L_3 . Trường từ của hai cuộn pha tăng lên, cực từ tính trên cuộn pha và roto ngược nhau. Kết quả là momen cảm ứng điện từ làm roto chuyển động quay cho tới khi cực của cuộn pha và roto ở vị trí như chỉ ra trên hình 4-11b. Nếu không cắt điện cho cặp cuộn pha L_1 và L_3 , roto sẽ không thay đổi vị trí của mình.



Hình 4-11 Sơ đồ nguyên lý của động cơ bước nam châm vĩnh cửu(PM).

Tiếp theo, ngắt điện cặp cuộn pha L_1 và L_3 (mở chuyển mạch S_1 và S_3) và đóng chuyển mạch S_2 và S_4 . Cặp cuộn pha L_2 và L_4 được cấp điện. Từ trường của cặp cuộn pha tăng dần và cực tính của các cực chỉ ra trên hình 4-11c. Roto quay theo chiều chỉ ra trên hình vẽ và nó quay đến vị trí cân bằng mới (hình 4-11d). Khi dòng điện vẫn được cấp cho cặp cực này vị trí roto sẽ không thay đổi.

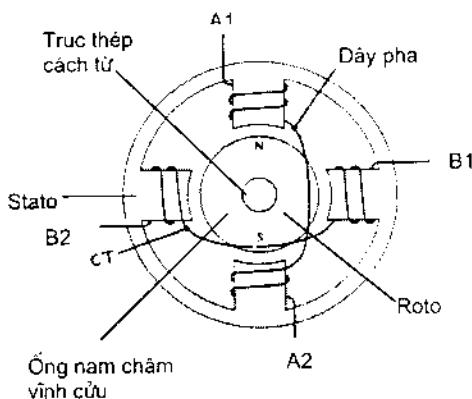
Hình 4-12 chỉ ra cấu trúc bên trong động cơ PM hai pha đơn giản. Trên stato động cơ người ta bố trí bốn cực và trên các cực lắp các cuộn pha. Roto động cơ được hình thành từ hai chi tiết, chi tiết thứ nhất ống nam

châm vĩnh cửu và chi tiết thứ hai là trục thép có độ cách từ cao. Ống nam châm có kết cấu phù hợp để hình thành hai cực bắc (N) và nam (S) và ống được ép chặt lên trục thép cách từ. Nếu gọi số cực trên stato là Z_{sta} và gọi bước góc S_{dc} , công thức tính bước góc động cơ bước PM như sau:

$$S_{dc} = \frac{360}{Z_{sta}} \quad (4-17)$$

Động cơ PM (hình 4-12) có bước góc:

$$S_{dc} = \frac{360}{Z_{sta}} = \frac{360}{4} = 90^\circ$$



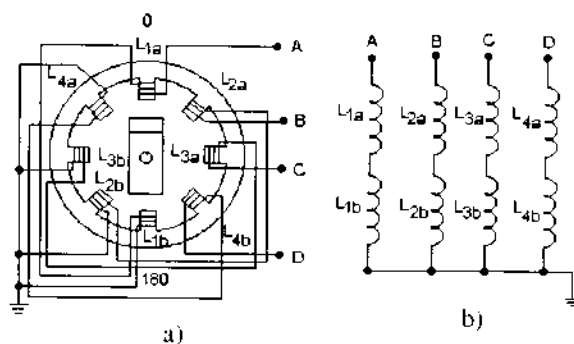
Hình 4-12 Sơ đồ cấu trúc động cơ PM 2 pha.

Hình 4-13a chỉ ra sơ đồ cấu trúc bên trong của động cơ PM tám cực cùng với tám cuộn dây pha.

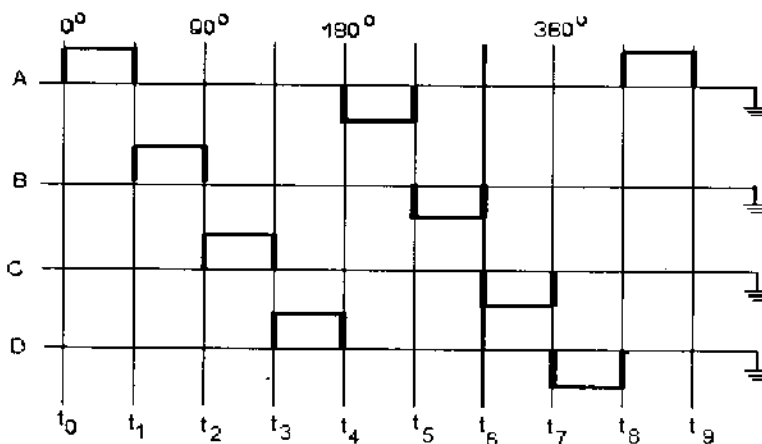
Nối dây nguồn điện cung cấp cho các cuộn pha chỉ ra trên (hình 4-13b). Hai cuộn dây trên hai cực đối xứng được nối với nhau qua roto thành một cặp pha. Tương ứng với tám cuộn dây pha cho tám khả năng vị trí của roto trong một vòng quay. Và tốc độ bước của động cơ cũng là

tám, bởi vì có tám khả năng vị trí của roto. Trên cơ sở cấu trúc trong của động cơ, bước góc tính theo công thức (4-17)

$$S_{dc} = \frac{360}{Z_{sta}} = \frac{360}{8} = 45^\circ$$



Hình 4-13 Sơ đồ động cơ PM bốn cực pha.



Hình 4-14 Dài xung yêu cầu để điều khiển động cơ bốn pha.

Hình 4-14 chỉ ra trình tự cấp dòng cho các cặp cuộn pha của động cơ PM bốn pha có cách nối dây như hình 4-13b. Giả thiết rằng thời điểm bắt đầu khảo sát t_0 cặp cuộn pha L_{1a} và L_{1b} được cấp dòng dương từ A và chảy về đất. Giữa thời gian t_0 đến t_1 là thời điểm tồn tại điều kiện cân

bằng. Đến thời điểm t_1 dòng điện cấp cho A bị ngắt và cấp dòng dương cho B phù hợp với nguyên tắc trên hình 4-11, từ trường sinh ra trên cuộn L_{2a} , L_{2b} làm quay roto sang vị trí mới tương ứng với thời điểm t_2 và quá trình này tiếp tục đến t_3 có nghĩa là quá trình này là đưa dòng dương vào các dây C và D. Tại thời điểm t_4 , roto quay được góc 180° . Và từ vị trí này cực từ của stato cần phải ngược theo hướng đến t_0 .

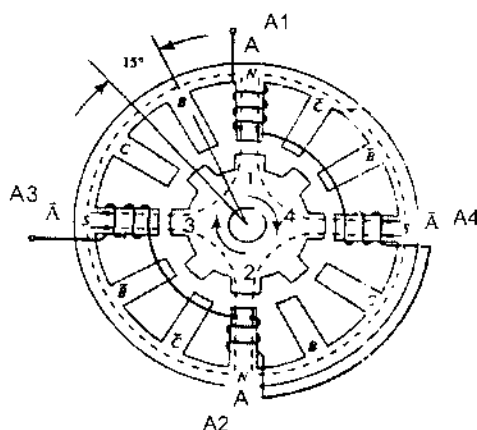
4.3.1.2 Động cơ bước VR

Động cơ bước từ trở biến đổi VR (Variable – Reluctance stepper motor) cũng được hình thành trên cơ sở thành phần cơ bản giống như động cơ bước PM gồm roto và stato. Kết cấu stato trên từng pha của động cơ VR giống với stato động cơ PM, bố trí răng trên các pha sẽ trình bày ở phần tiếp theo.

Roto của PM khác với roto của VR ở chỗ roto của PM được chế tạo từ nam châm vĩnh cửu còn roto của động cơ bước VR được chế tạo từ thép non có khả năng dẫn từ cao và đặc biệt là các cuộn dây đối xứng nhau qua roto trong động cơ VR có cùng cực tính còn trong trường hợp động cơ PM là khác cực tính.

Ta hãy quan sát quá trình làm việc của một pha trong động cơ VR ba pha, bốn cực trên stato, roto một đoạn trục (động cơ VR roto có thể gồm một hoặc nhiều đoạn trục) với cách nối các cuộn pha chỉ ra trên hình 4-14A. Khi cấp điện cho pha A, các cuộn A1 và A2 có cùng cực tính, cực bắc (N), từ thông của hai cực tăng dần và khép kín với roto. Cực A3 và A4 mang cực tính nam (S), từ thông của hai cực này cũng tăng dần và khép kín với roto. Dòng từ rời khỏi cực bắc A1 vào răng 1 trên roto, sau đó tách thành hai nhánh, nhánh thứ nhất phát triển tới răng 2 trên roto, qua cực nam 3 chảy vào stato và khép kín mạch từ tại cực bắc (N) A1. Nhánh thứ hai phát triển tới răng 4 trên roto, sau đó qua cực A4 vào stato và cũng khép kín mạch từ ở A1. Dòng từ trên cực bắc A2 phát triển sang

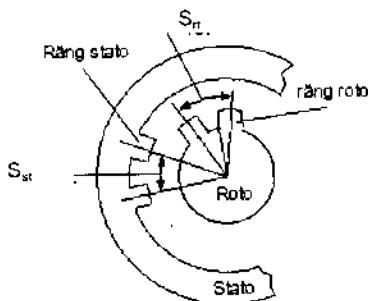
răng 2 của roto. Và tại đây dòng từ cũng tách thành hai nhánh. Nhánh thứ nhất phát triển từ răng 2 đến răng 3 của roto và phát triển sang cực nam A3 vào stato và khép kín tại A2. Nhánh thứ hai phát triển tới răng 4 trên roto và phát triển sang cực A4 vào stato và dòng từ khép kín tại A2. Bốn cuộn dây hình thành bốn vòng từ khép kín giữa roto và stato như chỉ ra trên hình. Dòng điện cấp cho cuộn pha A, ở vị trí khảo sát từ trở là nhỏ nhất, động cơ ở điều kiện cân bằng, trục roto đứng yên.



Hình 4-14A Động cơ VR ba pha bốn cặp cực trên stato.

Để quay roto theo chiều kim đồng hồ ta cấp điện cho cuộn pha B, tại thời điểm này từ trở trong động cơ lớn, momen từ tác động lên trục roto làm cho roto quay theo chiều giảm từ trở. Và roto quay cho tới khi từ trở nhỏ nhất, momen trên bằng không, trục động cơ dừng. Roto ở vị trí cân bằng mới. Nếu cấp điện cho các cuộn pha lần lượt ABCA roto quay từng bước theo chiều chỉ ra trên hình. Muốn roto quay theo chiều ngược lại ta cung cấp điện cho các cuộn dây theo thứ tự CBAC. Cách cung cấp điện cho các cuộn dây động cơ theo trình tự thông qua các chuyển mạch cơ hoặc điện là quá trình hình thành từ trường quay trong stato. Lưu ý rằng roto của động cơ làm bằng thép non nên khi mất điện roto không có

từ dư vì vậy nó không bị hãm nên quay tự do dưới tác dụng của tải. Đây là nhược điểm của loại động cơ này.



Hình 4-15 Các thông số của S_r và S_s .

Động cơ khảo sát trên stato và roto đều có răng, các răng này có chức năng như là cực. Khi thiết kế động cơ VR một đoạn trục, thông số quan trọng mà người thiết kế phải đặc biệt quan tâm là số răng trên stato và trên roto hay nói khác đi là bước góc trên roto và stato. Nếu gọi số răng trên stato là N_s , số răng trên roto là N_r và góc đo bằng độ giữa hai răng liền kề trên roto là S_r và S_s như chỉ ra trên hình 4-15. Góc giữa hai răng liền kề trên stato tính theo công thức:

$$S_s = \frac{360^\circ}{N_s} \quad (4-18)$$

Góc giữa hai răng kề trên roto khi biết N_r tính theo công thức:

$$S_r = \frac{360^\circ}{N_r} \quad (4-19)$$

Nếu gọi S là góc bước của động cơ có đơn vị đo bằng độ, góc bước của động cơ VR một đoạn trục có hai cách tính. Nếu biết S_r , bước góc động cơ là tỷ số giữa góc răng trên roto chia cho số pha của động cơ.

$$S = \frac{S_R}{N_p} \quad (4-20)$$

trong đó N_p = số pha của động cơ. Nếu biết số răng trên stato và roto, góc bước động cơ tính theo công thức:

$$S = \frac{360^\circ}{R_s} \quad (4-21)$$

trong đó R_s - tốc độ bước đo bằng bước góc trên vòng, $R_s = N_p \times N_R$

Ví dụ 4-3 Xác định bước góc của động cơ bước ba pha roto một đoạn (hình 4-14). Số pha của động cơ là $N_p = 3$. Roto có $N_R = 8$ răng.

GIẢI

Xác định góc giữa hai răng liên tiếp trên roto S_R :

$$S_R = \frac{360}{8} = 45^\circ$$

Từ công thức (4-20)
$$S = \frac{45}{3} = 15^\circ$$

Cũng với ví dụ trên tính theo công thức (4-21)

$$S = \frac{360}{R_s} = \frac{360}{3 \times 8} = 15^\circ$$

Ví dụ 4-4 Động cơ VR roto một đoạn, $N_p = 4$ pha có bước góc $S = 1,5^\circ$, góc giữa hai răng kề của stato $S_s = 8^\circ$. Xác định số răng trên roto N_R , số răng trên stato N_s , và tốc độ bước.

GIẢI

Xác định góc giữa hai răng liên tiếp trên roto theo công thức (4-20):

$$S_R = N_p \times S = 4 \times 1,5 = 6''$$

Tính số răng trên roto áp dụng công thức (4-15) :

$$N_R = \frac{360^\circ}{S_S} = \frac{360^\circ}{6^\circ} = 60$$

Xác định số răng trên stato theo công thức (4-19):

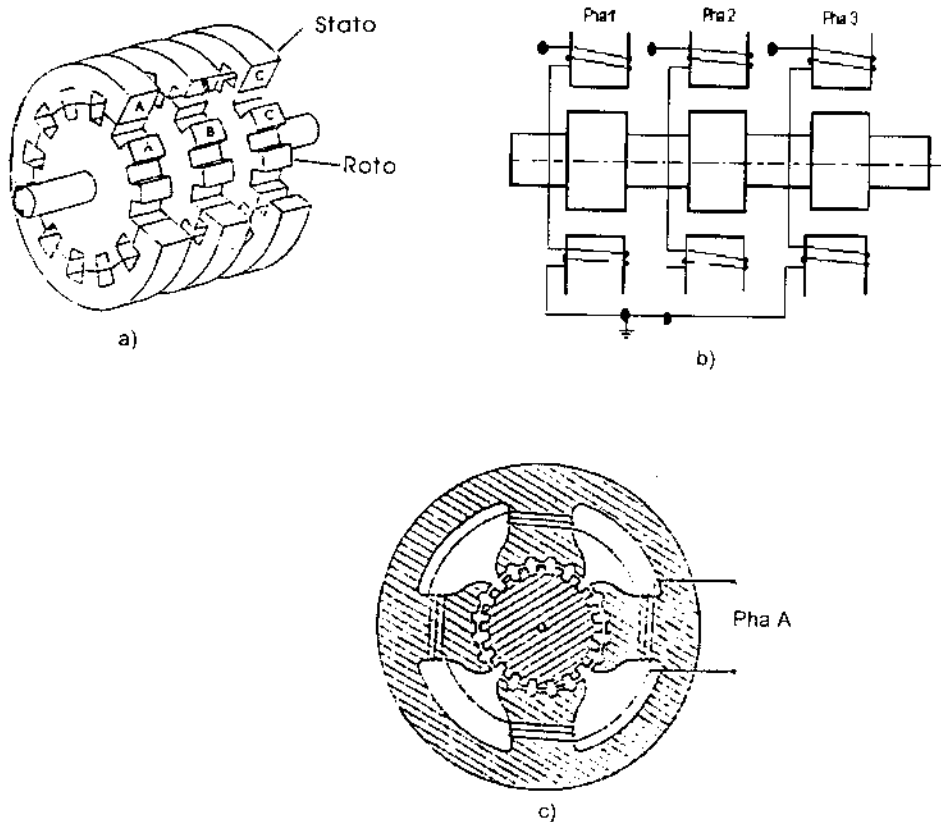
$$N_S = \frac{360^\circ}{S_S} = \frac{360^\circ}{8^\circ} = 45$$

Xác định tốc độ bước theo công thức (4-21):

$$R_s = \frac{360^\circ}{S} = \frac{360^\circ}{1,5^\circ} = 240 \text{ bước/vòng}$$

Dưới đây khảo sát kết cấu động cơ VR nhiều pha với roto chia thành nhiều đoạn, số pha của động cơ bằng số đoạn trên roto. Hình 4-16 chỉ ra kết cấu động cơ ba pha với roto chia làm ba đoạn.

Động cơ có trục roto chia thành nhiều đoạn cũng được cấu tạo từ hai thành phần cơ bản: stato và roto. Hình 4-16a chỉ ra kết cấu stato và roto của động cơ ba pha. Roto của động cơ chia làm ba đoạn. Số răng trên các đoạn của roto bằng nhau và bố trí trên cùng đường sinh trụ. Stato của động cơ cũng chia ba đoạn và được ghép trên cùng một gông. Mỗi đoạn chứa bốn cực, mỗi cực của stato có thể xem như là một răng lớn. Trên mỗi răng lớn lại có răng nhỏ. Điều quan trọng cần phải nhớ rằng số răng trên stato tính theo số răng nhỏ trên stato và số răng trên roto phải bằng với số răng trên stato. Hình 4-16c là stato và roto động cơ VR có bốn cực, trên mỗi cực có năm răng, số răng của stato là 20 răng và số răng trên roto cũng phải có số răng là 20. Và trên hình cũng chỉ ra cách quấn cuộn pha trên một đoạn stato. Hình 4-16b chỉ ra cách nối các cuộn pha trên động cơ ba pha với roto gồm nhiều đoạn tạo thành.

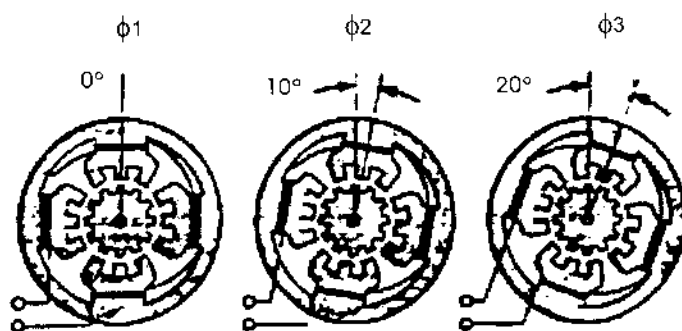


Hình 4-16 Kết cấu trong động cơ VR 3 bậc trực :
a) kết cấu stato và roto;
b) bố trí cuộn pha và sơ đồ nối dây;
c) đấu dây của pha A.

Răng trên các đoạn stato không bố trí giống như trên roto mà chúng được đặt lệch nhau. Hình 4-17 chỉ ra bố trí răng trên các đoạn stato động cơ ba pha bốn cực 12 răng. Nếu pha A có răng trên stato đối diện với răng roto và coi tại đó góc bước bằng không, trục roto cố định, răng trên stato pha B đặt lệch với răng của roto một góc bằng góc bước của động cơ (trong trường hợp này góc bước $S = 10^\circ$). Răng trên stato của pha

C đặt lệch so với răng roto của pha A một góc bằng hai lần bước góc hay bằng 20° .

Ta hay khảo sát quá trình chuyển động của động cơ VR nhiều đoạn trục. Giả thiết rằng thời điểm ban đầu khảo sát, pha A đang được cấp dòng một chiều, răng stato pha A trùng với một răng nào đó trên roto có nghĩa là tại thời điểm này từ trở nhỏ nhất. Trục roto dừng và góc roto giả thiết bằng không. Khi cắt nguồn điện của pha A và cấp điện cho pha B. Do cách bố trí răng giữa pha A và pha B lệch nhau, vì vậy từ trở giữa răng của roto và stato lớn do đó xuất hiện lực điện từ làm trục roto quay đến khi từ trở là nhỏ nhất có nghĩa là roto quay đến khi răng trên trục roto đang khảo sát đối diện với răng trên stato của pha B tương ứng với một bước góc động cơ. Tiếp tục cắt điện pha B và cấp điện cho pha C răng đang khảo sát lúc này lệch với răng trên stato pha C. Từ trở không còn nhỏ nhất và làm roto tiếp tục quay để sao cho răng đang khảo sát đến vị trí đối diện với răng trên stato pha C. Cắt điện pha C và tiếp tục cấp điện cho pha A và quá trình tương tự tiếp tục xảy ra như chu trình trước đó trục roto tiếp tục quay.



Hình 4-17 Bố trí răng pha trên động cơ VR có roto nhiều đoạn.

Bước góc trong trường hợp động cơ roto nhiều đoạn trục được tính như sau:

$$S = \frac{360^\circ}{N_p \times N_R} \quad (4-22)$$

trong đó N_p = số pha của động cơ; N_R = số răng trên roto.

Ví dụ 4-5 Động cơ VR trục roto ba đoạn, số răng trên pha $N_R = 12$ và số pha $N_p = 3$. Tính bước góc của động cơ.

GIẢI

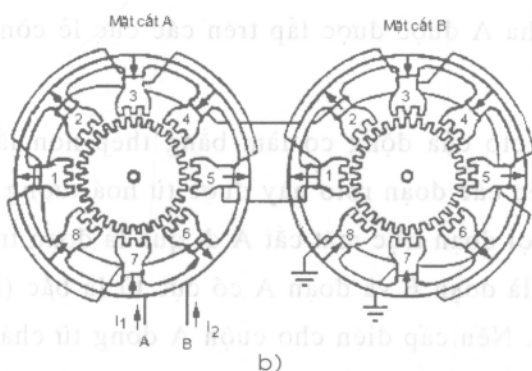
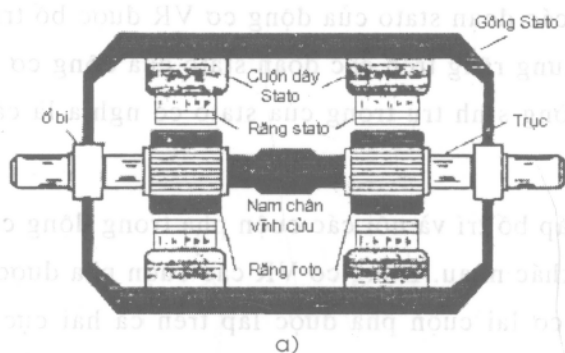
Bước góc của động cơ tính theo công thức (4-22)

$$S = \frac{360^\circ}{N_p \times N_R} = \frac{360^\circ}{12 \times 3} = 10^\circ$$

4.3.1.3 Động cơ bước kiểu lai

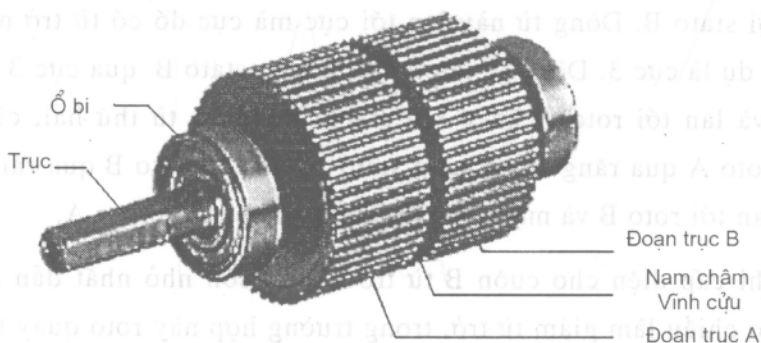
Động cơ bước kiểu lai (hybride stepping motor) có đặc trưng cấu trúc của cả hai dạng động cơ bước PM và VR. Hình 4-18a sơ đồ kết cấu trong động cơ bước kiểu lai. Roto và stato của động cơ kiểu lai đang khảo sát cũng giống như động cơ VR chia thành hai đoạn. Tuy nhiên động cơ kiểu lai có những điểm khác quan trọng so với động cơ VR: roto của động cơ kiểu lai có chứa nam châm vĩnh cửu. Trục nam châm có cực tính không đổi và hai roto làm bằng thép non tương ứng với hai đoạn stato được ép lên trục nam châm và trục roto được đặt trên hai ổ bi. Số răng trên stato và roto của động cơ VR là bằng nhau nhưng đối với động cơ kiểu lai số răng trên roto nhiều hơn số răng trên stato.

Tỷ số giữa số răng của stato và roto thể hiện khả năng điều khiển chuyển động quay đều của động cơ ở tốc độ thấp. Răng trên các đoạn roto của động cơ VR được bố trí trên cùng đường sinh trụ, với động cơ kiểu lai các răng trên hai đoạn bố trí đối nhau có nghĩa là răng trên đoạn roto này trùng với khe giữa hai răng của roto đoạn kia như chỉ ra trên hình 4-19.



Hình 4-18 a) Cấu trúc trong động cơ kiểu lai .

b) Nối dây trên stato trong động cơ kiểu lai .



Hình 4-19 Cấu trúc roto động cơ kiểu lai hai pha.

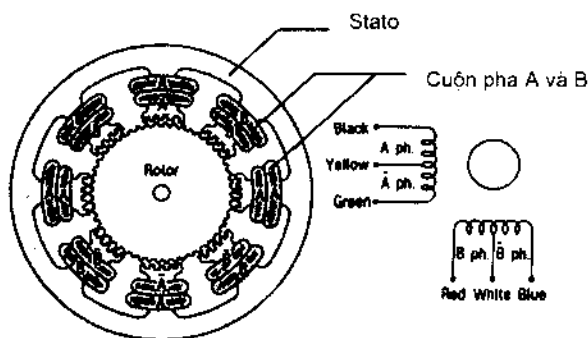
Răng trên các đoạn stato của động cơ VR được bố trí lệch nhau và bằng bước góc nhưng răng trên các đoạn stato của động cơ kiểu lai bố trí trên cùng một đường sinh trụ trong của stato có nghĩa là các răng không bố trí lệch nhau.

Phương pháp bố trí và nối các cuộn pha trong động cơ VR và động cơ kiểu lai cũng khác nhau. Động cơ VR các cuộn pha được lắp trên từng đoạn stato, động cơ lai cuộn pha được lắp trên cả hai cực của hai đoạn stato. Hình 4-18b chỉ ra cách cuốn các pha trên hai mặt cắt A và B. Trong ví dụ này cuộn pha A được lắp trên các cực lẻ còn cuộn B lắp trên các cực chẵn.

Hai đoạn roto của động cơ làm bằng thép non lắp trên trục nam châm vĩnh cửu nên các đoạn roto này được từ hoá tương ứng với cực của nam châm. Nếu gọi đoạn trục mặt cắt A đi qua là đoạn trục A và đoạn có mặt cắt B đi qua là đoạn B và đoạn A có cực từ là bắc (N) và đoạn B có cực từ là nam (S). Nếu cấp điện cho cuộn A dòng từ chảy từ roto A chia làm hai nhánh. Nhánh thứ nhất dòng từ từ nam chân vĩnh cửu lan sang roto A, qua cực 1 tại đây răng trên cực 1 của roto A đối diện với răng trên cực 1 của stato A lúc này từ trở nhỏ nhất. Sau đó dòng từ lan sang stato A và lan tới stato B. Dòng từ này lan tới cực mà cực đó có từ trở nhỏ nhất. Trong ví dụ là cực 3. Dòng từ lan từ cực 3 trên stato B qua cực 3 lan sang roto B và lan tới roto A khép kín mạch từ. Mạch từ thứ hai, cũng xuất phát từ roto A qua răng 5 lan sang stato A lan tới stato B qua răng 7 trên stato B lan tới roto B và mạch thứ hai được khép kín ở roto A.

Khi cấp điện cho cuộn B từ trở không còn nhỏ nhất dẫn đến roto quay theo chiều làm giảm từ trở, trong trường hợp này roto quay tới cực 4 và 8 trên roto A và trên đoạn B ở cực 2 và 6.

Trong thực tế, trên các cực người ta lắp hai cuộn dây để có thể dễ dàng thay đổi cực tính. Hình 4-20 chỉ ra bố trí các cuộn dây trên cực của động cơ kiểu lai hai pha.



Hình 4-20 Bố trí cuộn pha trên stato của động cơ kiểu lai.

Bước góc của động cơ kiểu lai tính theo công thức:

$$S = \frac{S_R}{Z_S} \quad (4-23)$$

trong đó S_R – góc giữa hai răng kề nhau của roto; Z_S – số cặp cực trên stato.

Tốc độ bước tính theo công thức:

$$R_S = \frac{360^\circ}{S} \quad (4-24)$$

Ví dụ 4-6 Động cơ kiểu lai có số răng trên roto $N_R = 30$; số cặp $Z_S = 4$. Hãy tính bước góc của động cơ.

GIẢI

Xác định góc giữa hai răng kề nhau của roto:

$$S_R = \frac{360}{N_R} = \frac{360^\circ}{30} = 12^\circ$$

Bước góc của động cơ:

$$S = \frac{S_R}{Z_s} = \frac{12}{4} = 3^\circ$$

Ví dụ 4-7 Tính toán tốc độ vòng của động cơ bước kiểu lai bước góc $1,8^\circ$

- a) Điều khiển chỉ cấp điện cho một pha(điều khiển cả bước).
- b) Điều khiển nửa bước (cấp điện cho hai cuộn pha đồng thời).

GIẢI

Tốc độ bước góc trên vòng khi điều khiển cả bước:

$$R_s = \frac{360^\circ}{S} = \frac{360^\circ}{1,8} = 200 \text{ bước/vòng}$$

Tính nửa bước góc:

$$\frac{S}{2} = \frac{1,8^\circ}{2} = 0,9^\circ$$

Tốc độ bước góc trên vòng khi điều khiển nửa bước:

$$R_s = \frac{360^\circ}{\frac{S}{2}} = \frac{360^\circ}{0,9} = 400 \text{ bước/vòng}$$

4.3.2 Một số thông số cơ bản của động cơ bước

Điều khiển động cơ bước tùy thuộc vào đặc tính, kiểu điều khiển và kiểu động cơ và nhất là khi thiết kế cần đặc biệt quan tâm đến những đặc tính này. Các đặc tính là cơ sở để lựa chọn hoặc thay thế động cơ cho phù hợp yêu cầu thiết bị mới.

Bước góc: là góc quay của trục động cơ tương ứng với một xung điều khiển. Bước góc của động cơ được xác định bởi kiểu điều khiển (cả bước, nửa bước) và cấu trúc động cơ.

Độ chính xác bước góc: Độ chính xác bước góc được đánh giá bằng giá trị phần trăm tăng hoặc giảm của bước góc so với bước góc danh nghĩa, ví dụ độ chính xác bước góc 5% của động cơ có bước góc 1,8° là 0,09°. Sai số này được tích lũy trong một bước hoặc trong 200 bước (động cơ có bước góc 1,8; 200 bước thực hiện một vòng của trục)

Momen tĩnh: Momen tĩnh là momen ngoại lực mà momen này giữ cho trục không quay. Để động cơ quay được cần cấp điện cho động cơ, vì vậy roto quay liên quan tới dòng trong động cơ.

Momen hãm: hay còn gọi là momen dư. Momen hãm là tổng các momen hiện tại trên roto khi động cơ không được cấp điện. Momen hãm chỉ tăng trong động cơ PM và động cơ bước kiểu lai khi lớn hơn momen tĩnh. Momen tĩnh phải nhỏ hơn momen hãm 10%.

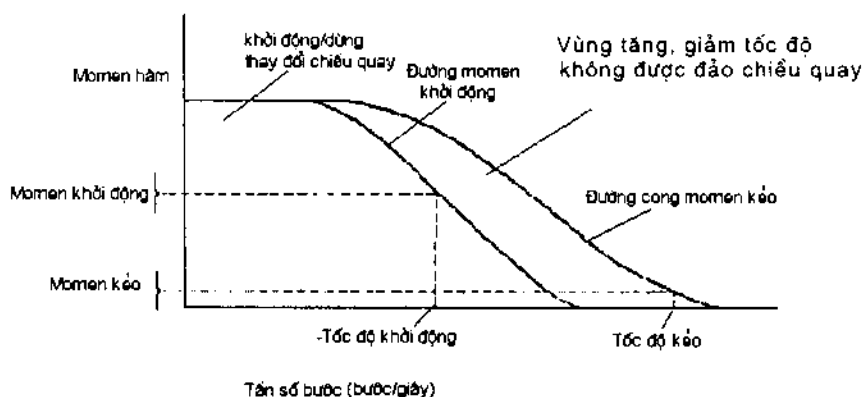
Điện trở cuộn dây: Điện trở cuộn dây pha liên quan đến dòng điện trong động cơ

Dòng trong cuộn dây liên quan tới momen, dòng lớn, momen động cơ lớn, dòng nhỏ momen nhỏ. Nếu biết điện áp E cung cấp cho mỗi cuộn pha và điện trở R cuộn pha, dòng trong cuộn pha tính toán theo công thức $I = E/R$.

Độ tự cảm trên cuộn dây: Độ tự cảm trên cuộn pha xác định bởi tốc độ tự cảm đến bão hòa khi cấp điện cho cuộn pha. Giá trị tự cảm nhanh hay chậm tùy thuộc vào dòng chảy trên cuộn dây. Cần phải tính toán dòng cấp cho cuộn pha phù hợp khi động cơ quay ở tốc độ cao (tốc độ tự cảm).

Momen quán tính của roto: Momen quán tính dùng để tính toán gia tốc của động cơ, đơn vị đo kG.cm^2 .

Momen khởi động (pull-in torque): Momen khởi động là momen điện từ sinh ra khi cấp điện cho động cơ để nó có thể tự khởi động (momen điện cân bằng với momen quán tính và momen ma sát) và chạy đồng bộ (không bỏ bước). Động cơ sẽ khởi động và chạy không bỏ bước trong vùng tự khởi động và dừng của đường cong momen-tốc độ biểu diễn giới hạn momen khởi động của động cơ với tần số bước. Ví dụ cho trước momen khởi động của động cơ, từ điểm này vẽ đường song song với trục tần số bước (nét đứt) cắt đường cong momen khởi động, từ điểm này xác định được tần số bước lớn nhất cho phép khởi động động cơ bước chỉ ra trên hình 4-21 thì tần số bước cực đại.



Hình 4-21 Đồ thị momen - tần số bước của động cơ bước.

Momen kéo (pull-out torque): Momen chạy là moment tải cực đại có thể đặt lên trục động cơ khi nó đang quay mà không gây ra dừng động cơ. Hình 4-21 là đồ thị biểu diễn đặc trưng momen-tần số bước (bước/giây) của động cơ bước. Hai đường cong chia đồ thị thành hai vùng điều khiển. Vùng thứ nhất giới hạn bởi trục momen, tần số bước và đường cong momen khởi động là vùng động cơ có thể tự khởi động và dừng.

Trong vùng này động cơ được phép khởi động, thay đổi chiều quay, tăng tốc để chuyển sang làm việc ở vùng thứ hai mà không bị bỏ bước và dừng. Vùng thứ hai giới hạn bởi đường cong momen khởi động, đường cong momen kéo và trục tần số bước là vùng cho phép động cơ điều khiển tăng, giảm tốc độ nhưng không được phép thay đổi chiều quay đột ngột.

Tần số khởi động cực đại: Tần số khởi động cực đại là tần số lớn nhất mà ở tần số này động cơ ở trạng thái không tải có thể tự khởi động được. Từ đường cong quan hệ momen- tần số bước cho thấy momen khởi động giảm khi tần số bước tăng.

Tốc độ quay của động cơ tính theo tần số cấp xung:

$$\omega = \frac{(f_s S) \times 60}{360} = \frac{f_s S}{6} \quad (4-25)$$

trong đó :

f_s = tần số xung cấp cho cuộn pha, xung/s;

ω = tốc độ góc của trục động cơ vòng/phút;

S = bước góc, tính bằng độ;

360 = hệ số chuyển đổi $360^\circ/\text{vòng}$;

60 = hệ số chuyển đổi 60s/phút .

Khoảng cách dịch chuyển của trục động cơ tính theo số xung cấp và bước góc dịch chuyển của động cơ theo công thức:

$$\theta = \frac{n_s \times S}{360} \quad (4-26)$$

trong đó :

θ = góc quay của trục động cơ, đơn vị tính theo vòng;

n_s = số xung cấp cho động cơ;

S = khoảng cách tiến khi dịch chuyển một bước góc của trục động cơ, tính theo mm" (milimet độ);

360° = hệ số chuyển đổi $360^\circ/\text{vòng}$.

Để thiết kế hệ dẫn động mới hoặc thay thế động cơ bước của hệ dẫn động cũ cần phải có những thông số đặc trưng quan trọng của động cơ. Trên cơ sở thông số của động cơ thực hiện thiết kế hệ dẫn động mới hoặc tính toán lựa chọn động cơ phù hợp với hệ dẫn động cũ.

Bảng 4-1 chỉ ra các thông số cơ bản của động cơ bước bốn pha kiểu lai có bước góc $1,8^\circ$.

Bảng 4-1	
Thông số	Giá trị
Điện áp điều khiển (dc)	6V
Momen tĩnh	50 oz-in
Bước góc	$1,8^\circ$
Dòng trên mỗi pha	1,0 A
Điện trở trên mỗi pha	$6,0\Omega$
Độ tự cảm mỗi pha	12 mH
Độ chính xác bước góc	$\pm 5\%$
Nhiệt độ vùng làm việc	-20°C đến 60°C
Momen hãm	5,0 oz.in
Đường kính trục	0,250 in
Trọng lượng	1,2 lb

Ví dụ 4-8 Động cơ bước có bước góc $S = 1,8^\circ$, nối trực tiếp với trục vít me đai ốc bi bước $t_x = 3$ mm để dẫn động bàn máy của máy phay. Hãy xác định:

- Tính tốc độ của động cơ theo đơn vị bước /vòng.
- Dịch chuyển của bàn máy khi động cơ thực hiện một bước góc.
- Cần bao nhiêu xung để bàn máy dịch chuyển $L_x = 2,125$ mm.

(d) Tốc độ bàn máy khi cấp nguồn xung $K = 220$ xung/s.

GIẢI

Tốc độ góc của động cơ:

$$R_s = \frac{360^\circ}{S} = \frac{360}{15} = 24 \text{ bước/vòng}$$

Dịch chuyển của bàn máy khi động cơ thực hiện một bước góc. Gọi L là dịch chuyển bàn máy ta có quan hệ:

$$\frac{15^\circ}{360^\circ} = \frac{L}{t_x} \Rightarrow L = \frac{15 \times t_x}{360} = \frac{15 \times 3}{360} = 0,125 \text{ mm}$$

Số xung X cần để bàn máy dịch chuyển $L_x = 2,125$ mm:

$$X = \frac{L_x}{L} = \frac{2,125}{0,125} = 17 \text{ xung}$$

Tốc độ V bàn máy khi cấp xung $K = 220$ xung/s:

$$V = L \times K = 220 \times 0,125 = 27,5 \text{ mm/s}$$

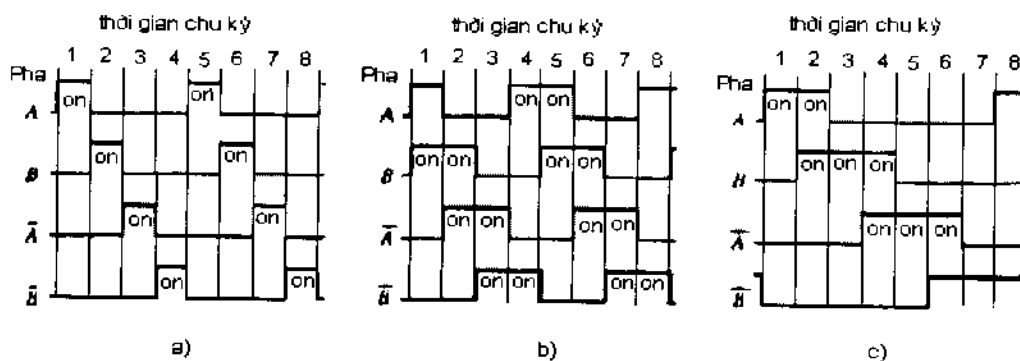
4.3.3 Hệ điều khiển động cơ bước

Hệ điều khiển động cơ bước cần phải có hai chức năng:

- 1- Cấp nguồn điện cho các cuộn pha theo trình tự tín hiệu vào. Chức năng này được thực hiện nhờ mạch logic, mạch trình tự và phần mềm điều khiển.
- 2- Nguồn điện cấp cho cuộn pha với thời gian ngắn. Đây là yếu tố rất quan trọng đối với momen động cơ. Vì vậy hệ số thời gian điện (L_m/R_m) phải lớn hơn đáng kể so với chiều rộng xung vào.

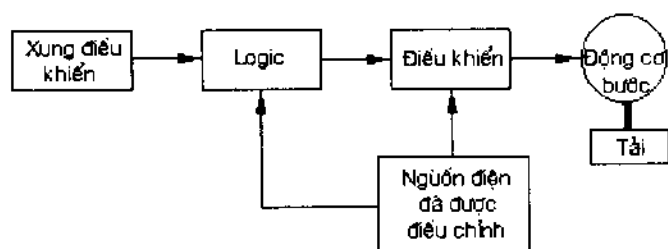
Động cơ bước có thể điều khiển theo ba cách:

- 1- Điều khiển cả bước (full step) là cách điều khiển mà mỗi lần xuất hiện xung điều khiển chỉ có một cuộn pha được cấp điện. Hình 4- 22a là sơ đồ thời gian cấp xung của động cơ bốn pha $A, \bar{A}, B, \bar{B}$.
- 2- Điều khiển cả bước là điều khiển mà mỗi lần xuất hiện xung điều khiển hai cuộn pha đồng thời được cấp điện chỉ ra trên hình 4-22b.
- 3- Điều khiển nửa bước (half step) là kiểu điều khiển kết hợp cả hai kiểu cả bước: cấp điện một cuộn pha và hai cuộn pha đồng thời. Cách điều khiển này có thể thấy rõ trên biểu đồ thời gian cấp xung (hình 4-22c).



Hình 4-22 Biểu đồ thời gian cấp xung của động cơ bước kiểu lai 4 pha.

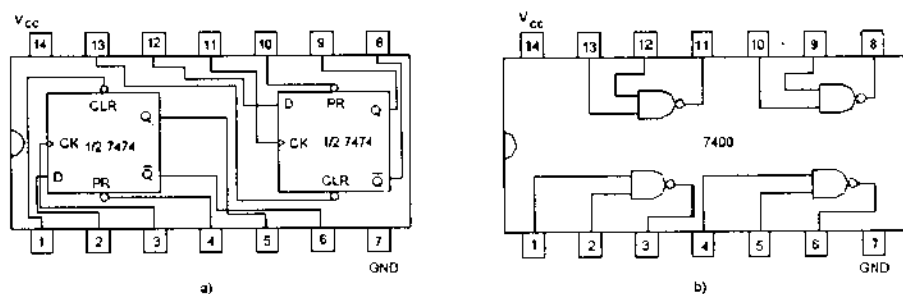
Hình 4-23 là sơ đồ khối đơn giản biểu diễn hệ điều khiển động cơ bước. Hệ điều khiển bao gồm các thành phần chính: nguồn cung cấp xung, logic và điều khiển.



Hình 4-23 Thành phần cơ bản của hệ điều khiển động cơ bước.

Nguồn xung điều khiển có thể do máy phát xung hoặc do nguồn xung từ các thiết bị khác cung cấp. Xung cấp cho thành phần logic có dạng xung vuông. Xung điều khiển phải tương thích với thành phần logic và logic 1 = 5V; logic 0 = 0V.

Thành phần logic là mạch điện làm nhiệm vụ thực hiện điều khiển cấp điện cho các pha động cơ hay còn gọi là mạch phân phối xung. Hiện nay có nhiều mạch thực hiện chức năng này, ở đây trình bày một mạch phân phối xung sử dụng IC 7474 và IC 7400. IC 7474 gồm hai phần tử nhớ kiểu D. Sơ đồ cấu trúc IC 7474 chỉ ra trên hình 4-24a. IC 7400 gồm bốn phần tử NAND và cấu trúc của IC thấy rõ trên hình 4-24b.

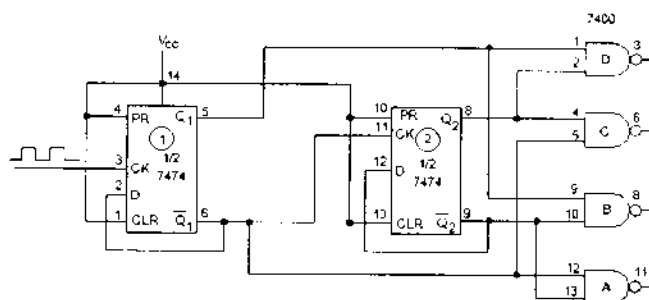


Hình 4-24 Sơ đồ cấu trúc IC 7474 và 7400.

Mạch phân phối xung cho động cơ bước bốn pha kiểu lai sử dụng IC 7474 và 7400 chỉ ra trên hình 4-25. Khi phân tích hoạt động của mạch phân phối xung cần nhớ rằng phần tử nhớ D hoạt động theo sườn lên của

xung nhịp. Khi chưa có xung nhịp, phần tử nhớ 1, chân 5 = Q_1 có mức logic 1 tương ứng với điện áp 5V ($Q_1=1$), chân 6 = $\overline{Q_1}$ có mức logic 0 tương ứng với điện áp 0V ($\overline{Q_1}=0$).

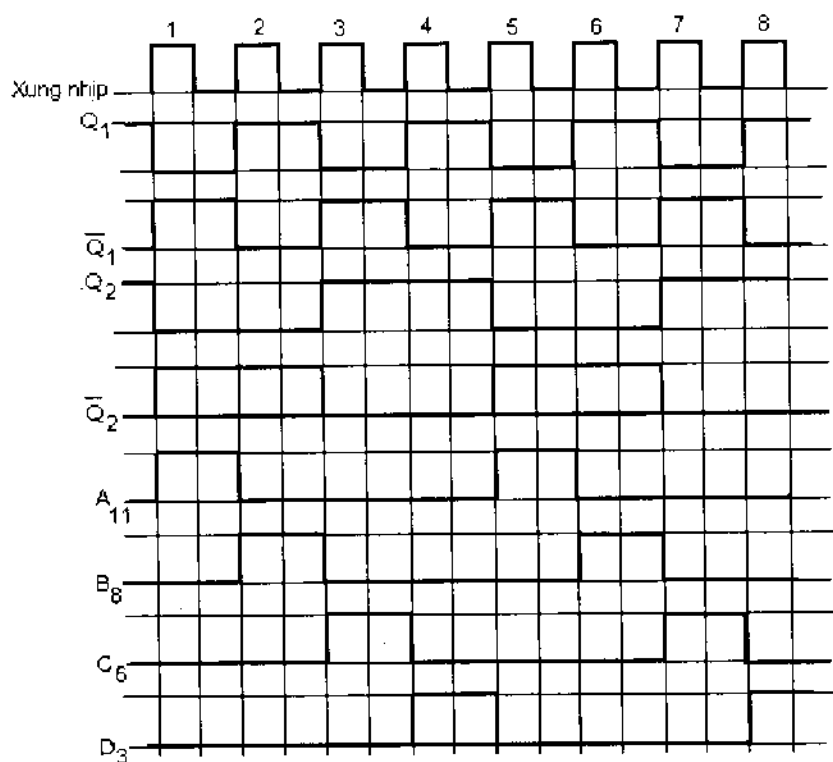
Phần tử nhớ 2, chân 9 = Q_2 có mức logic 1 ($Q_2=1$), chân 8 = $\overline{Q_2}$ có mức logic 0 ($\overline{Q_2}=0$). Nhờ cách nối các chân phù hợp nên tại thời điểm này trên các chân 3,6,8,11 của IC 7400 có mức logic bằng không như chỉ ra trên biểu đồ phân bố xung theo thời gian (hình 4- 26).



Hình 4-25 Sơ đồ nguyên lý mạch phân phối xung động cơ bốn pha.

Khi gặp sườn lên của xung nhịp thứ nhất trạng thái của phần tử nhớ 1 thay đổi trạng thái từ logic $Q_1=1$ chuyển sang mức logic $Q_1=0$, $\overline{Q_1}=0$ chuyển sang $\overline{Q_1}=1$, do nối chân 6 với chân 11 (CK) là của vào xung nhịp của phần tử nhớ 2 vì vậy phần tử nhớ 2 thay đổi trạng thái từ logic $Q_2=1$ chuyển sang trạng thái $Q_2=0$ và $\overline{Q_2}=0$ chuyển sang $\overline{Q_2}=1$. Nối chân 6 của phần tử nhớ 1 với chân 12 phần tử A trong 7400 và chân 9 phần tử nhớ 2 với chân 13 của phần tử A của IC 7400 chân 11 có logic chuyển từ logic 0 sang logic 1 và trong khi đó các chân 8,6,3 vẫn có mức logic bằng không. Trạng thái này giữ cho đến khi xuất hiện sườn lên của xung nhịp thứ hai. Khi đó trạng thái phần tử nhớ 1 thay đổi trạng thái, Q_1 từ trạng thái logic $Q_1=0$ chuyển về trạng thái $Q_1=1$ và $\overline{Q_1}$ từ trạng thái logic $\overline{Q_1}=1$ về trạng thái $\overline{Q_1}=0$. Trạng thái của $\overline{Q_1}=0$ đưa tới của vào xung nhịp phần tử nhớ 2 nên không làm nó thay đổi trạng thái của phần tử

nhớ 2 vì vậy các cửa ra 9,8 không thay đổi mức logic. Nối chân 5 của phần tử nhớ 1 tới chân 9 của phần tử B trong IC7400 và chân 8 của phần tử nhớ 2 với chân 10 của phần tử B trên IC7400 cửa ra 8 trên phần tử B chuyển trạng thái từ logic 0 sang logic 1 và các chân 3,6,11 có mức logic bằng 0. Khi có sườn lên xung thứ ba của xung nhịp, trạng thái của phần tử nhớ 1 thay đổi, $Q_1=1$ chuyển sang trạng thái $Q_1=0$ và $\overline{Q_1}=0$ chuyển sang trạng thái $\overline{Q_1}=1$. Đồng thời phần tử nhớ 2 thay đổi trạng thái $Q_2=0$ chuyển sang trạng thái $Q_2=1$ và $\overline{Q_2}=1$ chuyển sang trạng thái logic $\overline{Q_2}=0$. Nối chân 6 phần tử nhớ 1 tới chân 5 của phần tử C trong IC 7400 và chân 9 của phần tử nhớ 2 với chân 4 phần tử C của 7400.

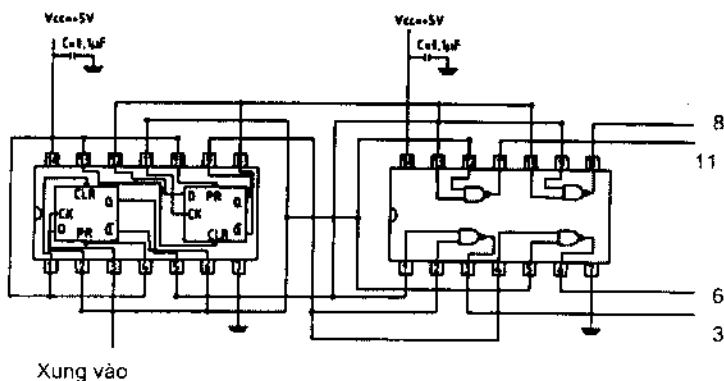


Hình 4-26 Biểu đồ xung theo thời gian của mạch phân phối.

Chân 6 của C chuyển trạng thái từ 0 lên 1 và các chân 8, 6, 3 có trạng thái logic 0. Khi xuất hiện sườn lên xung thứ 4 xuất hiện, trạng thái của phân tử nhớ 1 thay đổi trạng thái $Q_1 = 0$ chuyển trạng thái sang $Q_1 = 1$ và $\overline{Q}_1 = 1$ chuyển sang trạng thái $\overline{Q}_1 = 0$. Khi $\overline{Q}_1 = 0$ nên trạng thái phân tử nhớ 2 không thay đổi có nghĩa là $Q_2 = 1$ và $\overline{Q}_2 = 0$. Nối chân 5 của phân tử nhớ 1 với chân 1 của phân tử D trong IC7400 và nối chân 9 trên phân tử nhớ 2 với chân 2 của phân tử D trên IC7400. Chân 3 chuyển trạng thái từ logic 0 sang logic 1. Xuất hiện sườn lên của xung thứ năm quá trình lặp lại như khi xuất hiện sườn xung lên thứ nhất.

Hình 4-27 là sơ đồ lắp của mạch phân phối xung dùng IC7474 và 7400 cho động cơ bốn pha kiểu lai. Tín hiệu ra mạch phân phối xung trên các đầu 11, 8, 6 và 3.

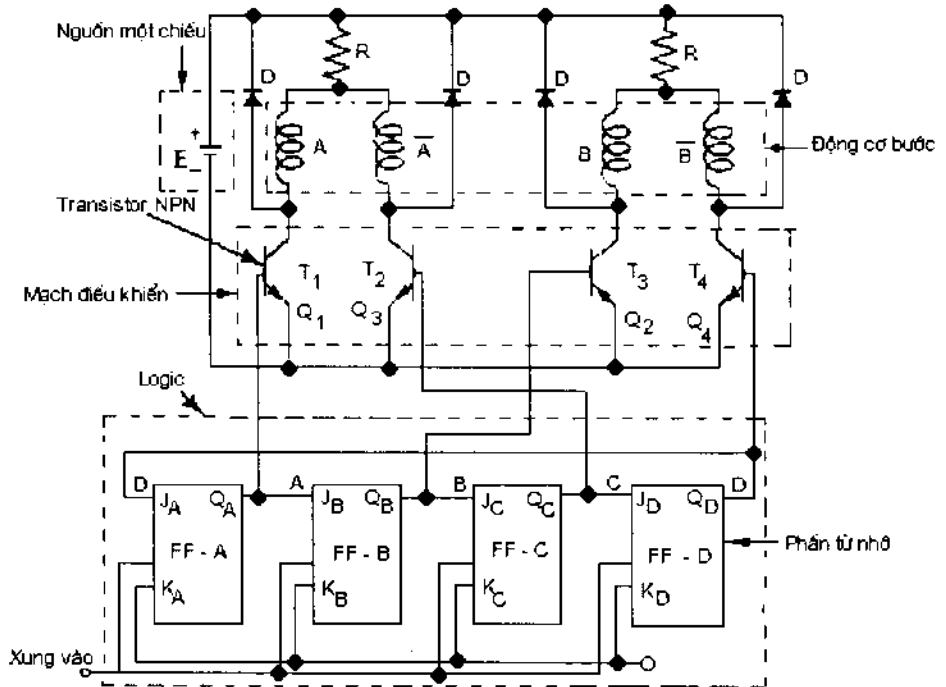
Hình 4-28 là sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển đơn giản kiểu cả bước động cơ bước bốn pha. Hệ điều khiển gồm bốn thành phần cơ bản như chỉ ra trên sơ đồ khối. Mạch logic (phân phối xung) được thiết kế từ bốn phân tử nhớ FF –A, FF-B, FF-C, và FF-D với đầu ra lần lượt A, B, C và D.



Hình 4-27 Sơ đồ lắp mạch phân phối xung.

Tín hiệu ra đưa tới mạch điều khiển động cơ. Mạch điều khiển sử dụng bốn transistor kiểu NPN. Các cuộn dây của động cơ bước được cấp bởi dòng nguồn một chiều.

Ban đầu chưa có xung vào, cửa ra các phần tử nhớ có mức logic 0 do đó bốn transistor T_1, T_2, T_3 , và T_4 đều đóng, và các cuộn pha không được cấp điện.

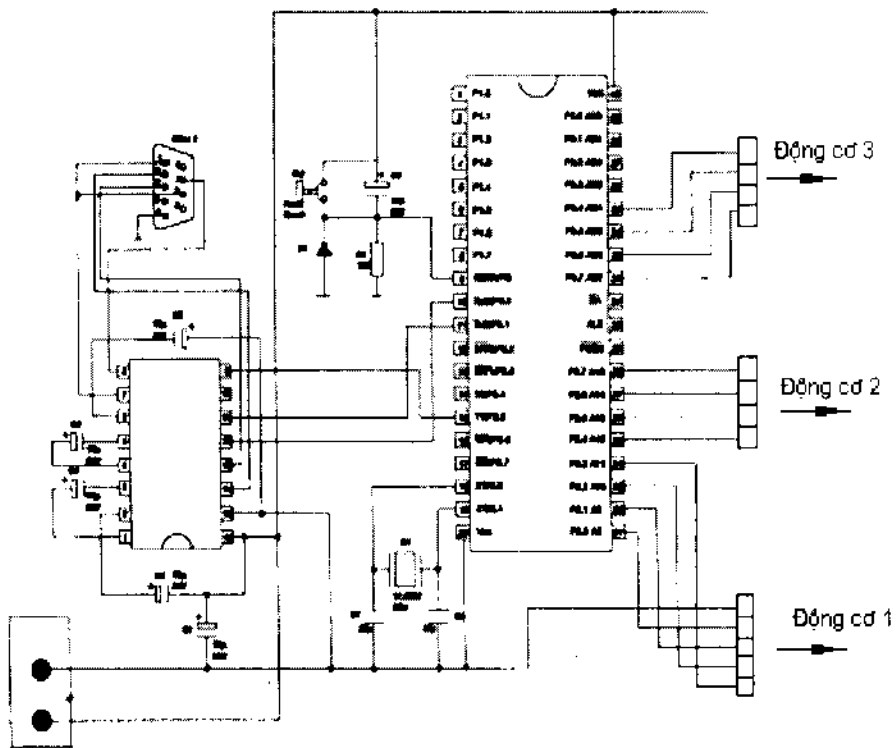


Hình 4-28 Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển động cơ bước bốn pha.

Khi xung thứ nhất xuất hiện của ra của FF - A chuyển trạng thái từ 0 lên 1. Transistor thứ nhất T_1 mở, dòng điện từ dương nguồn, qua điện trở R tới cuộn pha A qua transistor về cực âm nguồn, trục roto quay một bước góc. Xung thứ hai xuất hiện trạng thái chân A của phần tử nhớ chuyển từ logic 1 sang logic 0, transistor T_1 ngắt dòng cấp cho cuộn dây A. Đồng thời chân B của FF-B chuyển trạng thái logic từ 0 lên trạng thái logic 1. Transistor T_2 mở, cuộn B được cấp điện, trục roto quay bước tiếp

theo. Sau đó cuộn $\bar{A}$ và $\bar{B}$ được cấp điện. Khi chân D của FF-D chuyển trạng thái logic từ 0 lên 1 và bộ đếm lặp lại chu kỳ mới.

Phần mềm điều khiển động cơ bước chính là phần mềm sinh ra chuỗi xung để cung cấp cho phần điều khiển động cơ. Phần mềm có nhiệm vụ tương đương với nhiệm vụ của mạch phân phối xung. Phần mềm điều khiển có thể viết theo ngôn ngữ BASIC hoặc ngôn ngữ ASSEMBLER. Hình 4-29 trình bày mạch sơ đồ lắp mạch điều khiển đồng thời ba động cơ bước bốn pha dùng Microcontroller 8051.



Hình 4-29 Sơ đồ phần cứng ứng dụng 8051 điều khiển động cơ bước.

Động cơ thứ nhất được điều khiển trình tự phân phối xung theo sự thay đổi trạng thái cổng ra thứ P2 từ P2.0A8 (chân 21) đến P2.3A11 (chân 24).

Động cơ thứ hai được điều khiển qua cổng ra thứ hai từ P2.4A12 (chân 20) đến P2.7A15 (chân 28). Và động cơ thứ ba được điều khiển qua cổng ra P0 từ P0.7AD7(chân 32) đến P0.4AD4 (chân 32). Để cho microcontroller làm việc được mạch cần có cụm phát xung. Mạch phát xung sơ đồ trên dùng dao động thạch anh với tần số 11,0592MHz.

Dưới đây là phần mềm đơn giản dùng điều khiển động cơ bước sử dụng microcontroller 8051

```

org    00h
ljmp   start
org    03h
reti
org    0bh
reti
org    13h
reti
org    1bh
reti
org    23h
reti
;=====
; Định nghĩa cổng
; Cổng ra P2
;=====
    clr    EA
    q1     equ    p2.3
    q2     equ    p2.2
    q3     equ    p2.1
    q4     equ    p2.0
    motor  equ    p2
;=====
; Trình tự bước
;=====
    st1     equ    0Fah
    st2     equ    0F9h
    st3     equ    0F5h
    st4     equ    0F6h
    st5     equ    0Fah
;=====
; Kết thúc trình tự bước
;=====
    org    100h
;=====

```

```
start:
```

```

mov    sp,#2fh
mov    p2,#st1
lcall  delay
mov    p2,#st2
lcall  delay
mov    p2,#st3
lcall  delay
mov    p2,#st4
lcall  delay
mov    p2,#st5

```

;

```
sjmp  start
```

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

delay:

```
mov    r1,#01h
```

```
loop1:
```

```
mov    r0, #0
```

```
loop2:
```

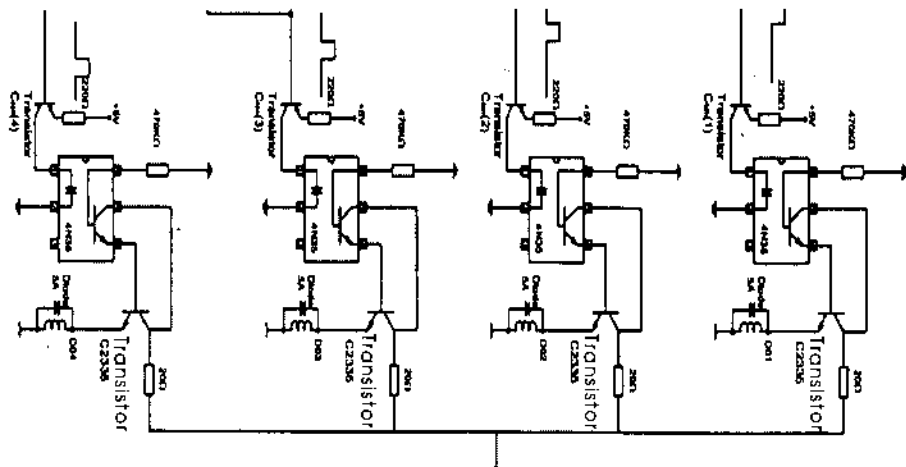
```
djnz    r0,loop2
```

```

djnz    r1,loop1

```

ret



Hình 4-30 Sơ đồ mạch ghép nối động cơ bước.

Mạch phân phối xung có thể ghép trực tiếp với mạch khuếch đại công suất nhưng thường để an toàn cho hệ thống, người ta ghép với mạch khuếch đại công suất thông qua phần tử OPTOCOUPLER. Hình 4-30 chỉ ra sơ đồ mạch điều khiển động cơ bước ghép nối với mạch công suất nhờ IC 4N35.

4-4 ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ SECVO MỘT CHIỀU

Dẫn động chạy dao máy công cụ điều khiển số NC/CNC đòi hỏi hệ điều khiển phải có khả năng điều khiển đồng thời cả tốc độ và vị trí. Mặc dù với sự phát triển của công nghiệp điện tử, động cơ xoay chiều điều khiển tốc độ bằng biến tần ngày càng phát triển mạnh mẽ nhưng động cơ một chiều secvo (DC servo motor) vẫn được sử dụng phổ biến trong các máy công cụ điều khiển số. Những năm trước 1995 của thế kỷ trước 95% động cơ dùng trong xích chuyển động chạy dao máy công cụ NC/CNC đều sử dụng động cơ DC điều khiển secvo.

Động cơ DC secvo có hai loại: động cơ một chiều secvo có chổi than và động cơ một chiều secvo không chổi than.

4.4.1 Động cơ secvo một chiều chổi than

Động cơ secvo dòng một chiều (DC) chổi than được trình bày trên hình 4-31 gồm bốn thành phần cơ bản: stato của động cơ DC là một nam châm vĩnh cửu, cuộn dây phản ứng lắp trên roto. Trong quá trình hoạt động, từ trường cố định được sinh ra từ nam châm vĩnh cửu gắn trên stato tương tác với dòng từ sinh ra từ cuộn dây trên roto khi có dòng điện chạy qua nó. Quá trình tương tác đó sinh ra momen tác động lên trục roto. Momen này biểu diễn theo phương trình:

$$T_m = K_e \cdot \phi \cdot I_e \cdot \sin \theta \quad (4-25)$$

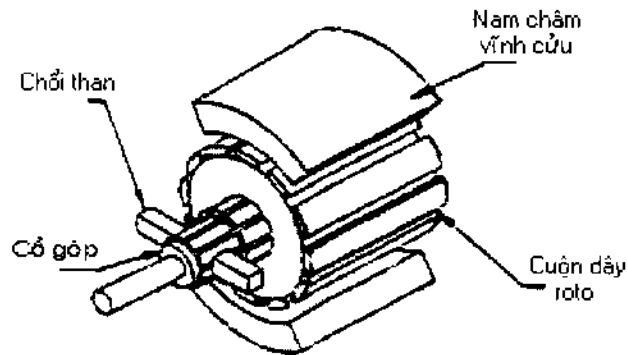
trong đó T_e = momen động cơ;

K_c = hệ số động cơ;

ϕ = mật độ dòng từ;

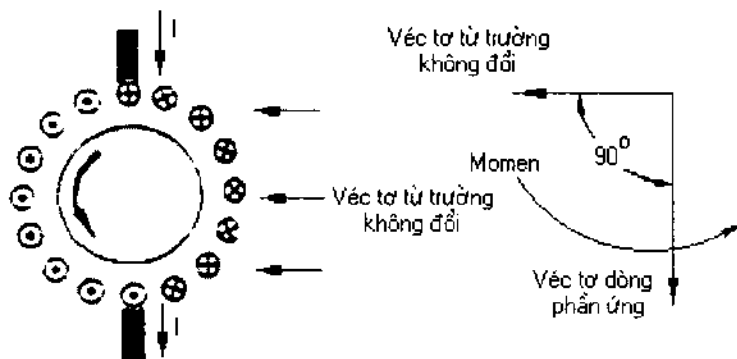
I_a = dòng phản ứng;

θ = góc giữa vectơ từ trường cố định và vectơ dòng.



Hình 4-31 Cấu tạo động cơ secvo DMC chổi than .

Công thức (4-25) cho thấy phần tử $\sin\theta$ ảnh hưởng tới momen trên trục động cơ. Hình 4-32 chỉ ra quan hệ giữa vectơ từ trường cố định và vectơ dòng qua phản ứng. Momen trên trục động cơ tăng dần từ $\theta = 0^\circ$ và lớn nhất khi góc $\theta = 90^\circ$ có nghĩa là khi vectơ từ trường cố định vuông góc với vectơ dòng phản ứng, momen trên trục động cơ là lớn nhất và khi $\theta = 0^\circ$ vectơ dòng phản ứng song song với vectơ từ trường cố định, tại đó momen trên trục là nhỏ nhất. Để đảm bảo momen trên trục động cơ luôn đạt được giá trị lớn nhất cần thiết phải điều khiển chuyển mạch cấp điện cho cuộn dây roto sao cho vectơ dòng phản ứng luôn luôn vuông góc với từ trường cố định. Với cách điều khiển quá trình cấp điện như trên, momen động cơ sẽ biến thiên tỷ lệ với dòng cấp cho cuộn dây phản ứng.



Hình 4-32 Vectơ từ trường cố định, vectơ dòng và momen động cơ secvo DC.

Một mối liên hệ khác giữa các thông số của động cơ một chiều là tốc độ quay của roto tỷ lệ với sức điện động phản điện sinh ra trong cuộn dây phản ứng.

Momen và tốc độ của động cơ secvo DC điều khiển có thể mô tả bằng hai phương trình sau:

$$T_{dc} = K_m \cdot I_u \quad (4-26)$$

$$E_b = K_b \cdot \omega \quad (4-27)$$

trong đó:

T_{dc} - momen từ, Nm;

I_u - dòng điện trong cuộn dây phản ứng, A;

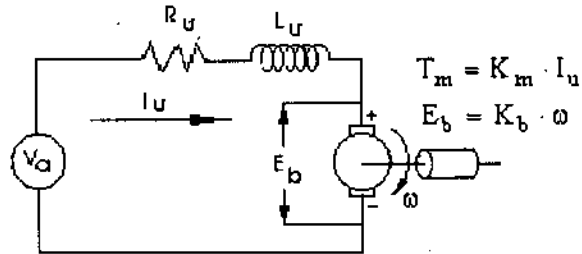
E_b - điện áp phản điện (emf), V;

K_m - hệ số momen, kilogam mét trên ampe;

K_b - hệ số điện, đơn vị đo vôn trên vòng trên phút;

ω - vận tốc quay của động cơ, vòng/phút.

Mạch động cơ secvo DC chỉ ra trên hình 4-33.



Hình 4-33 Mạch động cơ secvo DC.

Từ định luật Kirchhoff ta có phương trình mạch

$$V_u = K_b \omega + R_u I_u + L_u \left(\frac{dI_u}{dt} \right) \quad (4-28)$$

thành phần L_u nhỏ hơn so với R_u nên có thể bỏ qua L_u . Bỏ qua L_u phương trình (4-28) sẽ là:

$$V_u - R_u I_u = K_b \omega \quad (4-29)$$

Phương trình momen tải T_m đặt lên trục động cơ :

$$T_m = T_d + T_s + T_c \quad (4-30)$$

và

$$T_d = J_{dc} (d\omega/dt)$$

$$T_s = f_{dc} \omega$$

$$T_c = J_m (d\omega/dt) + f_m$$

trong đó:

T_d - momen động;

T_s – momen tĩnh;

T_c – momen cản;

J_{dc} - momen quán tính roto động cơ;

f_{dc} - hệ số sức cản nhớt của động cơ;

J_m – momen quán tính tải;

f_m – hệ số sức cản nhớt của tải.

Để động cơ quay thì momen động cơ phải bằng với momen tải:

$$T_m = T_{dc} = K_m I_a \quad (4-31)$$

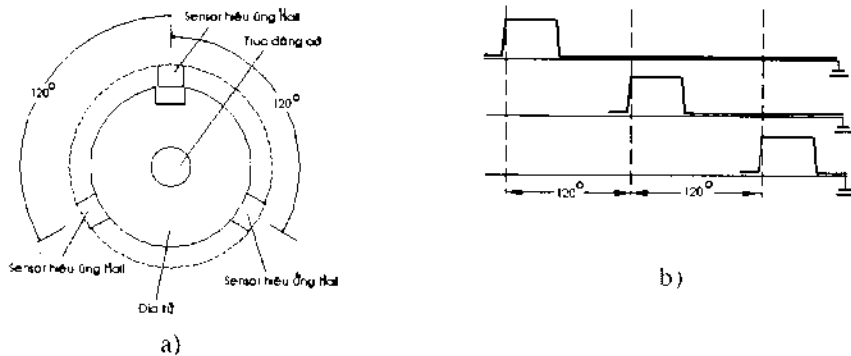
Ưu điểm của động cơ secvo DC chổi than là đơn giản trong điều khiển và giá thành sản phẩm rẻ. Tuy nhiên, sử dụng chuyển mạch cơ khí và chổi than là nhược điểm chính của loại động cơ này. Khi chuyển mạch gây ra ồn, tăng nhiệt độ trên vành góp và quán tính roto cao khi giảm tốc độ. Để khắc phục các nhược điểm trên người ta đã sử dụng động cơ secvo DC không chổi than.

4.4.2 Động cơ secvo DC không chổi than

Động cơ secvo DC không chổi than được sử dụng phổ biến trong máy công cụ điều khiển số. Cấu trúc của nó về cơ bản giống như động cơ secvo DC chổi than nhưng khác ở chỗ các cuộn pha của động cơ lắp trên stato và roto là nam châm vĩnh cửu. Roto được chế tạo từ vật liệu ferit hoặc samari coban. Roto làm từ vật liệu samari coban có khả năng tập trung từ cao và từ dư thấp. Nhưng giá thành roto loại này cao hơn nhiều so với khi roto làm từ vật liệu ferit. Vì vậy, nó chỉ dùng chế tạo roto cho động cơ công suất lớn. Tương tự như động cơ xoay chiều, từ trường quay trong động cơ DC không chổi than được sinh ra nhờ mạch điều khiển thứ tự cấp dòng cho các cuộn pha. Cuộn dây pha của động cơ không chuyển

động vì vậy có thể sử dụng chuyển mạch bằng điện tử nên loại trừ những nhược điểm tồn tại trong động cơ DC secvo chổi than.

Điều khiển các trục máy công cụ điều khiển số đòi hỏi điều khiển chính xác cả về vị trí và tốc độ. Vì vậy, động cơ secvo DC không chổi than cần phải có mạch phản hồi, tín hiệu phản hồi là tốc độ quay trục động cơ hoặc vị trí góc trục. Để đảm bảo chính xác chuyển động bàn máy, tín hiệu phản hồi phải được cấp liên tục cho mạch điều khiển. Trong công nghiệp thiết bị mạch phản hồi của động cơ secvo DC thường sử dụng là cảm biến tốc độ (Tachometer) chổi than hoặc không có chổi than, sensor hiệu ứng Hall, resolver, synchro và encoder. Nguyên lý làm việc của các thiết bị này sẽ được trình bày trong các mục tiếp theo.



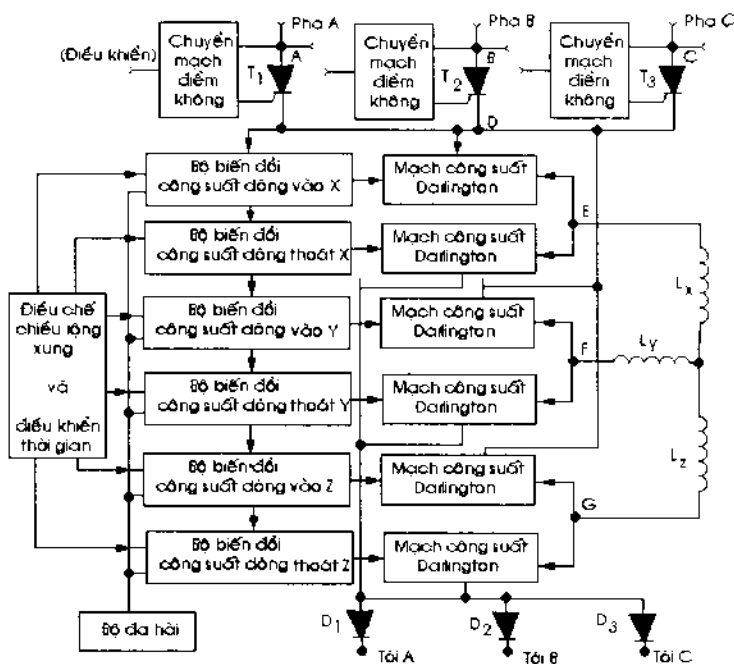
Hình 4-34 a) Sensor hiệu ứng Hall và đĩa từ lắp ở đuôi động cơ.
b) Tín hiệu chuyển mạch sensor hiệu ứng Hall sinh ra trong một vòng.

Phương pháp chuyển mạch hiệu ứng Hall được sử dụng khá phổ biến trong điều khiển động cơ secvo DC. Trong động cơ secvo DC 3 pha không chổi than người ta đặt cố định ba sensor hiệu ứng Hall lên vỏ phía đuôi động cơ và cách đều nhau 120° quanh trục động cơ. Để lấy tín hiệu từ sensor hiệu ứng Hall, một đĩa từ như chỉ ra trên hình 4-34a được lắp trên đuôi trục động cơ và trên đĩa người ta cắt một rãnh. Khi một trong ba

sensor hiệu ứng Hall đi qua rãnh, trong khoảng thời gian ngắn dòng từ bị mất và kết quả là trên đầu ra của sensor hiệu ứng Hall không có điện áp V_H (V_H - điện áp hiệu ứng Hall). Tín hiệu ra từ sensor thường được đưa qua mạch Trigger Smith để hiệu chỉnh lại thành xung chữ nhật.

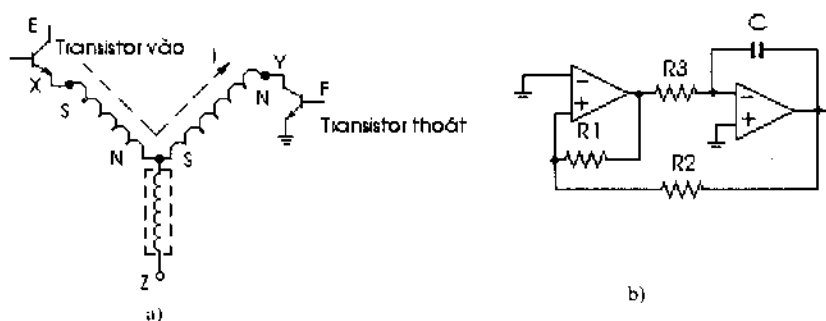
Hình 4-34b chỉ ra tín hiệu đưa ra từ sensor hiệu ứng Hall trong một vòng quay của trục động cơ. Tín hiệu này có thể dùng điều khiển chuyển mạch transistor công suất ở tín hiệu ra của điều khiển động cơ. Đồng thời tín hiệu này cũng có thể dùng để xác định vị trí của trục động cơ.

Hình 4-35 là sơ đồ khối đơn giản mạch điều khiển chuyển mạch động cơ ba pha secvo DC không chổi than.



Hình 4-35 Sơ đồ khối mạch điều khiển chuyển mạch cho động cơ ba pha.

Hệ gồm sáu bộ biến đổi công suất dòng vào (source current) và dòng thoát (sink current) được điều khiển bởi mạch điều chế chiều rộng xung PWM (Pul Width Modulator). Mục đích của bộ biến đổi này là khống chế dòng điện cấp cho một trong ba cuộn dây stato L_X , L_Y và L_Z . Tín hiệu chuyển mạch điều khiển động cơ gửi tới chân điều khiển transistor công suất dòng vào và transistor công suất thoát lắp theo kiểu Darlington. Hình 4-36a chỉ ra mạch transistor dòng vào, dòng thoát, cuộn pha L_X , L_Y và tương tự như thế với cuộn L_X và L_Z hoặc L_Y và L_Z .



Hình 4-36 a) Mạch transistor vào và transistor thoát với các cuộn pha.
b) Mạch phát xung tam giác.

Hình 4-37 chỉ ra mạch biến đổi công suất dòng vào và mạch tín hiệu ra. Mạch biến đổi công suất 3dòng vào có cấu trúc là mạch biến áp xung đẩy kéo. Tần số chuyển mạch của bộ biến đổi công suất dòng vào được thực hiện nhờ mạch đa hài. Mạch này có thể thiết lập từ IC CD4078B. Tín hiệu ra Q và $\bar{Q}$ của mạch này được đưa tới chân điều khiển của hai transistor trường (MOSFET) công suất. Bộ biến đổi công suất dòng vào còn được điều khiển bởi bộ điều chế chiều rộng xung (PWM) tần số thấp. Tần số phát xung của PWM được thực hiện nhờ máy phát xung tam giác như chỉ ra trên (hình 4-35b).

Hình 4-37 là sơ đồ mạch của một trong sáu bộ biến đổi dòng. Điều khiển mạch đa hài và mạch biến đổi đẩy kéo hoạt động như sau: khi chân

155

Dòng chảy từ nguồn 12 V qua cuộn L_{p2} của T1 hướng tới điểm D qua Q_4 về đất. Trong cuộn L_{s2} xuất hiện dòng điện chảy qua L_{s2} tới điểm E nạp điện cho tụ C1. Như vậy với tần số thấp của tín hiệu enable (A), tụ C1 nhanh chóng được nạp đến mức xác định. Vì xung dòng ở điểm C và D có tần số và chu kỳ ổn định cho nên điện áp tại điểm E gần như không thay đổi. Điện thế tại điểm E là điện áp cấp cho anốt của tiristor T1.

Điện áp tại điểm F điều khiển biên độ dòng gốc của khuếch đại công suất Darlington và điện áp này là hàm của tín hiệu chuyển mạch ở điểm B.

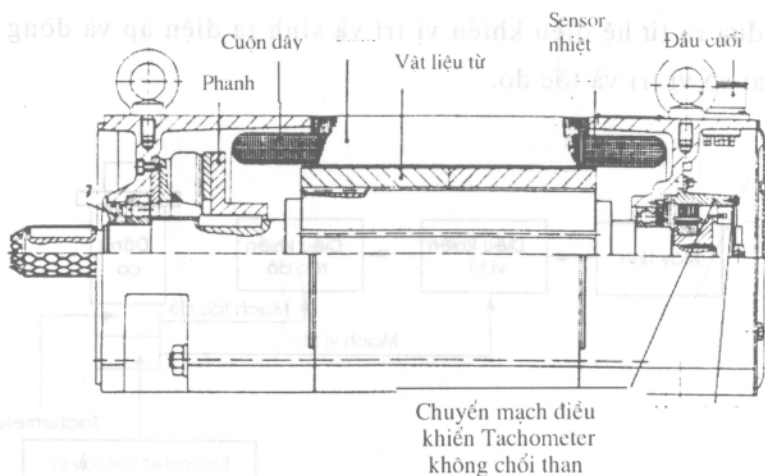
Trong thời gian ở vùng rỗng của tín hiệu tại điểm B, dòng điện một chiều điện áp 12 V qua transistor Q_2 tới điểm G của cuộn dây L_{p1} của biến thế T2 sau đó qua cuộn L_{p1} , diot D1 đến C, lúc này chân Q của CD4047B đang ở mức cao nên dòng qua Q_3 về đất. Khi tín hiệu cổng ra $\overline{Q}$ của CD4047B ở mức cao và tại B mức logic đang ở mức thấp D2 trở thành thiên áp thuận dòng chảy từ G qua D2 qua Q_4 về đất.

Khi tín hiệu Q chuyển xuống mức thấp gây ra ngắt dòng chảy trong L_{p1} của T2. Diot Schottky D5 trở thành thiên áp thuận. Kết quả là có dòng chảy tới điểm F. Khi $\overline{Q}$ chuyển từ cao xuống thấp và dòng chảy trong L_{p2} của T2 bị ngắt, D6 có thiên áp thuận, dòng chảy về điểm F.

Biên độ của điện áp tại điểm F tỷ lệ với độ rộng của xung chữ nhật ở điểm B. Mạch Darlington bị khóa khi hệ điều khiển giữ cho cực gốc của transistor Q_2 ở mức logic cao. Khi Q_2 khóa bộ biến đổi đẩy kéo thứ hai không hoạt động và không có dòng chảy tới điểm F, do đó không có dòng cấp cho cực gốc của Q_6 nên Q_6 bị khóa. Khi tại điểm B chuyển từ logic cao sang logic thấp transistor Q_2 mở. Độ rộng xung tại điểm B tăng lên làm cho dòng gốc của transistor Q_6 tăng lên và khi độ rộng của xung vào B giảm xuống dòng gốc của Q_6 cũng giảm xuống. Như vậy dòng

Collector và emitter của mạch Darlington là hàm của độ rộng tín hiệu chuyển mạch.

Tiristor T1, transistor Q5 và diot Zener D7 hình thành mạch bảo vệ động cơ secvo và chống quá áp cho mạch điều khiển. Để khống chế quá áp người ta nối điểm H trong hình 4-37 với điểm D trong hình 4-36. Tiristor T1, transistor Q5 và diot Zener D7, điện trở R3 và R4 được lắp như chỉ ra trên hình 4-37. Trong mạch điện trở R3 và R4 chọn đủ lớn để với điện áp bình thường Q5 luôn bị khóa do đó tiristor T1 cũng luôn bị khóa. Khi điện áp tại D vượt quá áp định mức đủ lớn transistor Q5 mở, transistor T1 mở nên điện áp tại E và F gần bằng 0 và mạch Darlington khóa. Chú ý rằng trong quá trình điện áp tại D vượt quá điện áp cho phép, transistor Q2 đang ở trạng thái mở.

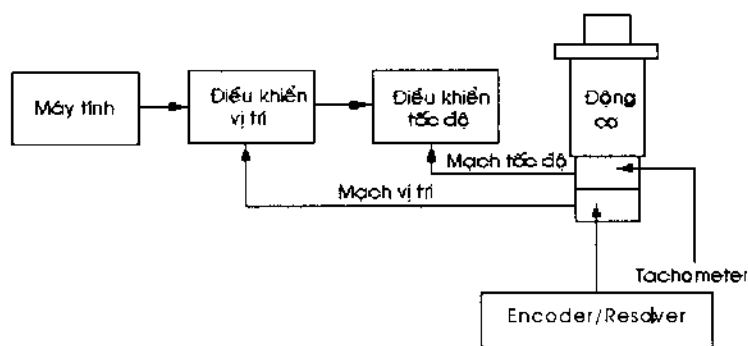


Hình 4-38 Kết cấu động cơ DC không chổi than.

Hình 4-38 là kết cấu của động cơ DC không chổi than. Trên động cơ bố trí hệ thống phanh, sensor đo tốc độ (Tachometer không chổi than), chuyển mạch hiệu ứng Hall, sensor kiểm tra nhiệt động cơ.

Trong máy công cụ điều khiển số, hệ dẫn động chạy dao dùng động cơ secvo DC không chổi than đòi hỏi hệ điều khiển động cơ cung cấp tín hiệu điều khiển cả vị trí và tốc độ. Có hai kiểu cơ bản của hệ điều khiển động cơ secvo: tương tự và số.

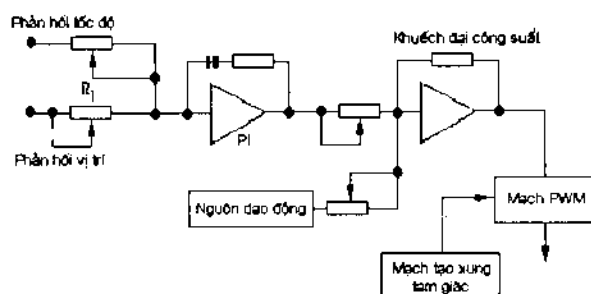
Hệ điều khiển secvo kiểu tương tự là sử dụng mạch điện để thực hiện bù sai số vị trí và tốc độ. Hệ gồm bốn cụm điều khiển cơ bản : máy tính, điều khiển vị trí, điều khiển tốc độ và động cơ DC không chổi than. Mối quan hệ giữa các cụm điều khiển chỉ rõ trong (hình 4-39). Tín hiệu yêu cầu gửi từ máy tính đến cụm điều khiển vị trí, tín hiệu này được so sánh với tín hiệu phản hồi vị trí từ bộ biến đổi Encoder hoặc Resolver qua mạch phản hồi để sinh ra sai số tốc độ và sai số được đưa tới hệ điều khiển tốc độ để xử lý cho phù hợp với vị trí. Hệ điều khiển tốc độ chứa mạch phản hồi tốc độ sinh ra từ Tachometer. Tín hiệu được so sánh với tín hiệu đưa ra từ hệ điều khiển vị trí và sinh ra điện áp và dòng phù hợp bù cho sai số vị trí và tốc độ.



Hình 4-39 Sơ đồ khối của hệ điều khiển động cơ DC kiểu tương tự CNC.

Hình 4-40 là một kiểu mạch điều khiển động cơ secvo DC dùng trong máy công cụ điều khiển số CNC. Điện áp lỗi tương tự từ CNC và tín hiệu phản hồi của Tachometer gửi tới mạch điều chỉnh (PI) để sinh ra tín

hiệu điều khiển vị trí. Tín hiệu sinh ra từ bộ điều chỉnh PI và tín hiệu từ mạch dao động đưa tới mạch khuếch đại công suất trước khi tới mạch điều chế chiều rộng xung (PWM). Xung tam giác là xung chuẩn được sinh ra từ mạch phát xung. Xung này được gửi bộ điều chế chiều rộng xung. Trên hình 4-40 điện trở R_1 là điện trở khuếch đại của mạch điều khiển vị trí.



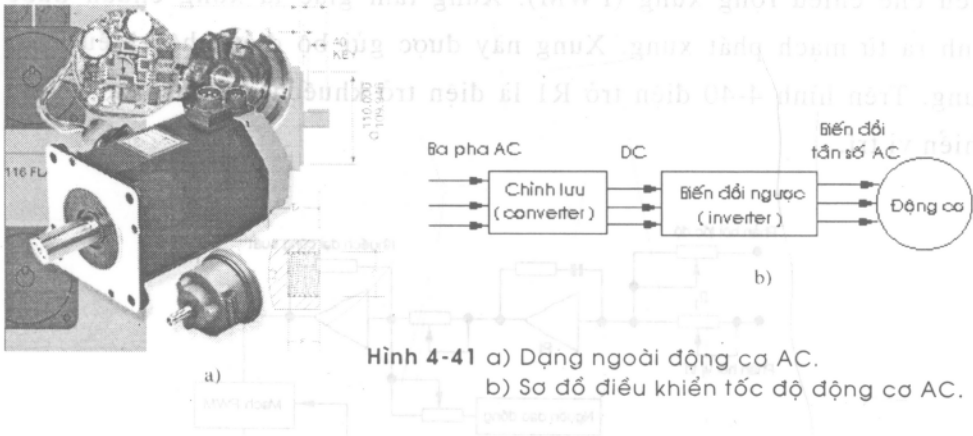
Hình 4-40 Mạch điều khiển động cơ secvo DC.

4.5 ĐỘNG CƠ AC SECVO

Nhờ sự phát triển vượt bậc của công nghệ điều khiển điện, hiện nay chuyển động chạy dao trong máy công cụ điều khiển số dùng khá phổ biến động cơ AC secvo. Hình 4-41a chỉ ra hình dạng ngoài của động cơ AC secvo.

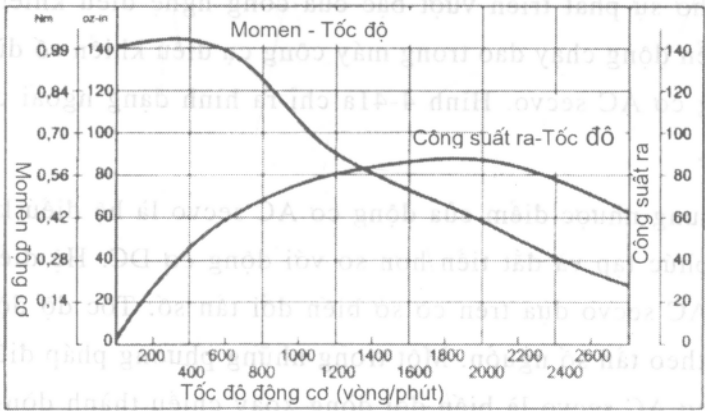
Nhưng nhược điểm của động cơ AC secvo là hệ điều khiển tốc độ động cơ phức tạp và đắt tiền hơn so với động cơ DC. Hệ điều khiển tốc độ động cơ AC secvo dựa trên cơ sở biến đổi tần số. Tốc độ động cơ được xác định theo tần số nguồn. Một trong những phương pháp điều khiển tốc độ động cơ AC secvo là biến đổi dòng xoay chiều thành dòng một chiều nhờ bộ chỉnh lưu ba pha, sau đó biến đổi dòng một chiều thành dòng xoay

chiều nhưng ở tần số đã được lựa chọn. Hình 4-41 là sơ đồ khối đơn giản hệ điều khiển tốc độ động cơ AC secvo.



4-6 LỰA CHỌN ĐỘNG CƠ

Khi lựa chọn động cơ người thiết kế phải xem xét nhiều yếu tố và các đặc trưng về dải tốc độ, sự biến đổi momen-tốc độ, tính thuận nghịch, chu kỳ làm việc, momen khởi động và công suất yêu cầu.



Hình 4-42 Đường cong momen-tốc độ động cơ bước.

Đặc biệt lưu ý tới đường cong momen-tốc độ động cơ bởi vì các đường cong này cho ta những thông tin quan trọng. Hình 4-42 chỉ ra đường cong momen-tốc độ động cơ bước. Đường cong chỉ ra tốc độ khác nhau với điện áp tiêu thụ tương ứng.

Để lựa chọn động cơ chúng ta cần xem xét các vấn đề sau:

- Momen khởi động động cơ.

Momen ở tốc độ quay bằng không được gọi là momen khởi động động cơ. Để động cơ tự khởi động được, động cơ phải sinh ra momen lớn hơn momen ma sát và momen tải đặt lên trục của nó. Nếu gọi a là gia tốc góc của động cơ và được đo bằng rad/s^2 , T_m là momen động cơ, T_{lai} là momen tải đặt lên trục động cơ và J là momen quán tính của roto và tải ta có quan hệ:

$$a = (T_m - T_{lai})/J \quad (4-32)$$

- Tốc độ cực đại của động cơ

Nhìn vào đồ thị quan hệ momen – tốc độ, tại điểm momen bằng không xác định tốc độ cực đại của động cơ. Cần phải nhớ rằng tại tốc độ này động cơ không cho momen và tốc độ này được gọi là tốc độ không tải.

- Công suất yêu cầu của tải

Công suất yêu cầu đặc biệt quan trọng đối với động cơ, vì vậy người thiết kế cần phải lựa chọn động cơ có công suất tương ứng với công suất yêu cầu trong chu kỳ làm việc.

- Nếu hệ dẫn động yêu cầu điều chỉnh tốc độ, tốt nhất là lựa chọn động cơ đồng bộ hoặc là động cơ một chiều.
- Nếu hệ yêu cầu điều khiển cả vị trí và tốc độ.

Trong trường hợp vị trí góc thực hiện theo vị trí rời rạc hoặc gia số, tốt nhất sử dụng động cơ bước. Động cơ bước có thể điều khiển tốc độ bằng cách thay đổi tần số cấp xung và chỉ dùng trong các mạch điều khiển hở có nghĩa là không có mạch phản hồi. Động cơ bước chỉ dùng trong trường hợp tải trọng nhỏ và không thể dùng trong trường hợp đòi hỏi tốc độ quá cao. Trong trường hợp yêu cầu điều khiển cả vị trí và tốc độ, ví dụ như trong các thiết bị chuyển động theo chương trình số, người ta thường sử dụng động cơ secvo. Động cơ secvo là động cơ AC, DC hoặc động cơ một chiều không chổi than có mạch phản hồi vị trí. Động cơ secvo đắt hơn động cơ bước.

- Hệ thống cần hay không cần giảm tốc

Thông thường tải được điều khiển ở dải tốc độ thấp và momen lớn. Đặc tính của động cơ ở tốc độ cao momen thấp vì vậy cần hộp tốc độ để giảm tốc độ đầu ra. Khi dùng hộp tốc độ quán tính tải cũng thay đổi theo và sự thay đổi này thể hiện trong công thức (4-33)

$$J_c = J_{tai}(\omega_{tai}/\omega_d)^2 \quad (4-33)$$

trong đó:

ω_{tai} - tốc độ góc của tải, rad/s;

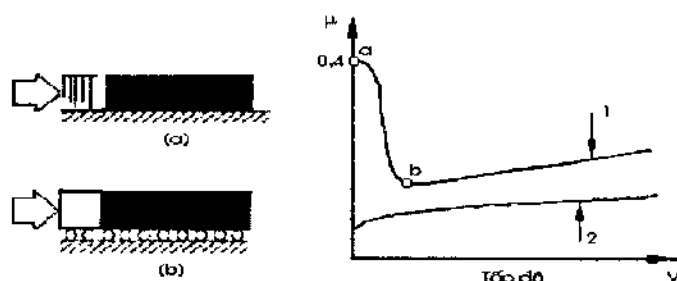
ω_d - tốc độ góc của động cơ, rad/s.

5

BỘ TRUYỀN BIẾN ĐỔI CHUYỂN ĐỘNG QUAY THÀNH CHUYỂN ĐỘNG THẲNG

5.1 TÍNH ƯU VIỆT CỦA BỘ TRUYỀN VÍT ME- LĂN

Trong máy công cụ điều khiển số người ta sử dụng hai dạng vít me cơ bản: a) vít me-đai ốc với cặp tiếp xúc mặt còn được gọi là vít me đai ốc thường; b) vít me-đai ốc với cặp tiếp xúc lăn gọi là vít me-lăn.



Hình 5-1 Quan hệ giữa lực ma sát và tốc độ trong vít me thường và vít me-lăn.

Ta hãy xem xét quá trình ma sát khi chuyển động của vít me thường và vít me- lăn thông qua quan hệ giữa lực ma sát của cặp vít me thường và vít me-lăn như chỉ ra trên hình 5-1. Đường cong (1) là đường cong quan hệ giữa lực ma sát với tốc độ chuyển động tương ứng với mô hình (a). Đường cong này chia làm hai vùng, vùng từ điểm (a) đến điểm (b) là vùng ma sát nửa ướt. Vùng này là có sự tiếp xúc trực tiếp giữa cặp bề mặt vít me và đai ốc. Khi vận tốc bằng không, lực ma sát lớn nhất. Khi vận tốc tăng, nêm dầu dần dần hình thành làm lực ma sát giảm dần tới

điểm (b) và giai đoạn tiếp theo là quá trình giữa hai bề mặt bôi trơn thủy động và lúc này lực ma sát tăng tỷ lệ với tốc độ.

Khi điều khiển máy CNC hai hoặc nhiều trục đòi hỏi thời gian khởi động bàn máy nhanh với momen nhỏ. Từ đường cong (1) cho thấy vít me thường không đáp ứng được đòi hỏi trên. Vì vậy cần bộ biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến mới. Và kết cấu vít me-lăn đã thoả mãn được yêu cầu đối với chuyển động bàn máy CNC. Vít me-lăn thay trạng thái tiếp xúc mặt của cặp vít me thường sang tiếp xúc lăn bằng cách đưa vào rãnh ren số lượng lớn bi hoặc bi trụ (kết cấu vít me-lăn sẽ được trình bày rõ hơn ở các mục tiếp theo). Do tiếp xúc giữa vít me và đai ốc là tiếp xúc lăn nên ma sát có thể coi không đáng kể và đường cong (2) chỉ ra trên hình 5-1 là quan hệ giữa vận tốc và lực ma sát của vít me – lăn tương ứng với mô hình (b). Từ đồ thị cho ta thấy với vít me-lăn đã loại trừ được vùng ma sát khô và nửa khô của vít me thường.

Vít me-lăn có hàng loạt các ưu điểm sau:

1. Mất mát do ma sát nhỏ; hiệu suất của bộ truyền gần bằng $\eta = 0,9$
2. Lực ma sát hầu như không phụ thuộc vào vận tốc. Điều đó đảm bảo chuyển động ổn định.
3. Có thể loại trừ khe hở và tạo sức căng ban đầu đảm bảo độ cứng vững dọc trục cao.
4. Đảm bảo độ chính xác làm việc lâu dài.

5.2 ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC CƠ CẤU VÍT ME-LĂN

Thông số bước của vít me tương tự như bước răng trong bộ truyền bánh răng. Bước vít me được xác định là khoảng cách đai ốc dịch chuyển khi trục vít quay một vòng. Và chuyển đổi chuyển động quay của vít me thành chuyển động tịnh tiến xác định theo công thức sau:

$$V(t) = t_v \omega(t) \quad (5-1)$$

trong đó :

t_v – bước vít me, mm;

$V(t)$ – tốc độ chuyển động thẳng, mm/phút;

$\omega(t)$ – tốc độ góc, vòng/phút.

Để biến chuyển động quay của vít me thành chuyển động tịnh tiến người ta cho vít me ăn khớp với đai ốc, đai ốc lắp với bàn máy. Khi vít me quay đai ốc chuyển động dọc theo vít me và bàn máy chuyển động thẳng.

Một điểm quan trọng của bộ truyền vít me đai ốc là chuyển đổi momen thành lực. Đặt lên trục vít me một momen T (N.m) lực F (N) trên đai ốc xác định theo hai trường hợp sau:

1- Trường hợp vít me thường, lực F được tính theo công thức:

$$F = \frac{2T\pi d_m - \mu t_v \sec \beta}{d_m + \mu \pi d_m \sec \beta} \quad (5-2)$$

trong đó:

μ - hệ số ma sát giữa vít me và đai ốc;

β - góc nghiêng của biên dạng ren;

d_m - đường kính danh nghĩa của vít me.

Chú ý rằng nếu vít me có dạng vuông, β ta lấy bằng 0 và nếu ren có điều kiện cắt tuyến lấy $\beta = 1$.

2- Trường hợp vít me – lăn được tính theo công thức sau:

$$F = \frac{2\pi TE}{t_v} \quad (5-3)$$

trong đó :

E – hiệu suất của bộ truyền.

Bộ truyền vít me-lăn có thể xem ma sát là không đáng kể, vì vậy hiệu suất bộ truyền lấy $E = 0,9$

Ví dụ 5-1 Xác định lực cực đại mà lực này có thể truyền cho đai ốc chuyển động dọc theo vít me – bi nếu đặt lên vít me momen $T = 10\text{N.m}$, bước vít me $t_v = 0,006\text{m}$. Hiệu suất $E = 0,9$.

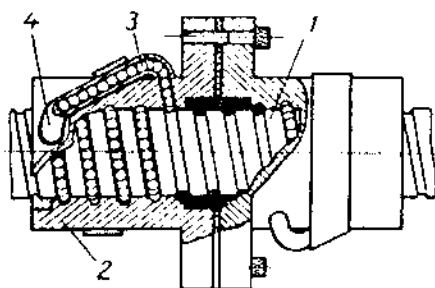
GIẢI

Từ công thức (5-3) ta có

$$F = \frac{2\pi TE}{t_v} = \frac{2 \times 10 \times 0,9}{0,006} = 3000\text{N}$$

5.3. KẾT CẤU BỘ TRUYỀN VÍT ME – BI

Trong máy công cụ điều khiển số người ta sử dụng hai kiểu bộ truyền vít me - lăn: vít me-bi và vít me - con lăn. Vít me-bi được dùng phổ biến hơn vít me-con lăn. Vì vậy ở đây chỉ trình bày chủ yếu vít me-bi.

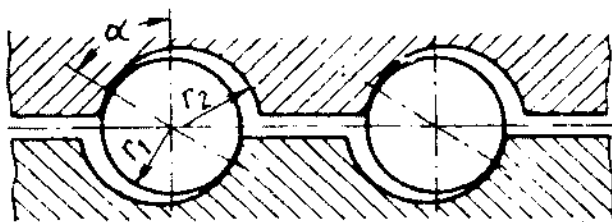


Hình 5-2 Bộ truyền vít me - bi có rãnh hồi bi dạng ống.

Vít me-bi có kết cấu đa dạng nhưng chúng đều có chung các thành phần chủ yếu: vít me, đai ốc, bi, rãnh hồi bi. Hình 5-2 là một trong các dạng vít me -bi thường gặp trong các máy điều khiển số, kết cấu gồm: vít me 1, đai ốc 2, viên bi 3, ống hồi bi 4.

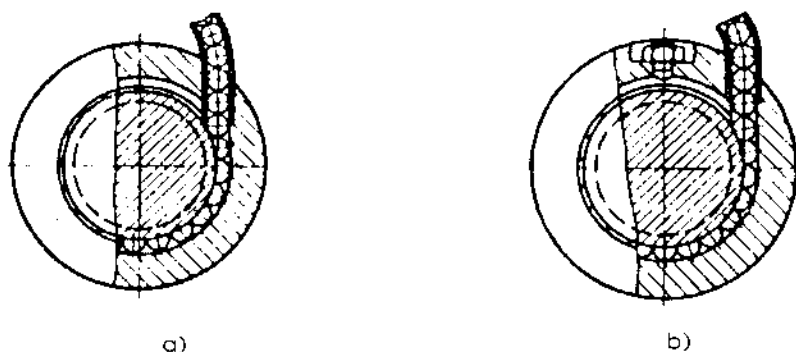
Vấn đề quan tâm trong kết cấu bộ truyền vít me – bi là dạng prophin răng vít me và đai ốc. Prophin răng vít me dạng chữ nhật và hình thang là prophin chế tạo dễ dàng nhất. Song do độ cong của hai bề mặt tiếp xúc làm việc khác nhau quá lớn dẫn đến ứng suất tiếp xúc tăng vì vậy khả năng tải của bộ truyền thấp. Vì vậy hai dạng prophin này ít được sử dụng. Tăng bề mặt làm việc có nghĩa là giảm ứng suất tiếp xúc, tăng khả năng tải, độ cứng vững của bộ truyền và giảm momen ma sát, prophin ren dạng tròn thỏa mãn điều kiện trên. Nếu đường kính của bi r_1 và đường kính prophin ren là nửa đường tròn có bán kính r_2 , người ta khuyến khích thước viên bi và prophin vít me và đai ốc nên lấy theo tỷ lệ $\frac{r_1}{r_2} = 0,95 \div 0,97$. Với prophin ren là nửa cung tròn, góc tiếp xúc của bộ

truyền có thể chế tạo đến $\alpha = 60^\circ$. Song bộ truyền chế tạo với góc tiếp xúc $\alpha = 45^\circ$ sẽ có khe hở nhỏ nhất và cho khả năng chế tạo với độ chính xác cao nhất. Hình 5-3 chỉ rõ dạng prophin ren nửa đường tròn.



Hình 5-3 Prophin ren nửa đường tròn.

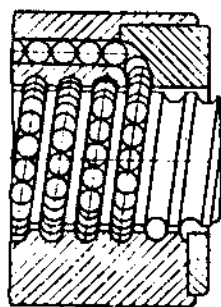
Một vấn đề cũng rất quan trọng trong kết cấu của bộ truyền là kết cấu hồi bi. Có nhiều dạng kết cấu hồi bi nhưng chúng ta có thể chia thành một số dạng cơ bản sau:



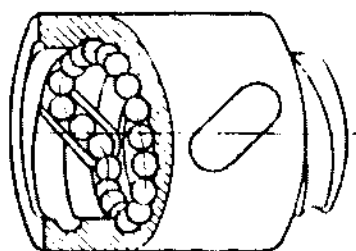
Hình 5-4 Rãnh hồi bi kiểu ống.

1- Rãnh hồi bi kiểu ống cong được dùng khá phổ biến trong các bộ truyền, dạng này được chỉ rõ trên hình 5-2.

Trên đai ốc người ta khoan lỗ tiếp tuyến với đường ren như chỉ ra trên hình 5-4. Việc dẫn hướng cho bi vào ổ hồi bi có thể dùng hai cách: (a) miệng ống hồi bi tì lên mặt ren của vít me chỉ ra trên hình 5-4a; (b) dùng tấm dẫn hướng để đưa bi vào ổ hồi bi như chỉ ra trên hình 5-4b. Trên đai ốc người ta có thể bố trí hai hoặc ba ống dẫn, phân bố thành hai hoặc ba vòng tuần hoàn kín. Kết cấu hồi bi kiểu này có nhược điểm là tăng kích thước bộ truyền, độ bền mòn của đầu ống thấp, kẹp chặt ống có độ tin cậy không cao.



Hình 5-5 Rãnh hồi bi theo lỗ khoan trong đai ốc.



Hình 5-6 Rãnh hồi bi giữa hai vòng ren kế tiếp.

2- Rãnh hồi bi là lỗ khoan trên thân đai ốc và song song với đường tâm đai ốc. Đường dẫn bi đến đường hồi bi được bố trí trên nắp của đai ốc được chỉ ra trên hình 5-5.

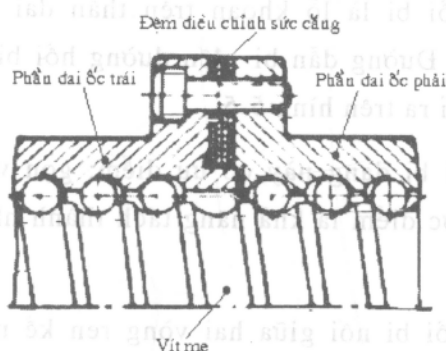
Kết cấu hồi bi dạng này có ưu điểm: gọn và tính công nghệ tốt song cũng có nhược điểm là khả năng tách thành nhiều nhóm hồi bi khó khăn.

3- Rãnh hồi bi nối giữa hai vòng ren kế nhau được bố trí trên máng lót đặc biệt. Để đặt máng lót rãnh hồi bi người ta phay trên đai ốc các hốc như chỉ ra trên hình 5-6. Kết cấu này khác với các kết cấu khác ở chỗ không sử dụng đường dẫn tiếp xúc với bề mặt vít me mà đường dẫn nối hai rãnh kế tiếp nhau. Phần lớn các bộ truyền người ta dùng ba hốc, các hốc cách nhau 120° . Kết cấu này có ưu điểm: (a) kích thước đường kính bộ truyền nhỏ bằng với kích thước của bộ truyền vít me thường có cùng đường kính; (b) không bị mòn nhanh; (c) có độ tin cậy cao; (d) chiều dài rãnh hồi bi nhỏ.

Kết cấu của bộ truyền vít me – bi cần phải có khả năng khử khe hở dọc trục và điều chỉnh sức căng ban đầu. Khử khe hở và tạo sức căng nhờ việc điều chỉnh vị trí tương quan giữa hai phần của đai ốc. Khử khe hở và tạo sức căng có thể thực hiện bằng các phương pháp sau:

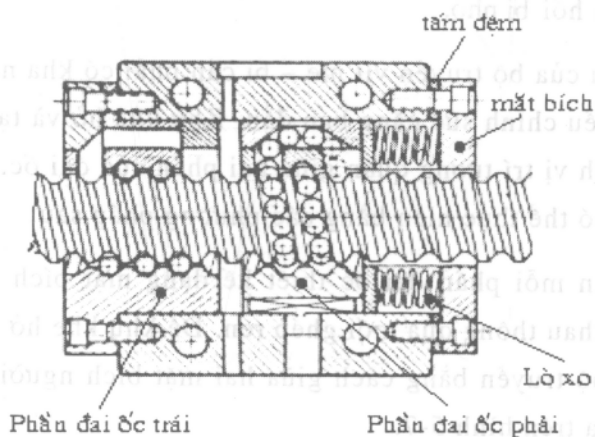
1- Trên mỗi phần đai ốc thiết kế dạng mặt bích để liên kết hai phần đai với nhau thông qua mối ghép ren. Để khử khe hở và tạo sức căng ban đầu cho bộ truyền bằng cách giữa hai mặt bích người ta đặt các tấm đệm như chỉ ra trên hình 5-7.

Với chiều dày tấm đệm khác nhau cho phép thay đổi sức căng và vị trí vùng tiếp xúc giữa bi với đai ốc và vít me. Thực hiện điều chỉnh theo phương pháp này có kết cấu đơn giản nhưng kết cấu này có nhược điểm là điều chỉnh khó.



Hình 5-7 Kết cấu khử khe hở và tạo sức căng ban đầu bằng tấm đệm.

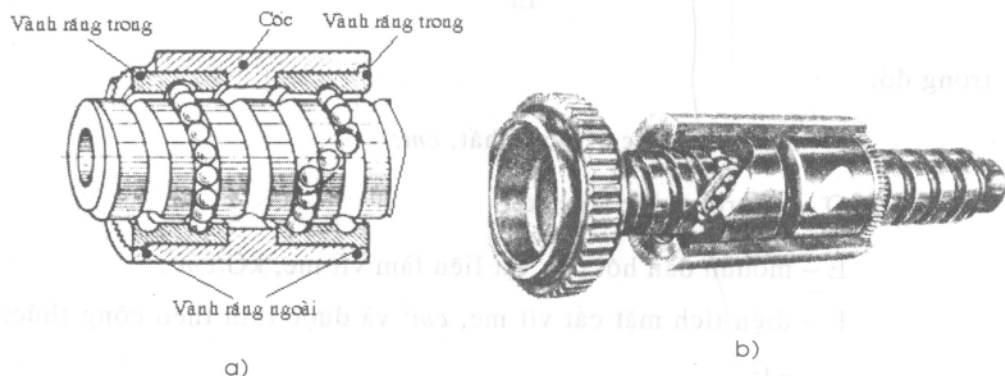
2- Một dạng khác kết cấu khử khe hở và tạo lực căng là giữ cố định một phần của đai ốc và khử khe hở, tạo sức căng ban đầu bằng lực của lò xo. Hình 5-8 là kết cấu dạng này. Trên hình 5-58 người ta cố định phần đai ốc trái và thay đổi vị trí đai ốc phải. Điều chỉnh lực lò xo thông qua các tấm đệm lắp trên mặt bích.



Hình 5-8 Kết cấu khử khe hở và tạo sức căng bằng lò xo.

3- Trên mỗi phần đai ốc, vành ngoài của nó có vành răng bước nhỏ và trong cốt bao cũng bố trí vành răng trong. Chú ý rằng số răng trên vành răng của hai phần đai ốc khác nhau một răng. Nhờ có sự khác nhau

này mà khi quay phần đai ốc đi một góc, phần đai ốc kia quay một góc nhỏ hơn. Nhờ vậy, kết cấu có khả năng khử khe hở và điều chỉnh sức căng ban đầu. Kết cấu dạng này chỉ ra trên hình 5-9a và Kết cấu thực tế chỉ ra trên hình 5-9b.



Hình 5-9 Kết cấu khử khe hở và tạo sức căng với đai ốc có vành răng.

5.4 TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BỘ TRUYỀN VIT ME – BI

5.4.1 Yêu cầu đối với bộ truyền được thiết kế

Khi thiết kế bộ truyền vít me – bi kích thước bộ truyền phải thỏa mãn hai thông số: tải trọng dọc trục cực đại, dịch chuyển dọc trục của cụm truyền (gồm ổ, vít me, đai ốc) vít me – đai ốc trong giới hạn cho phép. Nếu gọi δ_c dịch chuyển dọc trục của cụm truyền, δ_c được tính theo công thức:

$$\delta_c = \delta_o + \delta_v + \delta, \quad (5-4)$$

trong đó:

δ_o - biến dạng của ổ lắp trục vít me, μm ;

δ_v - biến dạng của trục vít me, μm ;

δ - biến dạng của bộ truyền, μm ;

Biến dạng của ổ có thể giảm được nhờ việc chọn ổ và giá trị sức căng ban đầu của ổ. Biến dạng của vít me tính theo công thức:

$$\delta_v = 10^4 \frac{l}{EF} Q, \quad (5-5)$$

trong đó:

l – chiều dài trục vít lớn nhất, cm ;

Q – tải trọng dọc trục, kG ;

E – modun đàn hồi của vật liệu làm vít me, kG/cm^2 ;

F – diện tích mặt cắt vít me, cm^2 và được tính theo công thức:

$$F = \frac{\pi d_v^2}{4}; d_v - \text{đường kính làm việc của vít me, } cm.$$

Giá trị δ phụ thuộc vào kích thước và sức căng của bộ truyền vì vậy sẽ được tính toán theo kích thước thiết kế.

5.4.2 Tính toán thiết kế bộ truyền

Các thông số ban đầu để thiết kế thường là chiều dài L của vít me (chiều dài vít me được thiết kế dựa trên cơ sở tính toán hành trình chuyển động của bàn máy), bước vít me, tải trọng Q , tốc độ n_{min} , n_{max} của vít me, thời gian làm việc, vật liệu trục vít me và đai ốc.

Người ta khuyên vật liệu trục vít me và đai ốc nên chọn vật liệu có ứng suất cho phép từ $2500 \div 30000 \text{ kG/cm}^2$. Độ cứng bề mặt tiếp xúc 60HRC.

1. Xác định đường kính vòng tròn tâm bi của bộ truyền.

Chiều dài L của vít me là khoảng cách giữa hai gối đỡ vít me, đường kính d_0 tâm bi tính toán theo công thức:

$$d_0 = \frac{L}{30} \quad (5-6)$$

Để đảm bảo bộ truyền nhỏ gọn người ta khuyên đường kính d_0 không nên lấy vượt quá giá trị $\frac{L}{30}$.

2. Xác định đường kính d_1 bi trên cơ sở bước t_v của vít me. Đường kính bi lớn khả năng tải cao trong điều kiện không có sức căng ban đầu. Nhưng đường kính bi bị giới hạn bởi chiều rộng giữa hai rãnh ren. Vì vậy đường kính bi được tính theo công thức:

$$d_1 \approx 0,6t_v \quad (5-7)$$

chú ý đường kính bi lấy giá trị nguyên lớn gần nhất.

3. Xác định góc nâng của prophin ren.

Góc nâng của ren được tính trên cơ sở bước vít me và hiệu suất của bộ truyền. Khi chọn góc nâng phải đảm bảo hiệu suất cao của bộ truyền lớn hơn 0,9. Góc nâng được tính theo công thức:

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{t_v}{\pi d_0} \quad (5-8)$$

Góc nâng của bộ truyền không được chọn dưới $2^{\circ}20'$ bởi vì ở góc nâng $2^{\circ}20'$ hiệu suất là 0,85.

4. Tính bán kính r_2 prophin ren vít me và đai ốc

$$r_2 = \frac{r_1}{0,96} \quad (5-9)$$

5. Xác định số bi tính toán và số bi làm việc.

Chọn vật có ứng suất cho phép $\delta_{cp} = 25000 \text{ kG/cm}^2$; môđun đàn hồi $E = 2,2 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2$; $\frac{r_1}{r_0} = 0,07 \div 0,2$ (r_0 - bán kính đường tròn tâm bi)

và $\alpha = 45^\circ$. Tải trọng tính cho phép tác dụng lên bi được tính theo công thức

$$P_{CP} = 2_{dl}^2 \quad (5-10)$$

6. Tính số viên bi bố trí trong một bước ren t_v . Nếu gọi số bi trên một bước ren là số bi tính toán Z_{TT} thì số bi tính toán tính gần đúng theo công thức :

$$Z_{TT} = \frac{\pi d_0}{d_l} \quad (5-11)$$

7. Tính tải trọng cho phép tác dụng trên một bước ren:

$$Q_{CP} = Z_{TT} \sin \alpha \cos \lambda P_{CP} \quad (5-12)$$

8. Nghiên cứu quá trình làm việc của bi trong một bước ren cho thấy chỉ khoảng 0,7 số bi trong bước đồng thời làm việc. Vì vậy số bi làm việc trong vít me - bi được tính :

$$Z_{LV} = \frac{Z_{TT}}{0,7} \quad (5-13)$$

9. Tính toán đường kính tâm vùng tiếp xúc d_{TXV} trên vít me:

$$d_{TXV} = d_0 - 2r_1 \cos \alpha \quad (5-14)$$

10. Tính toán đường kính đỉnh ren của trục vít me d_v dựa trên cơ sở đảm bảo vùng tiếp xúc nằm hoàn toàn trên phần làm việc của prophin:

$$d_v = d_0 - 2[(r_1 + r_3) \cos \alpha - r_3] \quad (5-15)$$

trong đó :

r_3 - góc lượn trên prophin ren và được lấy gần đúng $r_3 = 0,2r_1$.

11. Tính đường kính tâm vùng tiếp xúc d_{TXO} trên đai ốc

$$d_{TXO} = d_0 + 2r_1 \cos \alpha \quad (5-16)$$

12. Tính đường kính đỉnh d_{DO} của đai ốc

$$d_{DO} = d_0 + \frac{d_0 - d_v}{2} \quad (5-17)$$

bán kính lượn trên đai ốc $r_4 = 0,15 r_1$.

Kích thước cơ bản của vít me và đai ốc bộ truyền vít me-bi chỉ ra trên hình 5-10.

13. Tính toán lượng dịch chỉnh để điều chỉnh sức căng ban đầu.

Lựa chọn sức căng ban đầu phải chú ý đến hiệu suất của bộ truyền. Nếu tăng sức căng ban đầu làm giảm hiệu suất của bộ truyền, tăng momen không tải và xuất hiện dao động khi chuyển động đai ốc dọc theo trục vít. Cùng với tăng sức căng ban đầu là tăng tải trọng giới hạn, tăng khả năng tự hãm của bộ truyền. Để tạo sức căng ban đầu bằng cách chuyển tương đối giữa hai phần đai ốc. Lượng dịch chuyển trong điều kiện $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2$; $\frac{r_1}{r_2} = 0,96$; $\frac{r_1}{r_0} = 0,07 \div 0,2$; $\alpha = 45^\circ$ tính theo công thức:

$$\delta_C = 6^3 \sqrt{\frac{P_C^2}{d_1}} \quad (5-18)$$

trong đó:

δ_C – lượng dịch chuyển tương đối giữa hai phần đai ốc, μm ;

P_C – sức căng ban đầu.

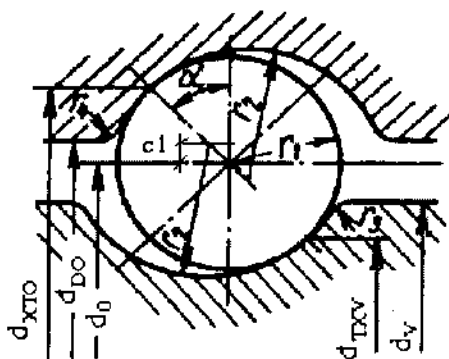
Từ công thức (5-17) lượng dịch chuyển lớn nhất có thể tính:

$$\delta_{C_{\max}} = 6^3 \sqrt{\frac{P_{C_{\max}}^2}{d_1}} \quad (5-19)$$

lượng dịch chuyển nhỏ nhất được theo công thức:

$$\delta_{C_{\min}} = 6\sqrt[3]{\frac{P_{C_{\min}}^2}{d_1}} \quad (5-20)$$

Để tính được sức căng ban đầu ta cần tính hệ số tuổi thọ của bộ truyền. Hệ số tuổi thọ K_0 tính theo công thức:



Hình 5-10 Kích thước bộ truyền vít me - bi.

$$K_0 = K_Q \sqrt[3]{\frac{60T_1 n C_i}{10^7}} \quad (5-21)$$

trong đó

K_Q – hệ số tải trọng biến đổi, thường lấy $K_Q = 0,9$;

T_1 – tuổi thọ của bộ truyền, thường lấy 5000 giờ;

n – số vòng quay tính toán của bộ truyền, tính theo công thức:

$$n = \frac{n_{\max} + n_{\min}}{2};$$

C_i – số chu kỳ tải trọng trọng một vòng quay của bộ truyền, tính theo công thức: $C_i = 0,5z_{LV} \left(1 + \frac{r_1}{r_0} \cos \alpha\right)$;

K_Q – hệ số tải trọng biến đổi. Khi không có sức căng ban đầu $K_Q = 0,6 \div 0,4$ $K_Q = 0,4 \div 0,6 \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}$ trong đó $Q_{\min}$ và $Q_{\max}$ là tải trọng lớn nhất và nhỏ nhất đặt lên trục. Khi có mặt sức căng ban đầu hệ số $K_Q = 0,9$.

Khi $K_Q > 1$ thì $Q_{CP} = \frac{Q_{CPT}}{K_Q}$, trong đó: Q_{CP} – tải trọng cho phép; Q_{CPT} – tải trọng tĩnh cho phép. Và $P_{CP} = \frac{P_{CPT}}{K_Q}$, trong đó: P_{CP} – lực cho phép; Q_{CPT} – lực tĩnh.

Khi $K_Q < 0$ thì $Q_{CP} = Q_{CPT}$ và $P_{CP} = P_{CPT}$

Tính lực căng cực đại:

$$P_{C\max} = P_{CP} \left(1 - 0,55 \frac{Q}{Q_{CP}} \right) \quad (5-22)$$

Tính lực căng cực tiểu :

$$P_{C\min} = 0,5 \frac{Q}{Z_{TT} \sin \alpha} \quad (5-23)$$

trong đó

Q_{CP} tính toán theo công thức: $Q_{CP} = 0,45 \text{ HB } \text{ kG/mm}^2$.

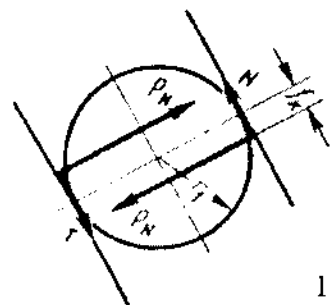
14. Tính hiệu suất của bội truyền.

Khi không có sức căng ban đầu hiệu suất tính theo công thức:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)} \quad (5-24)$$

trong đó λ - góc nghiêng của ren. Góc nâng được tính $\operatorname{tg} \lambda = \frac{t}{\pi d_0}$; ρ - góc ma sát.

Chúng ta cần phải xác định góc ma sát ρ . Từ điều kiện cân bằng lực ma sát trên bi



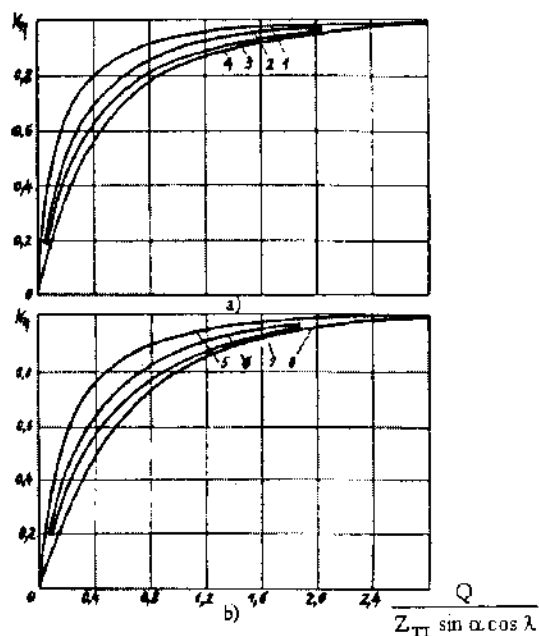
Hình 5-11 Sơ đồ lực tác dụng lên bi.

như chỉ ra trên hình 5-11. Góc ma sát có thể tính như sau

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{f_k}{r_l \sin \alpha} \quad (5-25)$$

trong đó :

f_k – hệ số ma sát lăn, với bề mặt mai hệ số $f_k = 0,001$.



Hình 5-12 Mối quan hệ giữa K_η và $\frac{Q}{Z_{TT} \sin \alpha \cos \lambda}$.

Trong trường hợp có mặt sức căng ban đầu có thể tính toán hiệu suất bộ truyền theo công thức :

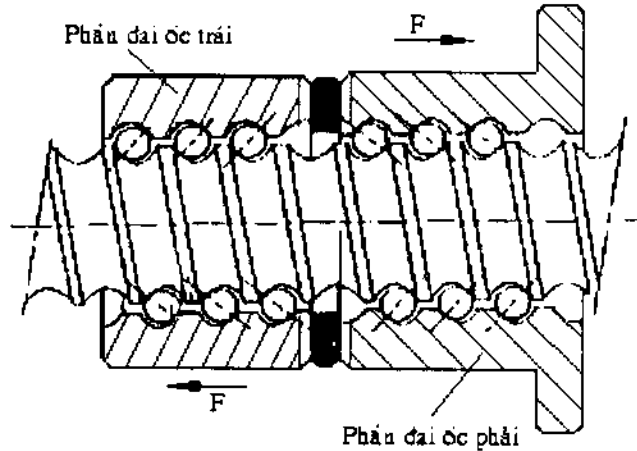
$$\eta_c = K_\eta \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)} \quad (5-26)$$

hệ số K_η xác định theo đồ thị trên hình 5-12.

15. Tính toán momen không tải.

Momen không tải M_{KT} của bộ truyền khi có sức căng ban đầu tính như sau:

$$M_{KT} = P_C Z_{TT} \sin \alpha \frac{d_v}{2} [\sin(\lambda + \rho) - \sin(\lambda - \rho)] \quad (5-27)$$



Hình 5-12 Sơ đồ chịu lực trên mỗi phần đai ốc.

16. Để khử khe hở dọc trục cả hai hướng vì vậy kết cấu đai ốc có kết cấu như chỉ ra trên hình 5-13. Với kết cấu đó chỉ có một phần đai ốc chịu lực theo mỗi hướng chịu lực. Nếu gọi K là số bước cần thiết của mỗi phần đai ốc được tính theo công thức:

$$K = \frac{Q}{Q_{CP}} \quad (5-28)$$

trong đó: Q - là tải trọng yêu cầu.

Khi tính toán thiết kế bộ truyền vít me – bi, kích thước kết cấu cơ bản chỉ ra trên hình 5-10 cho theo bảng 5-1 và bảng 5-2.

Bảng 5-1 Kích thước kết cấu bộ truyền vít me - bi

Kích thước đo bằng mm							
Vít me và đai ốc				Vít me			
d_0	t	r_2	cl	λ	d_{XTV}	d_V	r_3
20	4	1,30	0,035	3°39'	18,23	19,3	0,25
25	5	1,56	0,042	3°39'	22,88	24,2	0,3
30	6	1,82	0,049	3°39'	27,53	29	0,4
30	10	3,12	0,085	6°03'	25,76	28,2	0,6
35	6	1,82	0,049	3°24'	32,53	34	0,4
35	10	3,12	0,085	5°12'	30,76	33,2	0,6
40	6	1,82	0,049	2°44'	37,53	39,0	0,4
40	10	3,12	0,085	4°33'	35,76	38,2	0,6
45	8	2,6	0,071	3°15'	41,46	43,5	0,5
45	12	3,64	0,099	4°51'	40,05	42,9	0,7
50	8	2,60	0,071	2°55'	46,46	48,5	0,5
50	12	3,64	0,099	4°22'	45,05	47,9	0,7
60	8	2,6	0,071	2°26'	56,46	58,5	0,5
60	12	3,64	0,099	3°39'	55,05	57,9	0,7
70	10	3,12	0,085	2°36'	65,76	68,2	0,6
70	16	5,20	0,141	4°10'	62,93	67,0	1,0
80	10	3,12	0,085	2°17'	75,76	78,2	0,6
80	16	5,20	0,141	3°39'	72,93	77,0	1,0
90	12	3,64	0,099	2°26'	85,05	87,9	0,7
90	20	6,24	0,170	4°03'	81,52	86,4	1,2
100	12	3,64	0,099	2°11'	95,05	97,9	0,7
100	20	6,24	0,170	3°39'	91,52	96,4	1,2

Bảng 5-2 Kích thước kết cấu bộ truyền vít me - bi

Kích thước đo bằng mm							
Vít - Đài ốc	Đài ốc			Bi			Tải trọng (kG)
d_0	d_{xTO}	d_{DO}	r_2	d_i	Z_{TT}	Z_{LV}	
20	20,3	21,77	0,2	2,5	25	20	360
25	25,4	27,12	0,2	3,0	26	21	530
30	30,5	32,47	0,3	3,5	27	22	720
30	30,9	34,24	0,4	6,0	15	10	1000
35	35,5	37,47	0,3	3,5	31	26	910
35	35,9	39,24	0,4	6,0	18	13	1330
40	40,5	42,47	0,3	3,5	36	31	1080
40	40,9	44,24	0,4	6,0	21	16	1620
45	45,7	48,54	0,4	5,0	28	23	1650
45	46,0	49,95	0,5	7,0	20	15	2060
50	50,7	53,54	0,4	5,0	31	26	1860
50	51,0	54,95	0,5	7,0	22	17	2340
60	60,7	63,54	0,4	5,0	38	33	2420
60	61,0	64,95	0,5	7,0	27	22	3090
70	70,9	74,24	0,4	6,0	36	31	3260
70	71,5	77,07	0,7	10	22	17	4750
80	80,9	84,24	0,4	6,0	42	37	3900
80	81,5	87,07	0,7	10	25	20	5710
90	91,0	94,95	0,5	7,0	40	35	5020
90	91,8	98,48	0,9	12	23	18	7400
100	101,0	104,95	0,5	7,0	45	40	5720
100	101,8	108,48	0,9	12	26	21	8650

Tính toán bộ truyền vít me – bi cho máy phay điều khiển số với số liệu ban đầu: Chiều dài vít me $L=1800\text{mm}$, bước $t_v = 12\text{mm}$, lực dọc trục lớn nhất $Q = 800 \text{ kG}$, số vòng quay lớn nhất $n_{\max} = 50 \text{ vòng/phút}$, tốc độ nhỏ nhất $n_{\min} = 1 \text{ vòng/phút}$; thời gian làm việc 5000giờ.

GIẢI

1- Xác định đường kính bộ truyền:

$$d_0 = \frac{L}{30} = \frac{1800}{30} = 60 \text{ mm}$$

2- Các kích thước cơ bản của bộ truyền lựa chọn theo (bảng 5-1 và bảng 5-2): $\alpha = 45^\circ$; $d_1 = 7\text{mm}$; $\frac{r_1}{r_2} = 0,96$; $\lambda = 3^\circ 39'$; $Z_{TT} = 27$; $Z_{LV} = 22$; một phần của đai ốc có 3 bước ren vì vậy số bi của cả nửa đai ốc là $Z_{LV} = 22 \times 3 = 66$; tải trọng cho phép $Q_{CP} = 3090\text{kG}$

3- Tính toán bộ truyền theo tuổi thọ

Tính tốc độ trung bình n :

$$n = \frac{n_{\max} + n_{\min}}{2} = \frac{50 + 1}{2} = 25,5 \text{ vòng/phút}$$

Tính số chu kỳ tải trọng C_i :

$$c_i = 0,5Z_{LV}\left(1 + \frac{r_1}{r_0} \cos \alpha\right) = 0,5.22\left(1 + \frac{3,5}{30}.0,707\right) = 11,9$$

Tính K_0 :

$$K_0 = K_Q \sqrt[3]{\frac{60T_1 n c_i}{10^7}} = 0,9 \sqrt[3]{\frac{60.5000.25,5.11,9}{10^7}} = 1,88$$

Vì $K_0 > 1$ nên ta có:

$$P_{CP} = \frac{P_{CPT}}{K_0} = \frac{98}{1,88} = 52 \text{ kG}$$

$$Q_{CP} = \frac{Q_{CPT}}{K_0} = \frac{3090}{1,88} = 1640 \text{ kG}$$

4- Xác định lực căng ban đầu

Tính lực căng ban đầu cực đại:

$$P_{Cmax} = P_{CP} \left(1 - 0,55 \frac{Q}{Q_{CP}}\right) = 52 \left(1 - 0,55 \frac{800}{1640}\right) = 38 \text{ kG}$$

Tính sức căng ban đầu nhỏ nhất:

$$P_{Cmin} = 0,5 \frac{Q}{Z_{TT} \sin \alpha} = 0,5 \frac{800}{46 \cdot 0,707} \approx 12 \text{ kG}$$

$$(Z_{TT} = 0,7 \quad Z_{LV} = 0,7 \cdot 66 \approx 46)$$

5- Tính lượng dịch chỉnh tạo sức căng ban đầu

Khi cần tạo lực căng $P_{Cmax} = 38$ cần lượng dịch chỉnh một lượng:

$$\delta_{Cmax} = 6 \sqrt[3]{\frac{P_C^2}{d_l}} = 6 \sqrt[3]{\frac{38^2}{7}} = 35,5 \text{ } \mu\text{m}$$

Khi cần tạo ra lực căng $P_{Cmin} = 12$ cần dịch chỉnh một lượng:

$$\delta_{Cmin} = 6 \sqrt[3]{\frac{P_C^2}{d_l}} = 6 \sqrt[3]{\frac{12^2}{7}} = 16,5 \text{ } \mu\text{m}$$

6- Xác định hiệu suất của bộ truyền

Tính góc ma sát :

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{f_k}{r_l \sin \alpha} = \frac{0,001}{0,35 \cdot 0,707} = 0,00404$$

từ đó $\rho = 0^{\circ}14'$

Xác định hệ số K_{η} . Để tìm hệ số này ta tính :

$$\frac{Q}{Z_{LV} \sin \alpha P_C} = \frac{800}{46.0,707.12} = 2,04$$

Tra trên đồ thị (hình 5-12) hệ số $K_\eta = 0,97$

Hiệu suất bộ truyền:

$$\eta = K_\eta \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)} = 0,97 \frac{0,0638}{0,0679} = 0,91$$

7- Tính toán momen không tải

$$\begin{aligned} M &= P_C Z_{TT} \sin \alpha \frac{d_{TXV}}{2} [\sin(\lambda + \rho) - \sin(\lambda - \rho)] = \\ &12.46.0,707. \frac{55,05}{2} [0,0678 - 0,0596] = 88,1 \text{ kGcm} \end{aligned}$$

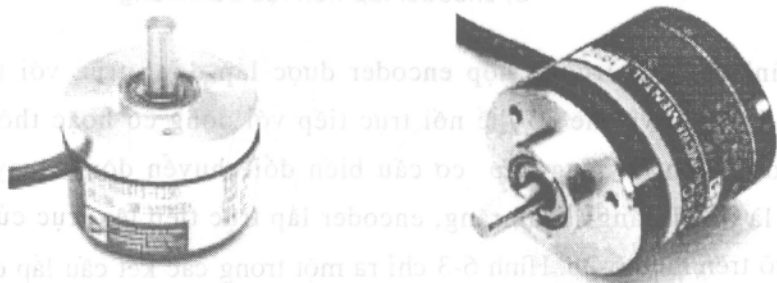
6

THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN TRONG MÁY CÔNG CỤ CNC

6.1 ENCODER

6.1.1 Các dạng encoder và ứng dụng

Nhiệm vụ của encoder là đo lường dịch chuyển thẳng hoặc góc đồng thời chuyển đổi vị trí góc hoặc vị trí thẳng thành tín hiệu nhị phân và nhờ tín hiệu này có thể xác định được vị trí trục hoặc bàn máy. Tín hiệu ra của encoder cho dưới dạng tín hiệu số. Encoder được sử dụng làm phần tử chuyển đổi tín hiệu phản hồi trong các máy CNC và robot. Hình 6-1 là encoder kiểu quay thường được sử dụng trong các thiết bị công nghiệp.

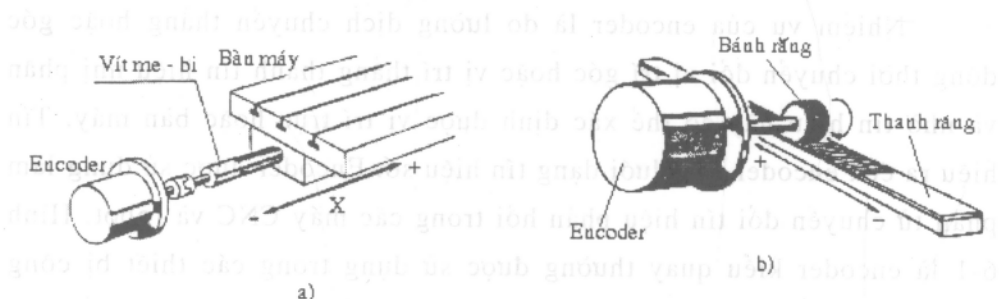


Hình 6-1 Encoder kiểu quay.

Tùy thuộc vào chuyển động của encoder mà người ta chia nó thành hai kiểu: thẳng và quay. Nguyên lý hoạt động hoàn toàn giống nhau nhưng encoder thẳng có điểm khác cơ bản so với encoder quay là chiều

dài của encoder thẳng phải bằng tổng chuyển động thẳng tương ứng có nghĩa là chiều dài cần đo phải bằng chiều dài thước. Vì vậy encoder thẳng thường đắt hơn nhiều so với encoder dạng quay. Encoder quay chỉ là một đĩa nhỏ và kích thước encoder không phụ thuộc vào khoảng cách đo. Vì vậy kích thước của nó nhỏ gọn hơn nhiều so với encoder dạng thẳng. Encoder quay có thể dùng để đo cả hai thông số dịch chuyển và tốc độ.

Trong máy công cụ điều khiển số, chuyển động bàn máy được dẫn động từ một động cơ (động cơ bước, động cơ một chiều hoặc động cơ xoay chiều) qua vít me - đai ốc-bi tới bàn máy. Vị trí bàn máy có thể xác định được nhờ encoder lắp trong cụm truyền dẫn.

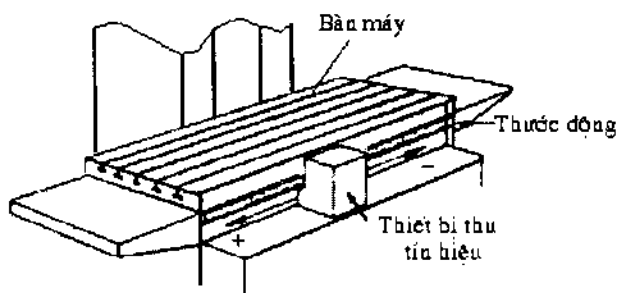


Hình 6-2 a) Encoder lắp trên trục vít me.
b) Encoder lắp trên trục bánh răng.

- Hình 6-2a là trường hợp encoder được lắp đồng trục với trục vít me, phía bên kia vít me có thể nối trực tiếp với động cơ hoặc thông qua hộp tốc độ. Trong trường hợp cơ cấu biến đổi chuyển động quay thành tịnh tiến là thanh răng- bánh răng, encoder lắp trực tiếp lên trục của bánh răng chỉ rõ trên hình 6-2b. Hình 6-3 chỉ ra một trong các kết cấu lắp encoder kiểu thẳng trên bàn máy.

Độ chính xác vị trí của bàn máy phụ thuộc vào độ chính xác chế tạo vít me - đai ốc bi, biến dạng của bộ truyền, lắp ráp và các yếu tố khác như nhiệt độ môi trường. Do chuyển động thẳng bàn máy bằng encoder

quay là phương pháp đo vị trí kiểu gián tiếp. Encoder quay chia thành hai loại: encoder tuyệt đối và encoder gia số.



Hình 6-3 Encoder thẳng lắp trên bàn máy phay.

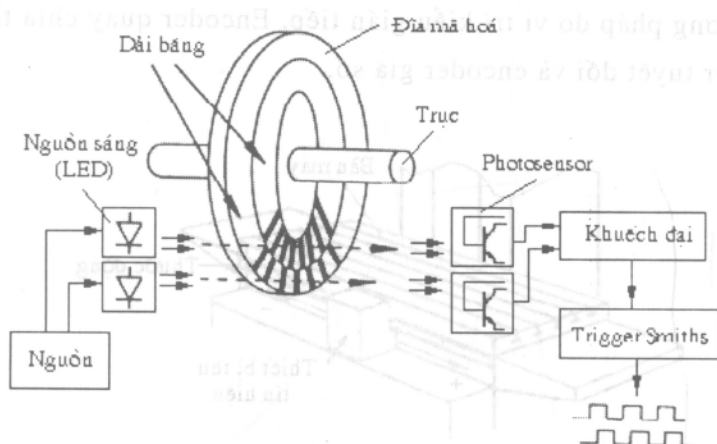
6.1.2 Encoder tuyệt đối

Encoder kiểu tuyệt đối, kết cấu gồm các thành phần sau: nguồn sáng, đĩa mã hoá và các phototetor được chỉ rõ trên hình 6-4.

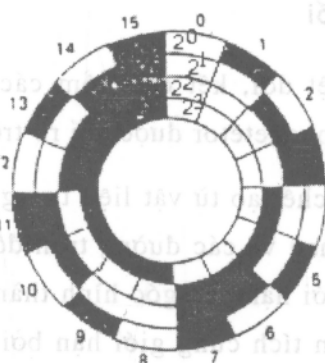
Đĩa mã hoá được chế tạo từ vật liệu trong suốt. Người ta chia mặt đĩa thành các góc đều nhau và các đường tròn đồng tâm. Các đường tròn đồng tâm và bán kính giới hạn các góc hình thành các phân tố diện tích. Tập hợp các phân tố diện tích cùng giới hạn bởi hai vòng tròn đồng tâm gọi là dải băng. Số dải băng trên mặt đĩa tùy thuộc khả năng công nghệ. Công nghệ hiện nay cho phép chia mặt đĩa mã hoá lớn nhất là 12 dải. Trên các dải băng, các diện tích phân tố có phân tố để trong suốt (ánh sáng có thể xuyên qua được) và cũng có phân tố được phủ lên nó một lớp mà ánh sáng không thể chiếu xuyên qua được. Sự trong suốt và không trong suốt đặc trưng đặc tính của các phân tố.

Hình 6-5 là ví dụ về cấu trúc của đĩa encoder đơn giản với mã hóa nhị phân. Đĩa được chia thành 16 góc đều nhau tương ứng mỗi góc

$$\frac{360^\circ}{16} = 22,5^\circ \text{ và 4 dải băng.}$$



Hình 6-4 Các thành cơ bản phần encoder.



Hình 6- 5 Đĩa encoder quay - tuyệt đối dùng mã nhị phân .

Trên đĩa có 64 phân tố diện tích. Phân tố diện tích trong suốt tương ứng với vùng không tô đen chỉ ra trên (hình 6-5) và diện tích không trong suốt được tô đen. Mỗi góc chia biểu diễn một số nhị phân vì vậy trên đĩa mã hóa khảo sát biểu diễn 16 số nhị phân ví dụ góc thứ “0” biểu diễn số nhị phân 1111, góc thứ “1” biểu diễn số nhị phân 1110.

Nguyên lý hoạt động của encoder tuyệt đối được mô tả trên hình 6-4. Đĩa mã hoá lắp trên trục, đối diện qua đĩa mã hóa phía bên trái (hình 6-4) người ta bố trí nguồn sáng (LED), phía bên kia đĩa (bên phải) người

ta bố trí các photosensor, khuếch đại và trigger Smiths. Tương ứng với mỗi dải băng người ta lắp nguồn sáng. Trường hợp khảo sát có hai dải băng vì vậy người ta bố trí hai nguồn sáng (2 đèn LED). Bên phải người ta cũng bố trí tương ứng với mỗi đèn LED là một photosensor. Trong trường hợp khảo sát dùng 2 photosensor. Nguồn sáng và các photosensor được lắp cố định. Khi ánh sáng từ nguồn sáng chiếu tới đĩa mã hoá, nếu đối diện với tia sáng là điện tích phân tử trong suốt, ánh sáng xuyên qua đĩa tới photosensor làm xuất hiện dòng chảy qua photosensor. Nếu đối diện với tia sáng là điện tích phân tử bị phủ lớp chắn sáng, ánh sáng không tới được photosensor và trong photosensor không có dòng điện chảy qua. Dòng ra của photosensor nhỏ, vì vậy thường được đưa tới bộ khuếch đại, khuếch đại tín hiệu lên đủ lớn trước khi đưa tới tầng tiếp theo. Do quá trình quay đĩa mã hoá, cường độ ánh sáng tăng từ nhỏ đến cực đại (tia sáng xuyên qua hoàn toàn) và tiếp theo giảm dần đến khi tia sáng bị chặn hoàn toàn lúc đó dòng trong photosensor bằng không. Vì vậy để có xung ra là xung vuông người ta cho tín hiệu qua mạch sửa dạng xung trigger Smiths. Dạng xung ra như chỉ ra trên hình 6-4.

Gọi số góc trên đĩa là S và số dải là a , quan hệ giữa số góc và số dải biểu diễn theo công thức sau:

$$S = 2^a \quad (6-1)$$

trong đó: a – số nguyên dương.

Ví dụ, nếu đĩa có số dải băng $a = 8$, số góc trên đĩa cần phải chia $S = 2^8 = 256$.

Giá trị góc chia trên đĩa mã hoá α , tính theo công thức:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{S} \quad (6-2)$$

Ví dụ 6- 1 : Xác định số góc và giá trị góc tính theo độ của encoder tuyệt đối với số dải băng là 10 ?

GIẢI

Số góc của encoder cần chia :

$$S = 2^{10} = 1024 \text{ góc/vòng.}$$

Giá trị mỗi góc tính theo độ :

$$\alpha = \frac{360^{\circ}}{2^{10}} = \frac{360^{\circ}}{1024} = 0,3515^{\circ}$$

Ví dụ 6- 2 : Cho giá trị góc của encoder tuyệt đối $\alpha = 5,625^{\circ}$. Hãy tính số băng trên đĩa.

GIẢI

Từ công thức (6-2), tính số góc trên đĩa của encoder:

$$S = \frac{360^{\circ}}{\alpha} = \frac{360^{\circ}}{5,625^{\circ}} = 64$$

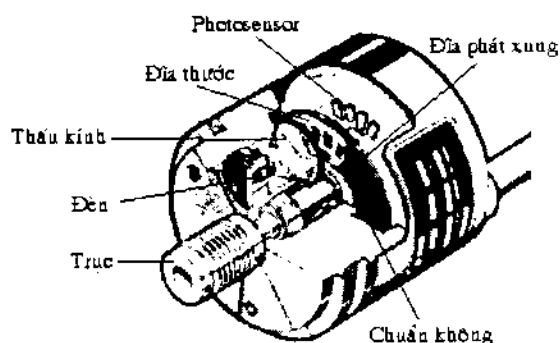
Tính số dải băng trên đĩa theo công thức (6-1): $S = 2^a$

lấy logarit hai vế ta có: $\lg S = a \lg 2; \quad a = \frac{\lg S}{\lg 2} = \frac{\lg 64}{\lg 2} = 6$

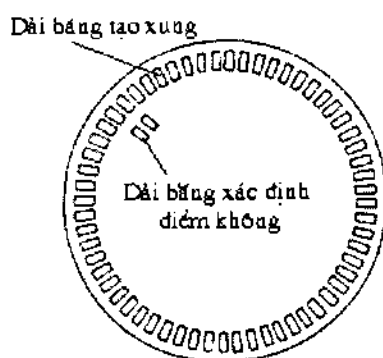
6.1.3 Encoder gia số

Encoder gia số được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp. Encoder gia số có hai kiểu: kiểu thẳng và kiểu quay. Kết cấu của encoder kiểu quay chỉ rõ trên hình 6-6. Encoder quay gồm có: nguồn sáng (trong kết cấu này nguồn sáng là bóng đèn), thấu kính, đĩa thước cố định, đĩa phát xung, photosensor và mạch điện.

Đĩa phát xung được làm bằng vật liệu trong suốt, trên nó có một hoặc hai dải băng (dải băng là tập hợp các vạch sáng tối có chiều dày giống nhau). Một trong hai dải băng trên đĩa làm nhiệm vụ tạo xung, dải băng còn lại dùng để xác định góc không quy chiếu. Hình 6-7 chỉ ra một dạng đĩa phát xung với hai dải băng. Đĩa phát xung được lắp trên trục và chuyển động quay cùng với trục. Đĩa thước (thước cố định) có xẻ bốn rãnh trên cùng một hàng, rãnh xẻ thứ năm bố trí trên hàng riêng và thước được cố định trên vỏ cùng với phía với photosensor.



Hình 6-6 Encoder gia số dạng quay.

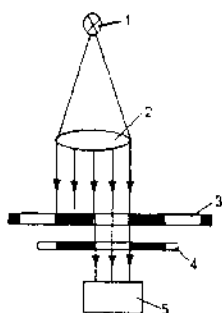


Hình 6-7 Đĩa phát xung với hai dải băng.

Tương ứng với năm rãnh trên thước cố định người ta lắp năm photosensor. Photosensor cũng được cố định với vỏ encoder.

Thấu kính làm nhiệm vụ biến đổi đường đi của tia sáng thành các tia song song.

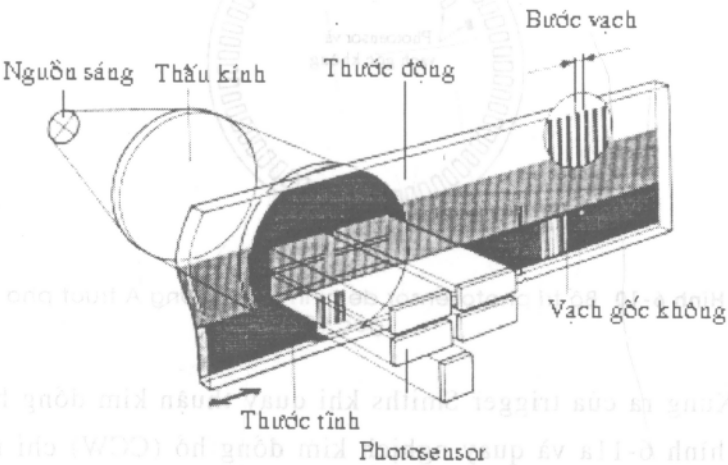
Hình 6-8 chỉ ra nguyên lý hoạt động của encoder gia số. Ánh sáng từ nguồn sáng 1 qua thấu kính 2 biến đổi thành các tia sáng song song tới thước động 3 (đĩa phát xung). Vì thước động 3 chuyển động nên có thể xem thước 4 là cửa sổ và thước 3 như là cánh cửa sổ đóng mở điều khiển ánh sáng tới photosensor 5. Khi cửa sổ mở rộng dần cường độ ánh sáng tăng dần, dòng trong photosensor cũng tăng dần và dòng cực đại khi cửa sổ mở hoàn toàn. Khi cửa sổ khép dần dòng trong photosensor cũng giảm dần và bằng không khi cửa sổ đóng kín hoàn toàn. Với cách bố trí hợp lý hai cặp hai photosensor trên bốn rãnh của thước cố định người ta thu được sóng sin và sóng cosin. Một trong hai cặp photosensor cho ta tín hiệu xung và kết hợp hai sóng sin và cosin cho phép ta xác định chiều chuyển động của thước động (xác định chiều chuyển động của encoder sẽ được trình bày trong các mục tiếp theo).



Hình 6-8 Nguyên lý hoạt động của encoder gia số.

Encoder gia số kiểu thẳng cũng có các thành phần cơ bản như encoder gia số kiểu quay nhưng chỉ khác là thước động là thước thẳng.

Nguyên lý hoạt động của nó hoàn toàn giống như nguyên lý hoạt động của encoder gia số kiểu quay thể hiện rõ trên hình 6-9.



Hình 6-9 Nguyên lý hoạt động của encoder gia số kiểu thẳng.

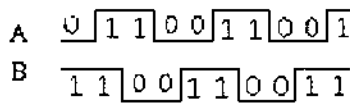
Một vấn đề đặt ra là làm thế nào bộ đếm biết được hướng chuyển động quay của trục encoder thuận chiều kim đồng hồ hay nghịch chiều kim đồng hồ để thực hiện đếm tiến hoặc lùi?. Để xác định chiều của encoder người ta dùng giải pháp bố trí hợp lý các photosensor. Hai photosensor dùng chung một nguồn sáng và bố trí các photosensor như chỉ ra trên hình 6-10. Với cách bố trí này dòng chảy qua photosensor A có dạng sóng sin và photosensor B có dạng cosin có nghĩa là hai sóng A và B trượt nhau một góc 90° độ pha.

Khoảng cách bố trí hai photosensor được tính theo công thức $(n-1/4)T$, trong đó T là bước góc của encoder, n là số nguyên lấy $n=1,2,...$, có nghĩa là hai photosensor cần phải đặt cách nhau một khoảng bằng $1/4T$. Sóng trên cổng ra của photosensor được đưa tới IC trigger Smiths để sửa thành xung vuông.



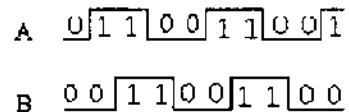
Hình 6-10 Bố trí photosensor để hình thành sóng A trượt pha so với sóng B góc 90° .

Xung ra của trigger Smiths khi quay thuận kim đồng hồ (CW) chỉ ra trên hình 6-11a và quay nghịch kim đồng hồ (CCW) chỉ ra trên hình 6-11b.



Quay thuận
kim đồng hồ

a)



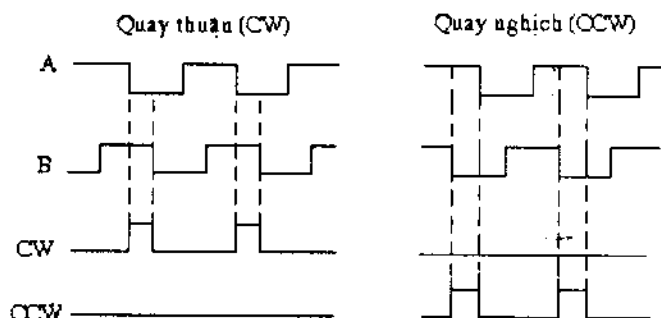
Quay ngược
kim đồng hồ

b)

Hình 6-11 a) Xung ra của các photosensor khi encoder quay chiều kim đồng hồ.
b) Xung ra của các photosensor khi encoder quay ngược kim đồng hồ.

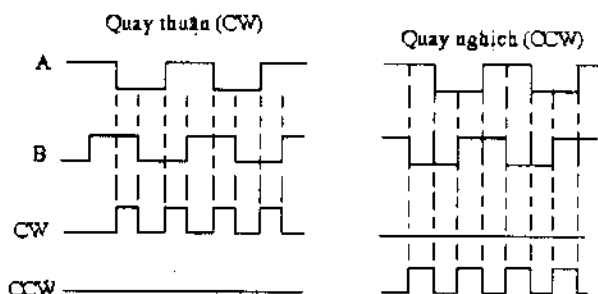
Để xác định chiều quay của trục bằng cách so sánh sự xuất hiện của sóng B với sóng A. Khi quay nghịch sóng B vượt trước sóng A một góc 90° pha và khi quay thuận sóng A vượt trước sóng B một góc pha 90° pha hay bằng $1/4$ góc đo. Với cách lắp mạch logic thích hợp cho phép phân biệt được chiều quay của encoder. Có các giải pháp thực hiện xác định chiều quay sau:

1- Khi sườn phải của xung A đi xuống và xung B đang ở mức cao chỉ định rằng encoder quay theo kim đồng hồ và ngược lại khi sườn phải của xung A đi xuống và xung B đang ở mức thấp, encoder quay ngược chiều kim đồng hồ chỉ ra trên hình 6-12.



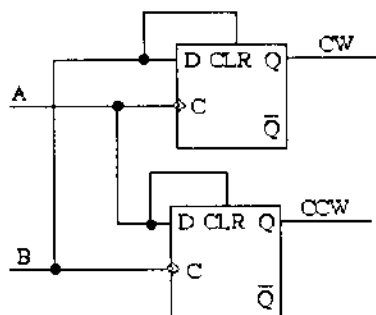
Hình 6-12 Chiều quay xác định theo sườn xuống xung A và mức cao xung B.

2- Khi sườn phải xung A đi xuống, xung B đang ở mức cao và khi sườn trái xung A đi lên, xung B đang ở mức thấp tương ứng với trường hợp trục encoder quay thuận và khi sườn phải xung A đi xuống, xung B đang ở mức thấp và sườn trái của xung A lên, xung B đang ở mức cao là trường hợp trục encoder quay ngược kim đồng hồ chỉ rõ trên hình 6-13.



Hình 6-13 Chiều quay xác định theo sườn lên, xuống xung A và mức cao, thấp xung B

Hình 6-14 chỉ ra một mạch logic đơn giản dùng hai D-flip-flop để xác định chiều quay của encoder theo giải pháp (1)



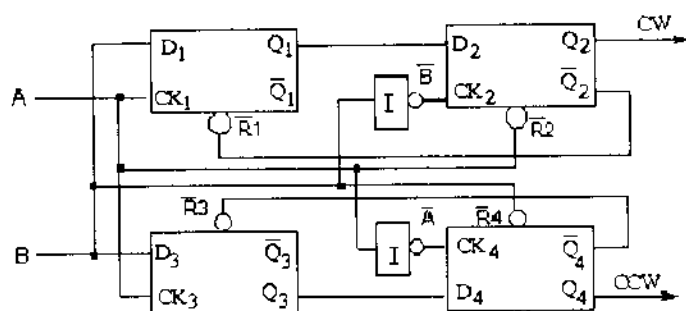
Hình 6-14 Mạch xác định chiều quay encoder .

Mạch xác định chiều quay (hình 6-14) có độ chính xác thấp vì ở thời điểm thay đổi chiều quay xuất hiện xung quay thuận không đúng làm giảm độ chính xác và mạch rất nhạy với sự dao động của đĩa encoder.

Khi đĩa encoder bị rung làm quá trình xác định chiều quay không thực hiện ngay được nên người ta còn gọi encoder có hiệu ứng này là "encoder trễ". Mạch xác định chiều quay của encoder có độ chính xác cao hơn gồm có bốn IC và hai phân tử đảo chỉ ra trên hình 6-15. Texas instruments đã sản xuất IC SN74LS2000 chuyên dùng cho mạch xác định chiều quay của encoder.

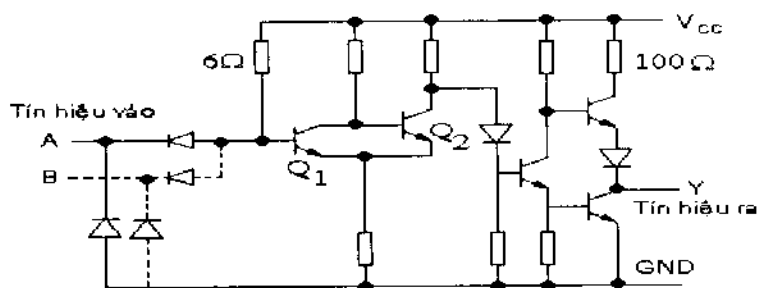
Như ta đã biết dòng qua photosensor phụ thuộc vào cường độ ánh sáng gửi tới nó vì vậy dòng qua photosensor không ổn định.

Dạng tín hiệu ra của photosensor có dạng gần giống với hình 6-17a. Để đảm bảo điều khiển ổn định cần sửa dạng tín hiệu thành xung vuông. Mạch sửa tín hiệu thành xung vuông thường dùng là mạch dùng trigger Smiths.



Hình 6-15 Mạch xác định chiều quay có độ chính xác cao.

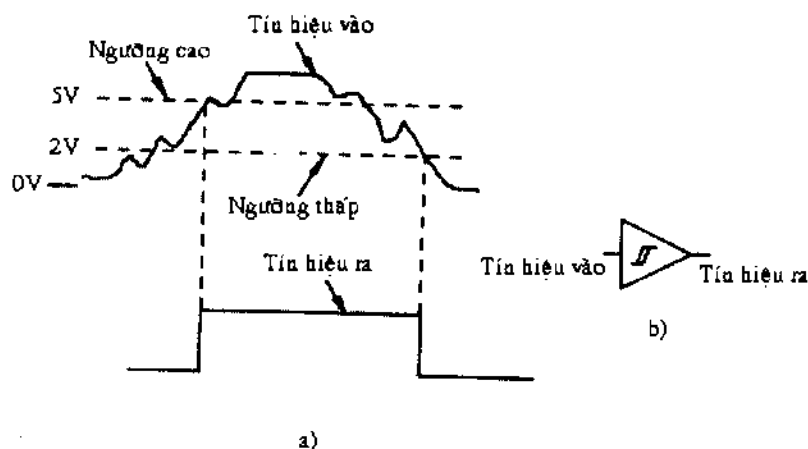
Hình 6-16 là sơ đồ nguyên lý của một kiểu mạch trigger Smiths. Mạch được sử dụng vì nó có đặc tính chuyển đổi điện áp không đối xứng theo mức ngưỡng tín hiệu vào khác nhau, mức ngưỡng đang dương lên và mức ngưỡng đang âm đi. Mạch trigger Smiths có bộ nhớ trạng thái gồm hai transistor Q_1 , Q_2 với cùng điện trở emitter.



Hình 6-16 Nguyên lý một kiểu mạch trigger Smiths

Khi dòng chảy qua Q_2 , điện áp rơi trên điện trở emitter làm thay đổi trạng thái chuyển mạch cho Q_1 , ví dụ để chuyển sóng tín hiệu dạng (hình 6-17a) dùng mạch trigger Smiths có trạng thái cao là +5V có nghĩa là khi tín hiệu dương lên đến +5V đóng mạch. Nó nhớ trạng thái tín hiệu vào của nó cho đến khi điện áp âm xuống +2V

chuyển mạch được ngắt. Hiện nay, trigger Smiths được thiết kế từ các flip-flops ví dụ như IC trigger Smiths - 74LS14 chứa sáu trigger trên một chip và mỗi trigger có một cổng NOT ở cửa ra, IC 4093, IC 40106 ...trigger Smiths được ký hiệu như hình 6-17b.



Hình 6-17 Tín hiệu vào - ra của trigger Smiths.

So sánh encoder gia số với encoder tuyệt đối, encoder gia số có bốn ưu điểm sau:

1. Chúng đơn giản và rẻ tiền.
2. Chúng không cần mạch giải mã mà chỉ cần một bộ đếm.
3. Dải đo chỉ bị giới hạn bởi đặc tính của bộ đếm (tốc độ đếm)

4. Với encoder gia số có điểm không vì vậy gốc đo có thể chọn bất kỳ ở điểm nào bằng cách đặt lại bộ đếm. Trái lại nó có những nhược điểm sau:

1. Encoder gia số không đo được vị trí tuyệt đối mà chỉ đo sự thay đổi gia số vì vậy sai số đo có tính tích lũy.

2. Khi ngắt nguồn điện làm mất gốc "không" của hệ thống do vậy hệ thống do không xác định được vị trí của nó. Muốn đo được phải xác định lại điểm gốc "không" đo.

3. Encoder gia số rất nhạy với các tín hiệu tác động từ ngoài vào.

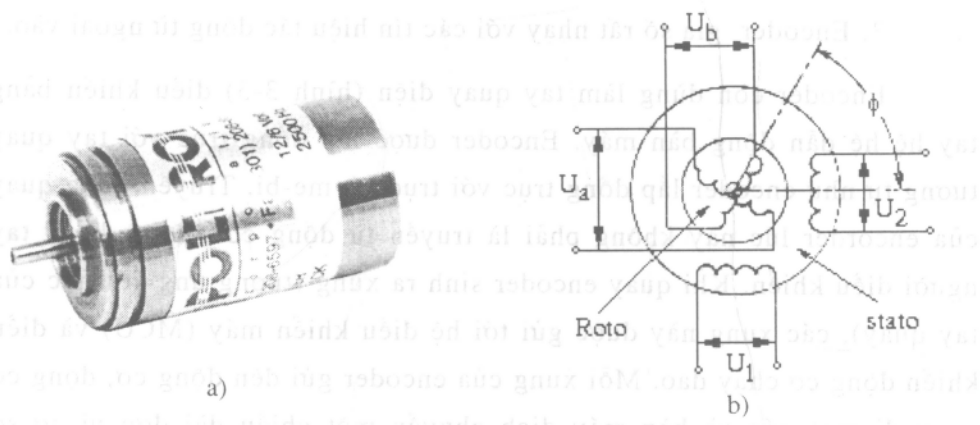
Encoder còn dùng làm tay quay điện (hình 3-3) điều khiển bằng tay hệ dẫn động bàn máy. Encoder được lắp đồng trục với tay quay tương tự như encoder lắp đồng trục với trục vít me-bi. Truyền động quay của encoder lúc này không phải là truyền từ động cơ tới mà là từ tay người điều khiển. Khi quay encoder sinh ra xung (tương ứng với góc của tay quay), các xung này được gửi tới hệ điều khiển máy (MCU) và điều khiển động cơ chạy dao. Mỗi xung của encoder gửi đến động cơ, động cơ quay đi một góc và bàn máy dịch chuyển một chiều dài đơn vị cơ sở (BCS) theo chiều xác định. Như vậy tay quay điện thực hiện chức năng dịch chuyển bàn máy bằng tay trong điều khiển máy công cụ điều khiển số. Tần số xung phát ra của encoder là hàm tốc độ quay của tay quay.

6.2 RESOLVER

Resolver là thiết bị đo kiểu tương tự, dùng để đo vị trí hoặc tốc độ. Thiết bị đo theo nguyên tắc cảm ứng điện từ. Điện áp tín hiệu vào tỷ lệ với vị trí góc hoặc tốc độ trục của resolver. Resolver có cấu trúc giống như một động cơ điện xoay chiều loại nhỏ. Hình 6-18a là một kiểu resolver thường gặp trong các máy CNC. Nó gồm roto, stato, trên roto người ta lắp hai cuộn dây và đặt chúng vuông góc với nhau và stato cũng có hai cuộn dây đặt vuông góc với nhau 90° như trên roto, các thành phần và bố trí cuộn dây trên roto và stato chỉ ra trên hình 6-18b .

Nếu một trong hai cuộn dây của stato được cấp điện áp xoay chiều. Trên cả hai cuộn roto xuất hiện điện áp và điện áp cực đại trên các cuộn

dây khi roto và stato thẳng hàng nhau. Điện áp trong cuộn roto bằng không khi cuộn dây của roto và stato vuông góc với nhau.



Hình 6-18. a) Hình dáng chung của một kiểu resolver.
b) Sơ đồ bố trí dây trong resolver.

Resolver lắp trên trục động cơ nên luôn quay, vì vậy điện áp ra trên hai cuộn roto một cuộn điện áp biến thiên theo dạng sóng sin cuộn thứ hai theo dạng sóng cosin. Tương tự như vậy nếu ta cấp điện áp xoay chiều vào một trong hai cuộn dây của roto, trên hai cuộn dây của stato cho điện áp dạng sóng sin và cosin.

Nếu kích thích vào hai cuộn stato bởi hai tín hiệu có cùng biên độ cùng tần số nhưng lệch pha nhau 90° có nghĩa là:

$$\begin{aligned} U_1(t) &= U \cos \omega t \\ U_2(t) &= U \sin \omega t \end{aligned} \tag{6-3}$$

Điện áp đưa ra trên các cuộn dây roto có hai thành phần:

$$\begin{aligned} U_a &= U_1 \sin \phi + U_2 \cos \phi \\ U_b &= U_1 \cos \phi - U_2 \sin \phi \end{aligned} \tag{6-4}$$

trong đó ϕ là góc đã cho của roto.

Thay (6-3) vào (6-4) ta có điện áp ra trên các cuộn roto:

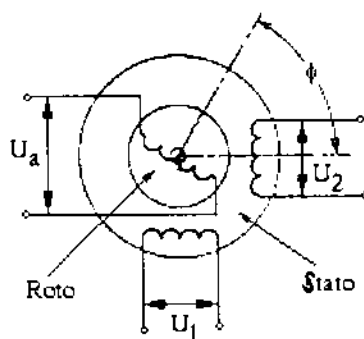
$$\begin{aligned} U_a &= U \sin(\omega t + \phi) \\ U_b &= U \cos(\omega t + \phi) \end{aligned} \quad (6-5)$$

Trong máy CNC Resolver được dùng để đo vị trí và được lắp ở một đầu của trục vít me-bi, đầu kia của vít me lắp trực tiếp với động cơ hoặc động cơ nối với trục vít me -bi thông qua hộp tốc độ. Tín hiệu ra từ resolver dùng làm tín hiệu phản hồi. Góc pha của tín hiệu phản hồi xác định vị trí tức thời của trục, ví dụ roto quay một góc 90° góc trượt pha của tín hiệu ra trên stato cũng sẽ bằng 90° so với chuẩn.

Chú ý rằng resolver dùng trong máy CNC roto chỉ có một cuộn dây trên roto như chỉ ra trên hình 6-19.

Điện áp ra của cuộn dây trên roto U_a :

$$U_a = U \sin(\omega t + \phi) \quad (6-6)$$



Hình 6-19 Sơ đồ bố trí dây trong resolver dùng trong máy CNC.

Trong trường hợp cấp cho cuộn roto một tín hiệu dạng $A \sin(\omega t)$ theo tài liệu [1] điện áp chạy qua hai cuộn dây trên stato sẽ là:

$$U_1(t) = U \sin(\omega t) \sin \theta \quad (6-7)$$

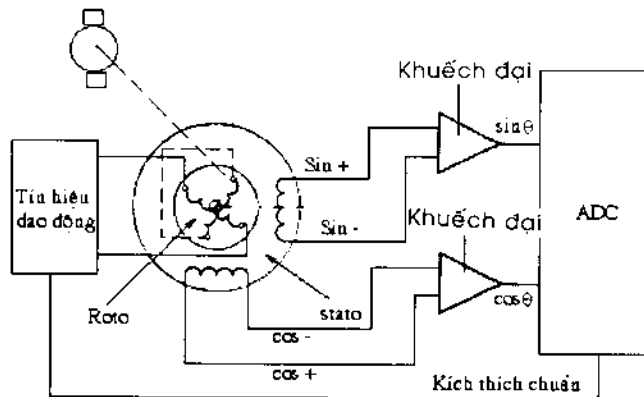
$$U_2(t) = U \sin(\omega t) \cos \theta$$

6-8)

trong đó θ - góc của roto đối với stato.

Bây giờ chúng ta xem xét ứng dụng của resolver trong hệ điều khiển máy CNC.

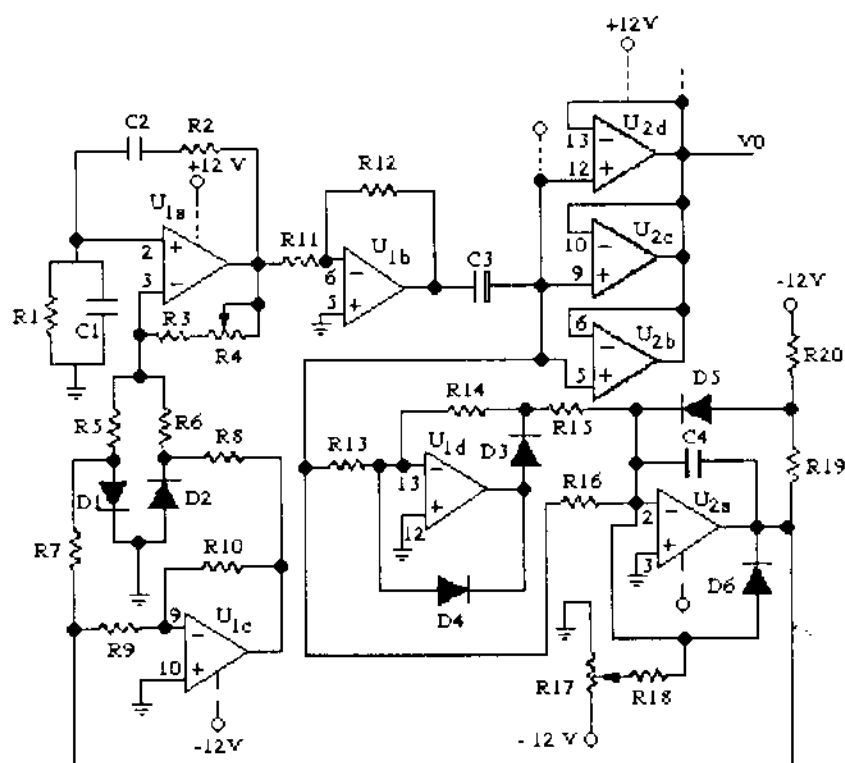
Resolver được sử dụng trong mạch phản hồi của hệ thống dẫn động chạy dao dùng động cơ DC servo. Hình 6-20 là sơ khối mạch phản hồi dùng resolver của động cơ CD servo. Trục của resolver lắp đồng trục với động cơ hoặc với vít me – bi, vì vậy roto của resolver quay đồng thời với trục động cơ. Hai cuộn dây trên roto, một cuộn được nối tắt và cuộn kia nối với nguồn tín hiệu kích thích. Hai cuộn trên stato đóng vai trò tín hiệu ra với dạng tín hiệu sin và cosin. Khi kích thích điện áp với tần số đủ lớn vào một cuộn trên roto, do trục của resolver quay cùng động cơ nên hai cuộn dây stato xuất hiện sóng sin và cosin và đây là sóng ra của resolver. Hai sóng ra của resolver cho phép xác định được vị trí của trục động cơ hoặc trục vít me – bi. Thông thường tín hiệu ra từ resolver rất nhỏ vì vậy tín hiệu này được khuếch đại trước khi đưa tới bộ ADC (biến đổi tương tự số).



Hình 6-20 Sơ đồ nguyên tắc lắp resolver .

Hình 6-21 là mạch tạo dao động sin để cung cấp cho cuộn dây roto. Mạch này dùng bộ dao động cầu Viên để tạo ra dao động hình sin điều hoà với tần số và biên độ không thay đổi. Nhược điểm của mạch này chỉ cho phép tạo ra dao động hình sin với tần số lớn nhất là 10kHz. Cầu Viên gồm điện trở R_1 , R_2 , C_1 và C_2 trong đó $R_1 = R_2$ và $C_1 = C_2$. Tần số tại tâm dao động cầu Viên được tính theo công thức: $f_c = 1 / 2\pi \cdot R \cdot C$, trong đó $R = R_1 = R_2$ và $C = C_1 = C_2$.

Nguyên tắc thuật toán khiển cơ bản đối với bộ dao động là vùng tần số của nó. Ở vùng tần số của cầu Viên chỉ có dao động hình sin và dao động này được ổn định nhờ mạch phản hồi. Bộ tạo dao động cầu Viên được hình thành từ bộ khuếch đại phép toán đơn giản, mạch hoàn chỉnh của bộ tạo dao động chỉ ra trên hình 6-20. Bộ dao động cầu Viên gồm U_{1a} và U_{2a} . Điều khiển hệ số khuếch đại của U_{1a} được thực hiện bằng hai phương pháp. Điều chỉnh hệ số khuếch đại bằng cách thay đổi trực tiếp giá trị điện trở R_1 . Cách thứ hai là điều chỉnh hệ số khuếch đại tự động. Để có thể điều chỉnh hệ số khuếch đại tự động U_{1a} bằng cách người ta đưa vào mạch dao động cầu Viên một mạch giá trị tuyệt đối và mạch lỗi tích phân. Mạch giá trị tuyệt đối được cấu trúc từ mạch khuếch đại thuật toán gồm U_{1a} , D_3 , D_4 , R_{13} và R_{13} . Mạch tích phân lỗi gồm U_{2a} , D_5 , C_4 và R_{16} . Chiết áp R_{17} cũng được xem là thành phần của mạch tích phân lỗi, dùng để điều chỉnh điện áp chuẩn tại điểm D. Mục đích của mạch tích phân lỗi là nhận biết sai lệch điện áp tuyệt đối ở điểm A và tín hiệu này được điều chỉnh liên tục bằng cách so sánh tín hiệu đó với tín hiệu chuẩn. Nếu tín hiệu tại điểm A tăng lên, phản hồi âm ở cửa ra của tích phân lỗi cũng tăng lên, tín hiệu này được gửi ngược trở lại cầu diot D_1 , D_2 và U_{1a} , phản hồi âm tạm thời giảm hệ số khuếch đại của tầng thứ nhất của cầu Viên. Thực chất là giảm biên độ của tín hiệu tại điểm A.

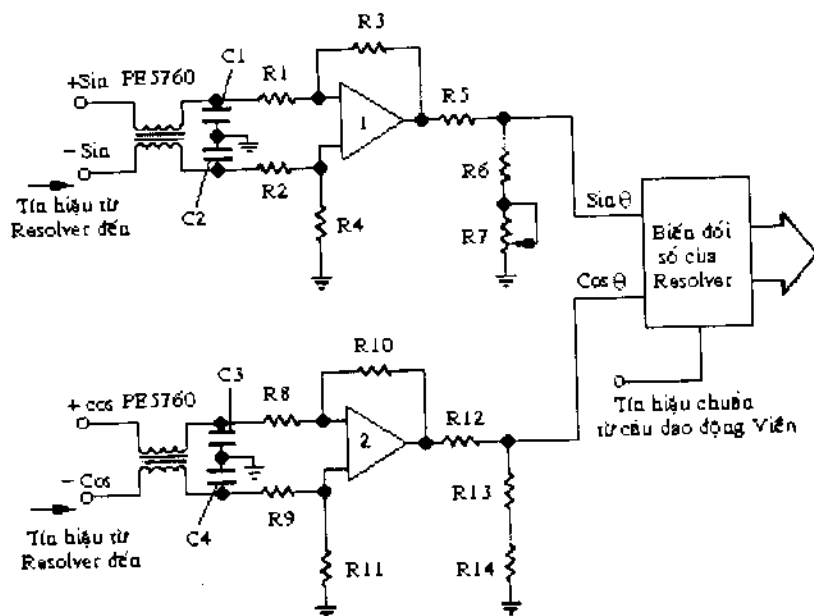


Hình 6-21 Sơ đồ mạch bộ dao động cầu Viên dùng trong mạch phản hồi của resolver;

(các thông số linh kiện trong mạch: $R1 = R2 = 33\text{k}\Omega$, $R3 = 2,7\text{k}\Omega$, $R4 = 0/0-500\Omega$, $R5 = R6 = 2,7\text{k}\Omega$, $R7 = R8 = 4,7\text{k}\Omega$, $R9 = R10 = R11 = R13 = R14 = 10\text{k}\Omega$, $R12 = R15 = R19 = 4,7\text{k}\Omega$, $R16 = 100\text{k}\Omega$, $R17 = 0/10\text{k}\Omega$, $R20 = 15\text{k}\Omega$, $R18 = 100\text{k}\Omega$, $U_{1a} = U_{1b} = U_{1c} = U_{2b} = U_{2c} = U_{2d} = U_{1d} = U_{2a} = 1/4 - 324$, $D1 = D2 = D4 = D5 = D6 = 1\text{N}914$, $C1 = C2 = 0,01\mu\text{F}$, $C3 = 100\mu\text{F}$, $C4 = 0,1\mu\text{F}$).

Hình 6-22 chỉ ra mạch lưu trữ và khuếch đại tín hiệu ra của resolver trước khi đưa tới mạch biến đổi biến đổi số resolver. Chú ý rằng các điện trở trong mạch này đều bằng $12\text{k}\Omega$. Hai tầng khuếch đại đều có hệ số khuếch đại gần bằng -1 . Điện áp và dòng khuếch đại của tín hiệu kích thích đều được cung cấp bởi cầu Viên chỉ ra trên hình 6-21. Tín hiệu đưa ra từ resolver là tín hiệu sin và cosin. Tín hiệu được lọc nhiễu qua bộ lọc tần số thấp và được khuếch đại lên trước khi đưa tới bộ biến đổi số resolver. Nhờ mạch số học đặc biệt trong bộ biến đổi số resolver

nhánh chóng so sánh số nhị phân này với biến tám bit cụ thể, xác định vị trí trục động cơ và nó cũng cung cấp điện áp xác định tốc độ động cơ. Hai tín hiệu này được đưa tới mạch điều khiển tốc độ động cơ và đến mạch điều khiển chuyển mạch thông qua điều khiển động cơ secvo.



Hình 6-22 Sơ đồ mạch dùng để nhận và biến đổi tín hiệu của resolver thành tín hiệu số:

(các thông số linh kiện mạch: $R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = R7 = R8 = R9 = R10 = R11 = R12 = R13 = R14 = 10\text{ k}\Omega$, $R14 = 33\text{ k}\Omega$, $R7 = 0/10\text{ k}\Omega$, $C1 = C2 = C3 = C4 = 33\text{ }\mu\text{F}$)

Ví dụ 6-3 : Ở thời điểm t người ta cấp điện áp kích thích cho cuộn roto của resolver $U_s = 24\text{ V}$ và góc trục là 90° . Tính tín hiệu ra trên hai cuộn stato của resolver ?

Giải

Tín hiệu ra trên hai cuộn stato được tính theo công thức (6-7) và (6-8):

$$U_1 = 24(\sin 90^0) = 24 \text{ V}$$

$$U_2 = 24(\cos 90^0) = 0 \text{ V}$$

Ví dụ 6- 4 : Ở thời tại thời điểm t tín hiệu đưa vào roto của resolver điện áp $U_s = 24\text{V}$. Điện áp ra trên hai cuộn dây của stato $U_1 = 17\text{V}$ và $U_2 = -17\text{V}$. Xác định góc của roto?

GIẢI

Tính công thức (6-7) và (6-8) ta có:

$$\arcsin\left(\frac{17}{24}\right) = 45^0 \text{ hoặc } 135 \text{ độ} \quad (*)$$

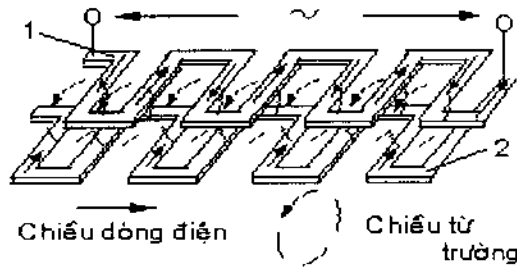
$$\arccos\left(-\frac{17}{24}\right) = 135^0 \text{ hoặc } 225 \text{ độ} \quad (**)$$

Từ (*) và (**) cho ta thấy vị trí góc của roto phải là 135 độ

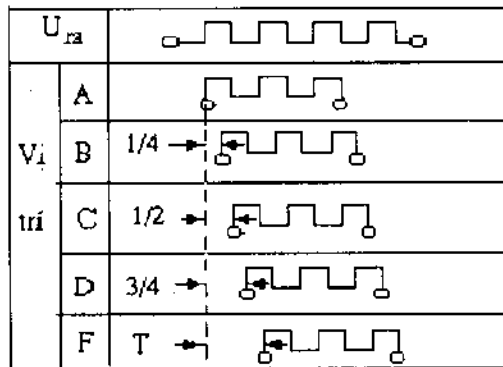
6.3 INDUCTOSYN

Inductosyn là một thiết bị dùng để đo góc hoặc đo dịch chuyển dài có độ chính xác cao. Hoạt động của nó giống như hoạt động của resolver. Inductosyn có hai dạng: thẳng và quay. Nguyên lý làm việc của Inductosyn thẳng được trình bày trên hình 6-23. Khi cấp điện áp xoay chiều vào cuộn dây 1, xung quanh cuộn dây 1 sinh ra từ trường, từ trường này móc vòng qua cuộn dây 1 với phương, chiều được xác định theo nguyên tắc bàn tay trái. Cho cuộn dây 1 và cuộn dây 2 chuyển động tương đối với nhau. Khi chuyển động cuộn 2 xuất hiện điện áp, điện áp này tỉ lệ với khoảng cách dịch chuyển giữa hai cuộn dây. Inductosyn dạng thẳng cấu tạo gồm thanh thước động (lắp trên bàn máy) và thanh thước tĩnh (lắp trên thân máy). Hai thước này được sản xuất từ vật liệu cách từ hoặc Ceramic nhằm tránh bị mất mát từ thông. Cuộn dây lắp trên thước tĩnh được chế tạo theo phương pháp quang hóa và bước vạch $T = 2\text{mm}$. Khi

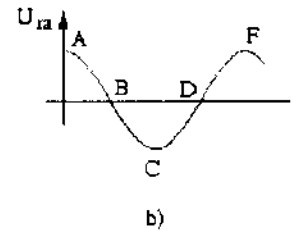
dịch chuyển vị trí của thước như chỉ tra trên hình 6-24a quá trình biến thiên điện áp trên các điểm dịch chuyển tương ứng chỉ ra trên hình 6-24b.



Hình 6-23 Sắp xếp của các cuộn dây trong Inductosyn.

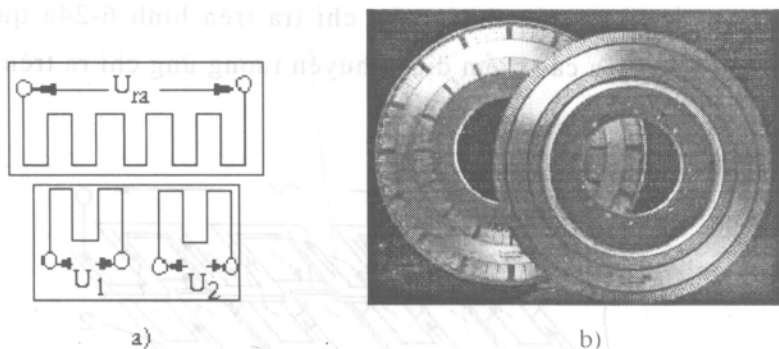


a)



Hình 6-24 Dạng sóng khi trượt giữa tấm 1 và 2 (hình 6-23) .

Trên thước động người ta lắp hai cuộn dây có bước giống như cuộn dây phần tĩnh nhưng hai cuộn dây được đặt cách nhau một khoảng $1/4T$ tương ứng với góc $360^\circ \pm 90^\circ$ chỉ ra trên hình 6-25a và Inductosyn dạng đĩa chỉ ra trên hình 6-25b.



Hình 6-25 Thước và cuộn dây.

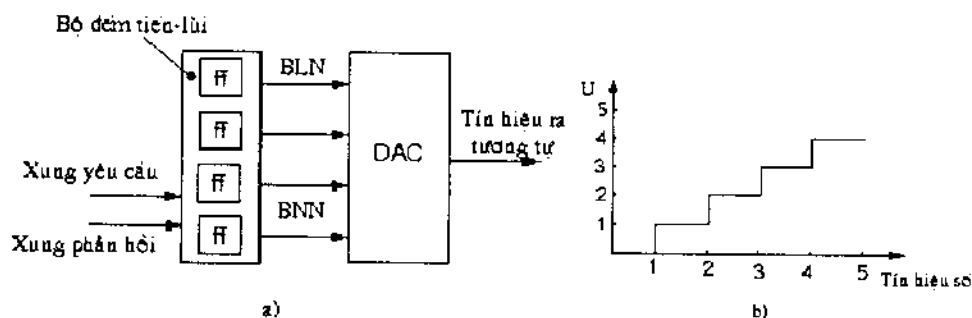
Khoảng cách giữa thước động và thước tĩnh khoảng từ 2÷3mm. Đối với Inductosyn cách tính toán và điều khiển giống như trường hợp resolver.

6.4 CHUYỂN ĐỔI SỐ-TƯƠNG TỰ (DAC)

Chuyển đổi DAC là chữ viết tắt tiếng Anh (Digital- to-Analog Converter) là thiết bị dùng để chuyển đổi thông tin nhị phân thành điện áp tương tự tỷ lệ.

Trong mạch điều khiển trục máy CNC, người ta sử dụng bộ đếm tiến-lùi để so sánh tín hiệu yêu cầu với tín hiệu sinh ra từ encoder, sai lệch của tín hiệu yêu cầu và tín hiệu encoder là tín hiệu nhị phân. Tín hiệu sai lệch cần phải chuyển đổi thành điện áp nhờ DAC, sau đó được khuếch đại tới công suất cần thiết trước khi đưa tới cho động cơ. Hình 6-26a là sơ đồ khối biểu diễn ý nghĩa của DAC trong hệ điều khiển.

DAC nhận thông tin từ bộ đếm tiến-lùi và biến đổi thành điện áp. Mỗi flip-flops trong bộ đếm điều khiển một tín hiệu vào DAC. Mỗi giá trị logic vào bằng 1 sinh ra điện áp mà điện áp này có giá trị tỷ lệ với điện trở vào. Quan hệ giữa điện áp tương tự và tín hiệu vào chỉ ra trên hình 6-26b. Mạch chủ yếu hình thành DAC gồm mạch điện trở và khuếch đại thuật toán, bộ khuếch đại thuật toán được xem như là bộ cộng.



Hình 6-26 a) Sơ đồ khối biểu diễn quan hệ giữa bộ đếm và DAC.
b) Quan hệ giữa tín hiệu vào và điện áp ra.

DAC được xây dựng từ mạch điện trở có hai dạng: điện trở trọng số và mạch thang điện trở.

6.4.1 Chuyển đổi DAC điện trở trọng số

Hình 6-27 chỉ ra bộ DAC 4 bit mạch điện trở trọng số. Nếu bộ DAC n số cần n điện trở với các giá trị khác nhau. Giá trị điện trở tỷ lệ với trọng số của bit trong từ nhị phân. Gọi điện trở phản hồi của mạch thuật toán là R_f , điện trở trọng số của điện trở thứ i là R_i và điện áp trên điện trở thứ i là U_i , điện áp trên cửa ra của khuếch đại thuật toán là U_0 . Quan hệ giữa điện áp ra của thuật toán và điện trở thứ i sẽ là:

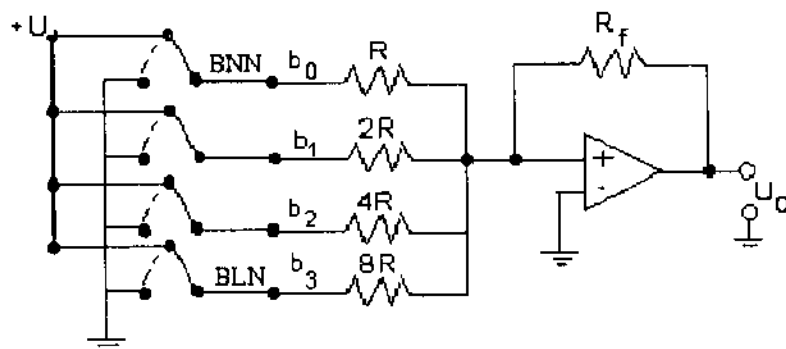
$$U_0 = \frac{R_f}{R_i} U_i \quad (6-9)$$

Với DAC có n bit, điện áp ra được tính như sau:

$$U_0 = - \left(\frac{R_f}{R_1} U_1 + \frac{R_f}{R_2} U_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n} U_n \right) \quad (6-10)$$

Trong mạch điện trở trọng số, giá trị điện trở là hệ nhị phân với bit có giá trị nhỏ nhất (BNN) gấp 2^n lần giá trị bit lớn nhất (BLN). Tín hiệu

điện áp U đặt lên mỗi điện trở phụ hợp với giá trị logic bằng 1 và không có điện áp U đặt lên điện trở tương ứng với giá trị logic bằng 0. Để cấp điện áp hoặc ngắt điện áp trên các điện trở người ta sử dụng chuyển mạch điện tử.



Hình 6-27 DAC mạch điện trở trọng số.

Nếu giá trị điện trở trong DAC như trên hình 6-27 với $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, $R_3 = 4R$..., $R_n = nR$, điện áp đặt lên các bit giống nhau, phương trình điện áp ra của DAC được viết:

$$U_0 = -U \frac{R_c}{R} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{b_i}{2^i} \quad (6-11)$$

trong đó b_i - trạng thái logic của bit thứ i với ($i = 0, 1, 2, \dots, n$), trạng thái của bit có thể là 0 hoặc 1. Sự thay đổi điện áp vào trên điện áp ra được gọi là hệ số khuếch đại của DAC và hệ số khuếch đại K_c được tính theo công thức sau:

$$K_c = \left| \frac{R_f U}{R 2^{n-1}} \right| \quad (6-12)$$

Ví dụ 6- 5 : Điện áp vào của DAC 4 bit dạng điện trở trọng số $U = 2V$. Giá trị điện trở là $20\text{ k}\Omega$, $40\text{ k}\Omega$, $80\text{ k}\Omega$ và $160\text{ k}\Omega$; điện trở phản hồi $60\text{ k}\Omega$

(a) Tính điện áp ra tuyệt đối cực đại;

(b) Tính hệ số khuếch đại của DAC.

GIẢI

Điện áp ra cực đại tính theo công thức (6-11) :

$$|U_0| = \frac{2 \times 60}{20} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}\right) = 11,25\text{ V}$$

Hệ số khuếch đại tính theo công thức (6-12):

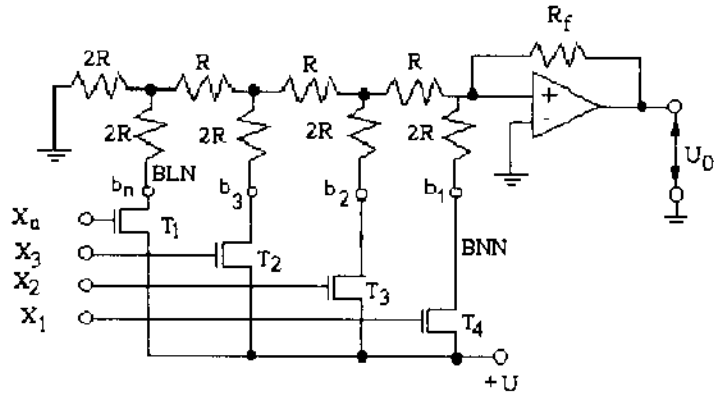
$$K_c = \left| \frac{2 \times 60}{20 \cdot 2^3} \right| = 0,75\text{ V/bit}$$

6.4.2 Chuyển đổi DAC thang điện trở

Chuyển đổi DAC thiết kế theo mạch điện trở trọng số sẽ không thuận lợi khi cần chuyển đổi các số nhị phân kích thước lớn, bởi vì để chuyển đổi số nhị phân kích thước lớn yêu cầu mạch với nhiều loại điện trở đòi hỏi độ chính xác cao. Vì vậy giá thành của bộ chuyển đổi đắt. Để tránh nhược điểm này người ta đưa ra bộ chuyển đổi DAC dạng thang điện trở. Mạch chỉ gồm hai loại điện trở R và $2R$ với độ chính xác cao và sơ đồ mạch được chỉ ra trên hình 6-28.

Đặc tính giá trị của mạch là giá trị điện trở ra luôn không đổi và bằng R , không phụ thuộc vào kích thước của từ nhị phân. Tín hiệu đưa vào bộ chuyển đổi thông qua các chuyển mạch điện tử, ví dụ trên hình 6-28 chuyển mạch đưa tín hiệu số vào là các transistor $T1$, $T2$, $T3$, $T4$. Tín hiệu logic bằng 1 phù hợp với điện áp $+U$ và bằng 0 khi điện áp bằng không. Điện áp đưa ra ở bit i nào đó được tính như sau:

$$U_i = -\frac{UR_f}{2^i R} \quad (6-13)$$



Hình 6-28 DAC mạch thang điện trở.

Điện áp ra của DAC bằng tổng điện áp trên các bit :

$$U_0 = -U \frac{R_f}{R} \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{2^i} \quad (6-14)$$

trong đó: b_i - biểu diễn trạng thái logic của bit thứ i có thể là 0 và 1.

Nếu giá trị điện trở và nguồn điện chính xác, điện áp ra sẽ là hàm tuyến tính với từ nhị phân được chuyển đổi.

Hệ số khuếch đại của DAC thang điện trở.

$$K_c = \left| \frac{R_f U}{2^n R} \right| \quad (6-15)$$

Ví dụ 6- 6 : Một DAC thang điện trở 10 bit có giá trị sau:

$$U = 5,12 \text{ V}; R = 50 \text{ K}\Omega$$

(a) Tính toán giá trị điện áp phản hồi R_f mà bộ DAC đòi hỏi với độ khuếch đại $K_c = 0,01 \text{ V/bit}$.

(b) Tính điện áp ra cực đại của DAC.

GIẢI

Xác định điện áp phản hồi của DAC theo công thức (6-15):

$$R_f = \frac{2^n R K_c}{U} = 100 \, \Omega$$

Xác định điện áp ra cực đại của bộ DAC theo công thức (6-14):

$$|U_{\max}| = 5,12 \frac{100}{50} \left(\frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^{10}} \right) = 11,375 \, \text{V}$$

6.5 SENSOR HIỆU ỨNG HALL

6.5.1 Hiệu ứng Hall

Hiệu ứng vật lý này đã được phát hiện vào năm 1879 do E. H. Hall. Hiệu ứng dựa trên cơ sở mối tương tác giữa phần tử mang điện với trường điện từ ngoài, ví dụ thép, vật mang điện này là điện tử. Khi điện tử chuyển động xuyên qua trường điện từ nó chịu một lực tác dụng :

$$F = qvB \quad (6-16)$$

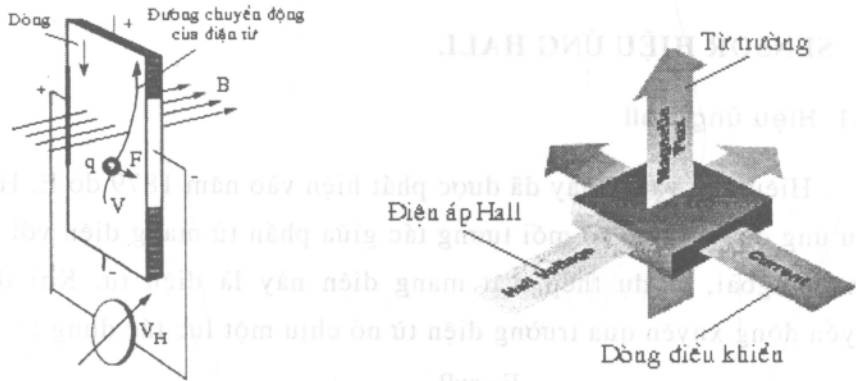
trong đó $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ là điện tích của điện tử, v là tốc độ chuyển động của điện tử và B là trường điện từ đơn vị đo bằng tesla ($1 \text{ tesla} = 1 \text{ N/ampe.mét} = 10^4 \text{ gauss}$). Hướng của lực do trường điện từ tác động lên điện tích phụ thuộc vào hướng của trường điện từ và hướng chuyển động của điện tử.

Chúng ta giả thử rằng điện tử chuyển động trong một tấm dẫn điện, tấm đó được đặt trong trường điện từ chỉ ra trên (hình 6-29). Trên tấm dẫn điện, mặt bên phải và trái người ta dán hai tấm làm đầu nối dây nối với von kế. Hai đầu khác, phía trên và phía dưới cũng dán hai tấm đầu nối để cấp nguồn cho tấm dẫn điện. Khi cho dòng điện và từ trường qua tấm,

dưới tác dụng cụ trường điện từ, lực F làm lệch đường chuyển động của điện tử sang phải và làm bên phải của tấm âm hơn bên trái tấm. Điều đó là do dòng điện và trường điện từ sinh ra được gọi là điện thế Hall V_H . Trong điều kiện nhiệt độ xác định điện thế Hall được xác định theo công thức sau:

$$V_H = h i B \sin \alpha \tag{6-16a}$$

ở đây α là góc giữa véc tơ trường điện từ và tấm Hall (ví dụ tấm Hall là tấm kim loại) chỉ ra trên hình 6-30a.



Hình 6-29 Sensor hiệu ứng Hall. Trường điện từ làm chuyển động điện tử.

Độ nhạy của hiệu ứng Hall có thể được định nghĩa như là gradien điện thế điện trên một đơn vị trường điện từ. Phù hợp với lý thuyết điện tử tự do của thép, hiệu ứng Hall có thể viết:

$$H = \frac{1}{Nc q} \tag{6-17}$$

trong đó :

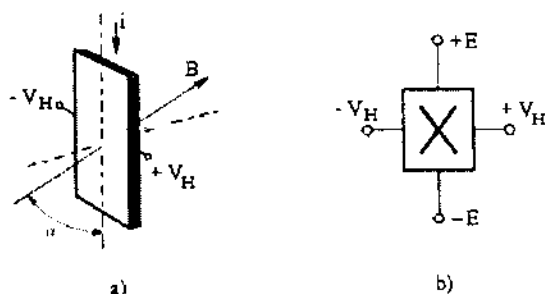
- N- số điện tử tự do trên một vôn;
- c- tốc độ ánh sáng.

Sensor hiệu ứng Hall có bốn chân ra. Chân để đưa dòng điều khiển vào sensor gọi là chân điều khiển và điện trở giữa hai chân điều khiển gọi là điện trở điều khiển R_i . Chân lấy điện áp ra gọi chân đưa điện áp ra vì sai và điện trở giữa chúng gọi là điện trở ra vì sai R_o . Ký hiệu của sensor hiệu ứng Hall chỉ ra trên hình 6-30b.

6.5.2 Sensor hiệu ứng Hall

Có hai dạng sensor hiệu ứng Hall: tuyến tính và ngưỡng. Sensor tuyến tính gồm sensor cơ bản hiệu ứng Hall và mạch khuếch đại thuật toán như chỉ ra trên hình 6-31a và tín hiệu ra trên sensor chỉ ra trên hình 6-31b.

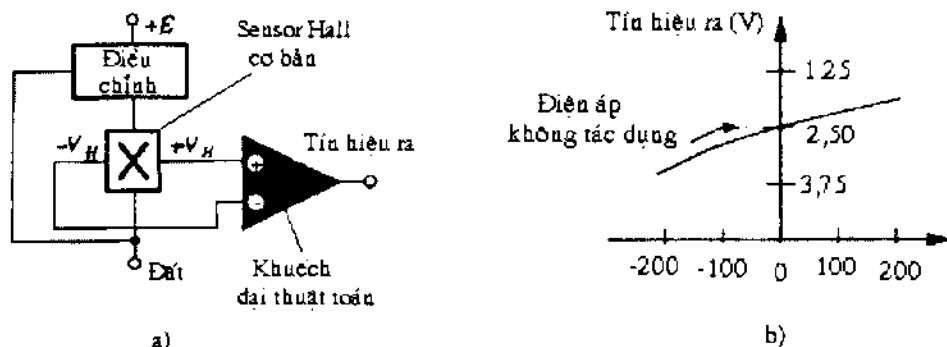
Sensor ngưỡng có cấu trúc mạch gồm sensor hiệu ứng Hall cơ bản, mạch khuếch đại thuật toán và trigger Smiths, sơ đồ mạch của sensor này chỉ ra trên hình 6-32a. Tín hiệu ra của sensor này được xem như là hàm của mật độ dòng từ chỉ ra trên hình 6-32b. Tín hiệu ra trên sensor có hai mức: mức cao và mức thấp.



Hình 6-30 a) Tín hiệu ra của sensor phụ thuộc vào góc giữa trường điện từ và tấm.
b) Ký hiệu sensor hiệu ứng Hall.

Hiệu ứng Hall có thể sử dụng để thiết kế sensor đo dịch chuyển và vị trí. Sensor hiệu ứng Hall cần phải có nguồn trường điện từ và mạch nối ghép. Chú ý rằng trường điện từ có hai đặc trưng quan trọng là mật độ

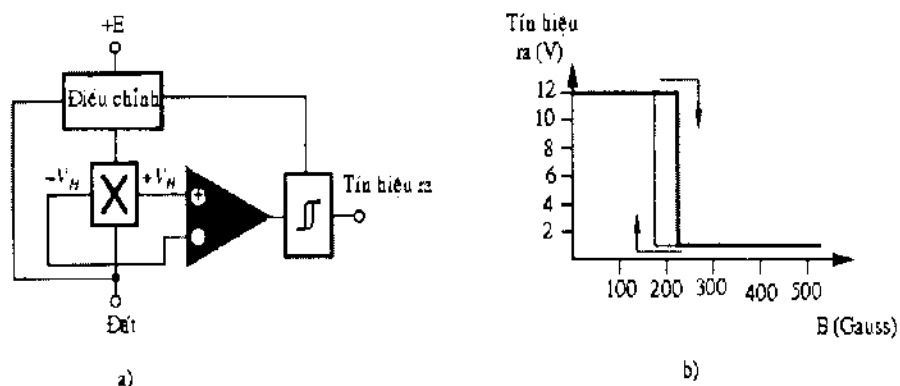
của trường điện từ và cực của nó. Khi bố trí trường điện từ phải đảm bảo đường từ thông vuông góc với tấm dẫn điện và cần phải phù hợp về cực.



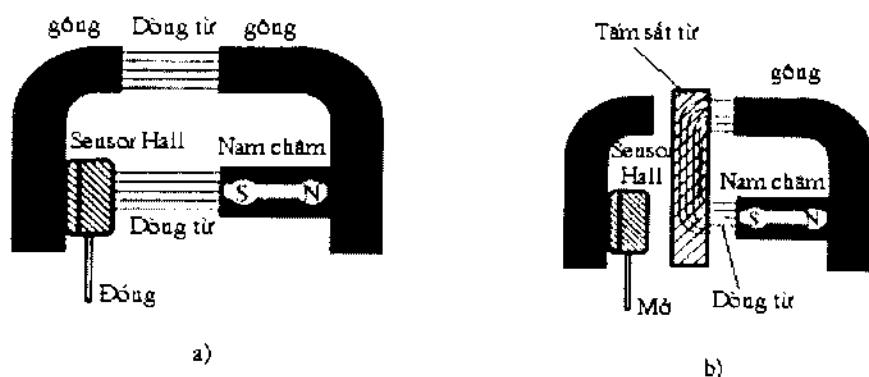
Hình 6-31 a) Sơ đồ mạch của sensor hiệu ứng Hall tuyến tính.
b) Hàm truyền của sensor hiệu ứng Hall tuyến tính.

Sensor Hall có thể dùng làm chuyển mạch đối với đối tượng chuyển động, ví dụ làm chuyển mạch cấp điện cho các cuộn dây trong động cơ DC. Để thực hiện nhiệm vụ chuyển mạch, sensor Hall và trường điện từ lắp trên gông có dạng lõi lõm, giữa chúng cách nhau bởi khe hở nhỏ như chỉ ra trên hình 6-33. Thực ra, sensor hiệu ứng Hall được đặt đối diện với trường điện từ. Nếu giữa sensor hiệu ứng Hall và trường điện từ có một tấm sắt từ chuyển động. Khi tấm sắt từ không nằm giữa nam châm và sensor hiệu ứng Hall, dòng từ, từ nam châm xuyên qua sensor, sensor ở trạng thái đóng (hình 6-33a).

Khi tấm sắt từ nằm giữa nam châm và sensor hiệu ứng Hall, tấm sắt từ làm rẽ nhánh mạch từ và từ trường không tới được sensor vì vậy sensor ở trạng thái mở. Tấm sắt từ có thể chuyển động thẳng hoặc chuyển động quay.



Hình 6-32 a) Sơ đồ mạch của sensor hiệu ứng Hall ngưỡng.
b) Hàm truyền của sensor hiệu ứng Hall ngưỡng.



Hình 6-33 a) Dòng từ dòng sensor hiệu ứng Hall.
b) Dòng từ bị rẽ nhánh bởi tấm sắt từ, mở sensor hiệu ứng Hall.

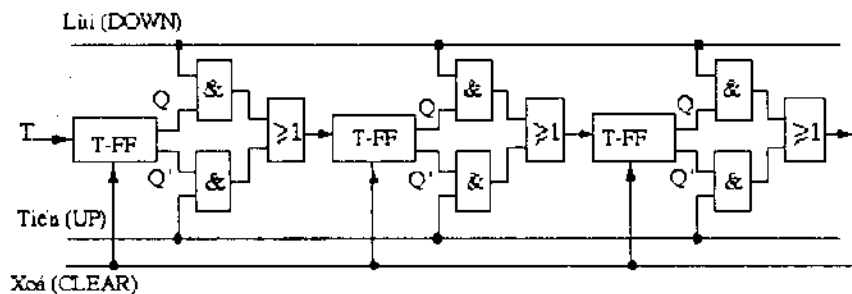
6.6 BỘ ĐẾM TIẾN - LÙI

Hiện nay trong máy CNC, người ta thường dùng bộ đếm có khả năng đếm tiến và đếm lùi thay cho mạch so sánh trong mạch điều khiển động cơ hoặc dùng trong mạch encoder gia số. Trong encoder gia số đòi hỏi phải đếm tiến hoặc lùi tùy thuộc vào chiều quay của trục. Sơ đồ mạch

bộ đến tiến - lùi ba tầng chỉ ra trên hình 6-34. Mỗi tầng đòi hỏi một cổng OR, hai cổng AND và thêm một phần tử nhớ T-FF.

Nguyên tắc hoạt động của bộ đếm hiệu như sau: Nếu trên đường tiến (UP) đặt điện áp cao (H) và cổng AND thấp (L) cho phép, do đó Q' đưa ra tín hiệu kích thích các phần tử nhớ tiếp theo. Bộ đếm thực hiện đến tiến. Nếu trên đường lùi (DOWN) điện áp cao (H) và cổng AND ở mức cao (H), bộ đếm đang ở trạng thái đếm lùi. Chân Q dùng để đưa ra thiết bị chỉ thị.

Hiện nay các mạch IC có chức năng đếm tiến và lùi có ký hiệu: 74LS90, 74LS160, 74LS168, 74LS169, 74LS190, 74LS193,



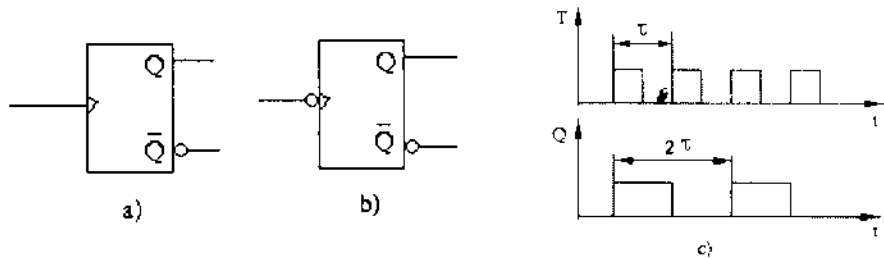
Hình 6- 34 Bộ đếm tiến - lùi (ba tầng) .

Bây giờ chúng ta xem xét hoạt động của phần tử T-FF. Phần tử T-FF có một đầu vào và có hai đầu ra. Đầu vào của T-FF là đầu điều khiển T và đầu ra Q thay đổi trạng thái theo từng xung điều khiển tới. Nếu T-FF lật trạng thái ở sườn lên của xung điều khiển, ta có T-FF tích cực cao. Ngược lại nếu Q lật trạng thái ở sườn xuống của xung điều khiển ta có T-FF tích cực thấp. Hình 6-35a chỉ ra ký hiệu của T-FF là phần tử nhớ tích cực và hình 6-35b là phần tử nhớ tích cực thấp và hình 6-35c là thí dụ, đồ thị thời gian mô tả hoạt động của T-FF tích cực cao. Từ đồ thị thời gian cho thấy, nếu đặt ở đầu vào T dãy xung vuông với tần số $f = 1/\tau$ thì đầu ra Q sẽ nhận được dãy xung tần số $f/2$.

Phương trình đặc trưng cho hoạt động của T – FF

$$Q_t^+ = \bar{Q}_t \quad (6-18)$$

trong đó Q_t^+ là trạng thái đầu ra của Q sau thời điểm t; t là thời điểm xuất hiện xung điều khiển T; Q_t là trạng thái đầu ra Q tại thời điểm t.



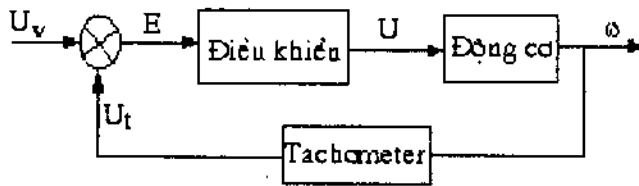
Hình 6- 35 a) Phần tử T-FF tích cực cao.
b) Phần tử T-FF tích cực thấp.

6.7 SENSOR ĐO TỐC ĐỘ

Để điều khiển chính xác tốc độ động cơ secvo cần phải đo tốc độ tức thời của nó và so sánh với với tốc độ yêu cầu. Tốc độ tức thời động cơ secvo có thể đo được nhờ sensor tốc độ (tachometer). Tachometer về cơ bản giống như máy phát điện một chiều loại nhỏ từ trường không đổi (PM). Tachometer cho điện áp ra tỷ lệ với vận tốc góc của roto tachometer. Trong kết cấu tachometer được lắp trực tiếp với trục của động cơ vì vậy tốc độ của động cơ bằng tốc độ phản ứng của tachometer. Nó là thiết bị cho ra tín hiệu tương tự. Tín hiệu sinh ra từ tachometer là thông tin về tốc độ dùng cho điều khiển. Sự khác nhau giữa điện áp sinh ra từ tachometer với với điện áp yêu cầu là cơ sở điều khiển tốc độ động cơ. Điều khiển động cơ được thực hiện nhờ mạch kín phản hồi âm. Mối quan hệ giữa điện áp ra U_t của tachometer và tốc độ quay phản ứng của tachometer:

$$U_t = K_t \omega \quad (6-19)$$

trong đó : K_t - hệ số tachometer. Hệ số K_t độc lập tuyến tính với từ trường không đổi của tachometer. Hình 6-36 chỉ ra sơ đồ khối điều khiển tốc độ động cơ một chiều có mạch phản hồi tốc độ dùng tachometer cho mỗi trục của máy CNC.



Hình 6- 36 Mạch điều khiển tốc độ.

7

BỘ NỘI SUY TRONG MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ CNC

7.1 TÍCH PHÂN SỐ DDA

7.1.1 Vai trò bộ nội suy

Trong máy công cụ điều khiển số các chuyển động tạo hình được bố trí cho các cơ cấu chấp hành, ví dụ máy phay CNC hai trục thẳng, hai chuyển động thẳng được bố trí cho bàn máy (chuyển động thẳng theo trục X, chuyển động thẳng theo chuyển động Y). Chuyển động quay tạo ra tốc độ cắt gọt và chuyển động tịnh tiến thực hiện cắt hết chiều sâu cắt, được bố trí cho cơ cấu mang dụng cụ cắt. Trong quá trình tạo hình, các cơ cấu chấp hành chuyển động đưa dụng cụ theo các điểm trên quỹ đạo đã xác định. Tọa độ các điểm ban đầu và gia số chuyển động được xác định theo bản vẽ. Thiết bị thực hiện đưa dụng cụ giữa các điểm đã cho và quỹ đạo xác định gọi là bộ nội suy.

Như vậy, bộ nội suy không thể thiếu được trong các máy công cụ điều khiển số và cũng có thể nói bộ nội suy là thiết bị đặc trưng của máy công cụ CNC.

Thông tin đưa vào bộ nội suy dưới dạng số và thông tin đưa ra của bộ nội suy là thông tin về tọa độ của mỗi điểm dưới dạng xung.

Thuật toán dùng trong bộ nội suy được chia thành hai kiểu:

1- Nhiệm vụ của thuật toán là xác định thời điểm truyền gia số tọa độ và tần số truyền gia số phụ thuộc vào tốc độ thay đổi tọa độ.

2- Thuật toán kiểu thứ hai là xác định giá trị tọa độ tức thời tức là xác định giá trị tích lũy gia số trong chu kỳ.

Thuật toán thực hiện theo kiểu thứ nhất gọi là phương pháp hàm đánh giá và thuật toán thực hiện theo kiểu thứ hai gọi là phương pháp tích phân số. Bộ nội suy theo phương pháp tích phân số thực hiện thuật toán hai cách: cách thứ nhất là dùng các mạch logic thiết lập bộ nội suy. Bộ nội suy này gọi là nội cứng và nó thường gặp trong các máy NC. Cách thứ hai là trên cơ sở phần cứng chung lập trình thuật toán nội suy trên cơ sở mô phỏng lại nội suy phần cứng gọi là phần mềm nội suy. Phần mềm nội suy có trong các máy CNC và các trung tâm gia công CNC.

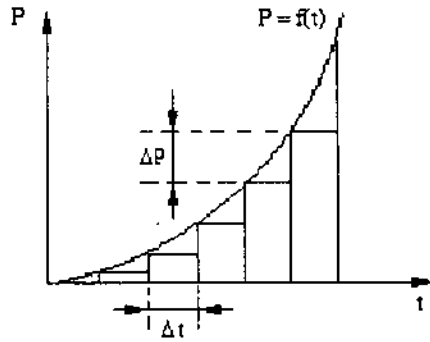
7.1.2 Nguyên tắc thuật toán tích phân số

Tích phân số được thực hiện theo phương pháp hình thang hoặc hình chữ nhật xấp xỉ. Phương pháp hình chữ nhật xấp xỉ dựa trên cơ sở cộng liên tiếp hình chữ nhật vùng dưới đường cong tích phân và phương pháp hình thang xấp xỉ cũng dựa trên cơ sở cộng liên tiếp các hình thang nằm phía dưới đường cong tích phân. Phần tử DDA trong hệ điều khiển máy CNC sử dụng phương pháp hình chữ nhật xấp xỉ.

Chúng ta giả thiết rằng hàm khảo sát $P(t)$ biểu diễn quan hệ giữa vị trí chuyển động của cơ cấu chấp hành theo biến thời gian t chỉ ra trên hình 7-1.

Nếu chia trục thời gian thành các phần Δt bằng nhau, tích phân số theo phương pháp chữ nhật xấp xỉ vùng dưới của đường cong $P(t)$ như là tổng của các hình chữ nhật có một cạnh là Δt , tích phân có thể viết :

$$z(t) = \int_0^t P dt \cong \sum_{i=1}^k P_i \Delta t \quad (7-1)$$



Hình 7-1 Xấp số một hàm liên tục.

Gọi z_k là giá trị của tích phân $z(t)$ ở thời điểm $t = k\Delta t$, giá trị z_k xác định theo công thức:

$$z_k = \sum_{i=1}^{k-1} P_i \Delta t + P_k \Delta t \quad (7-2)$$

Từ (7-2) nhận thấy số hạng $\sum_{i=1}^{k-1} P_i \Delta t$ là giá trị của tích phân tại thời điểm z_{k-1} và số hạng $P_k \Delta t$ là diện tích hình chữ nhật tại thời điểm $t = k\Delta t$, phương trình (7-2) có thể viết như sau:

$$z_k = z_{k-1} + \Delta z_k \quad (7-3)$$

trong đó Δz_k gọi là gia số tích phân, tính theo công thức:

$$\Delta z_k = P_k \Delta t \quad (7-4)$$

Tích phân số thực hiện theo 3 bước:

Bước thứ nhất xác định P_k bằng cách lấy giá trị tung độ trước đó cộng hoặc trừ gia số Δp_k

$$P_k = P_{k-1} \pm \Delta p_k \quad (7-5)$$

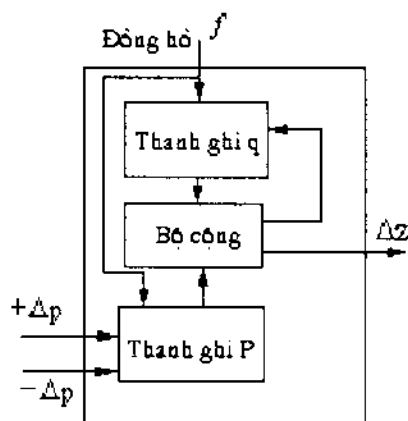
Bước thứ hai xác định gia số Δz_k tích phân tính toán theo công thức (7-4).

Bước thứ ba lấy gia số tích phân Δz_k cộng với kết quả tích phân trước đó z_{k-1} nghĩa là tính toán theo công thức (7-3).

Thời gian được chia thành các gia số nhỏ gọi là chu kỳ đồng hồ (giống như là xung) và thuật toán tích phân dùng đồng hồ ngoài. Thuật toán DDA là thuật toán lặp với tần số đồng hồ tần số f . Tần số lặp của DDA tính theo công thức:

$$f = \frac{1}{\Delta t} \quad (7-5a)$$

Trên cơ sở thuật toán tích phân DDA, cấu trúc của DDA dùng mạch điện tử gồm thanh ghi p , n bit lưu trữ giá trị biến P_k , thanh ghi thứ hai q cũng có n bit và bộ cộng nhị phân như chỉ ra trên (hình 7-2).



Hình 7-2 Sơ đồ khối của một tích phân DDA.

Số liệu vào Δp và ra Δz của DDA là bit. Giá trị đưa vào thanh ghi p có giá trị phải nhỏ hơn dung lượng của thanh ghi p có nghĩa là giá trị đưa vào thanh ghi trên dung lượng thanh ghi 2^n phải nhỏ hơn 1:

$$\frac{P_k}{2^n} < 1$$

trong đó n là số bit của thanh ghi. Khi nạp giá trị Δp vào thanh ghi p bắt đầu từ bit nhỏ nhất của thanh ghi này.

Thanh ghi p dùng để lưu trữ giá trị p_k và thanh ghi q lưu trữ giá trị q_{k-1} . Khi có xung đồng hồ, giá trị của thanh ghi p và thanh ghi q được đưa vào bộ cộng, kết quả phép cộng đưa về lưu trữ trên thanh ghi q :

$$q_k = q_{k-1} + p_k$$

Nếu giá trị của q lớn hơn $(2^n - 1)$, có nghĩa là giá trị q vượt quá dung lượng cực đại của bộ cộng, bộ cộng xuất hiện tràn Δz . Quá trình lặp được thực hiện thông qua nhịp đồng hồ. Ví dụ, mạch thực hiện DDA gồm hai thanh ghi và bộ cộng có $n = 4$, tại thời điểm khảo sát thanh ghi p có giá trị $p_k = 11_{10} = (1011)_2$ và trên thanh ghi lưu q có giá trị $q_{k-1} = 6_{10} = (0110)_2$, bộ cộng nhị phân thực hiện như sau:

$$\begin{array}{r} q_{k-1} \\ + \\ p_k \\ \hline \boxed{\Delta z} = q_k \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0110 \\ + \\ 1011 \\ \hline \boxed{1} \quad 0001 \end{array}$$

đó là: $q_k = 1$ và $\Delta z = 1$.

Quá trình hoạt động của tích phân DDA theo nhịp của đồng hồ với tần số f như sau: giả sử ở nhịp thứ $k-1$ của đồng hồ, thanh ghi p đang lưu trữ giá trị p_{k-1} và thanh ghi q lưu trữ giá trị q_{k-1} . Khi có xung nhịp thứ k gửi tới DDA, giá trị $\pm \Delta p$ được nạp vào thanh ghi p lúc này thanh ghi p lưu giá trị $p_k = p_{k-1} \pm \Delta p$. Giá trị p_k và giá trị q_{k-1} đưa tới bộ cộng và bộ cộng thực hiện phép cộng, kết quả của phép cộng q_k . Nếu giá trị q_k lớn hơn (2^n-1) , xuất hiện xung tràn, giá trị còn lại được nạp trở lại cho thanh ghi q với giá trị q_k và ngược lại khi giá trị tổng nhỏ hơn (2^n-1) , không xuất hiện xung tràn, giá trị tổng cũng được nạp trả lại cho thanh ghi q với giá trị q_k , kết thúc một bước tích phân.

Giá trị Δt được tính theo công thức sau:

$$\Delta t = \frac{1}{2^n} \quad (7-6)$$

trong đó n là số bit của thanh ghi.

Thay công thức (7-6) vào công thức (7-4) ta có

$$\Delta z_k = \frac{1}{2^n} p_k \quad (7-7)$$

Từ công thức (7-5a) ta có thể viết:

$$\Delta t \cdot f = 1 \quad (7-8)$$

Đặt (7-8) vào (7-7) ta có:

$$\Delta z_k = \frac{1}{2^n} \Delta t p_k f \quad (7-9)$$

$$\text{Đặt:} \quad C = \frac{f}{2^n} \quad (7-10)$$

công thức (7-9) sẽ là:

$$\Delta z_k = C p_k \Delta t \quad (7-11)$$

và C gọi là hệ số tích phân

Phương trình (7-11) có cấu trúc giống với phương trình (7-4).

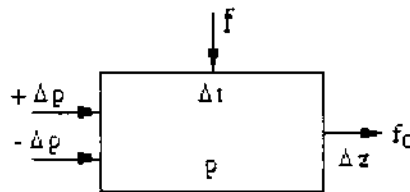
Nếu chia hai vế công thức (7-9) cho Δt thì tỷ số giữa Δz và Δt là tần số trung bình gia số ra f_0 của tích phân DDA:

$$f_0 = \left(\frac{\Delta z}{\Delta t} \right)_k = \frac{1}{2^n} p_k f \quad (7-12)$$

Từ công thức (7-12) cho thấy tần số ra trung bình của DDA tỷ lệ thuận với giá trị p_k , tần số xung nhịp và tỷ lệ với 2^n ở đây n là số bit của thanh ghi. Số lượng bit của thanh ghi được lựa chọn trong quá trình nội suy; n càng lớn độ chính xác nội suy càng cao. Viết gọn lại công thức (7-12):

$$f_0 = C p_k \quad (7-13)$$

DDA được ký hiệu như chỉ ra trên (hình 7-3):



Hình 7-3 Ký hiệu biểu diễn một DDA.

Ví dụ 7-1 Một bộ tích phân đơn giản có giá trị nạp vào thanh ghi p không đổi. Tính toán tín hiệu ra Δz ở 16 bước lặp. Các thanh ghi trong bộ tích phân có số bit $n = 3$. Giá trị nạp vào thanh $p = 5$ và giá trị ở thanh $q = 0$.

GIẢI

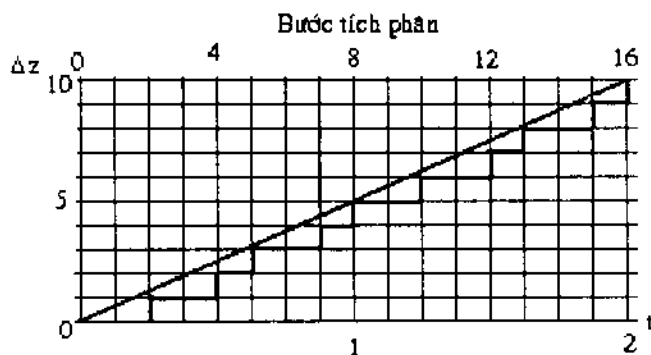
Bước 0: Người ta nạp giá trị vào thanh ghi $p = 5_{10} = 101$. Thanh ghi có giá trị $q = 0_{10}$.

Bước 1: Mạch thực hiện lấy p cộng với cộng với q , kết quả của tổng $5_{10} + 0_{10} = 5_{10}$. 5_{10} được nạp vào q , lúc này $q = 5_{10}$. Tính theo nhị phân ta có: $101 + 000 = 101$.

Bước thứ 3: Lấy $p = 5_{10}$ cộng với $q = 5_{10}$, kết quả của tổng $5_{10} + 5_{10} = 10_{10}$. Tính tổng theo mã nhị phân: $101 + 101 = 1010$. Giá trị tổng lớn hơn $2^3 = 8_{10}$ nên ở bước này có một xung tràn Δz và giá trị nạp trở lại cho thanh ghi $q = 10_{10} - 8_{10} = 2_{10} = 010$.

Bước thứ 4: Lấy $p = 101_2$ cộng với $q = 010$, giá trị tổng: $101 + 010 = 111$.

Giá trị tổng không vượt qua quá 2^3 vì vậy không có xung tràn, tổng 111 nạp trở lại cho thanh ghi q . Các bước tiếp theo như chỉ ra trên (bảng 7-1). Tổng của gia số $\Sigma \Delta z$ biểu diễn kết quả của tức thời của tích phân. Kết quả tích phân số chỉ ra trên hình 7-4.



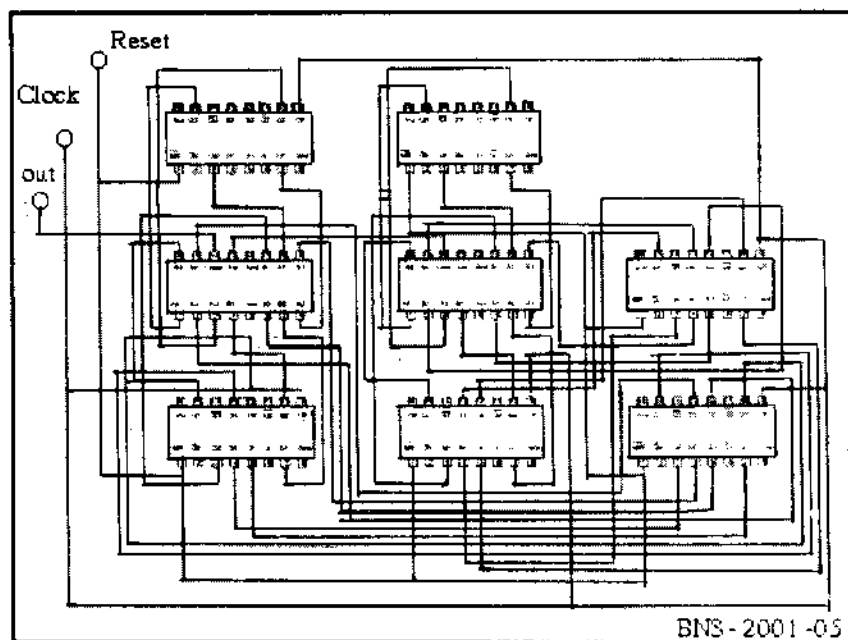
Hình 7-4 Kết quả tích phân số

Bảng 7-1 Kết quả tích phân số

Bước N^{th}	p	q	Δz	$\Sigma \Delta z$
0	5	0		0
1	5	5		0
2	5	2	1	1
3	5	7		1
4	5	4	1	2
5	5	1	1	3
6	5	6		3
7	5	3	1	4
8	5	0	1	5
9	5	5		5
10	5	2	1	6
11	5	7		
12	5	4	1	7
13	5	1	1	8
14	5	6		
15	5	3	1	9
16	5	0	1	10

Hình 7-5 là sơ đồ mạch lắp tích phân DDA đơn giản được thiết kế từ mạch IC thông dụng.

Trong mạch dùng 6 thanh ghi 4 – bit để thiết lập thành ba thanh ghi 8 – bit số. Thanh ghi thứ nhất lưu trữ giá trị p , thanh ghi thứ hai lưu trữ giá trị q và thanh ghi thứ ba làm nhiệm vụ thanh ghi đếm cho mạch tích phân DDA. Mạch sử dụng hai bộ cộng 4 – bit ghép thành bộ cộng 8 – bit số. Xung tràn của bộ cộng được đưa ra từ chân 14 của bộ cộng. Tín hiệu reset lại mạch đưa vào chân 1 của các thanh ghi. Để mạch tích phân DDA hoạt động cấp xung đồng hồ qua chân 9 của cả thanh ghi. Giá trị ban đầu nạp cho thanh ghi đưa vào các chân 4, 5, 12, 13 của các thanh ghi.



Hình 7- 5 Mạch lắp tích phân số DDA.

7.2 NỘI SUY THẺ DÙNG MẠCH TÍCH PHẦN DDA

Khi khảo sát đường chuyển động của dụng cụ cho thấy bất kỳ đường chuyển động nào của dụng cụ cũng có thể tổ hợp từ các đoạn thẳng và cung tròn. Hệ điều khiển dựa trên cơ sở tọa độ của điểm đầu, điểm cuối, tốc độ và quy luật để điều khiển các trục thực hiện đưa dụng cụ theo thông tin đó gọi nội suy. Để thiết kế điều khiển các trục máy ta hãy khảo sát quá trình chuyển động của bàn máy. Ví dụ, máy phay một trục thẳng, chuyển động thẳng của bàn máy được thực hiện nhờ cụm truyền dẫn động cơ bước với n bước góc và vít me – bi, bước $t_p = m$. Khi động cơ quay một bước góc bàn máy dịch chuyển một đoạn $L = m/n$ đơn vị chiều dài hay còn gọi là bước cơ sở (BCS). Giả thiết rằng cần chuyển động thẳng dụng cụ từ điểm A đến điểm B, chiều dài $AB = K$. Để đưa dụng cụ đi từ A đến

B động cơ cần phải quay q bước góc, $q = K/L$. Trên cơ sở đó chúng ta có thể xác định được khoảng cách điểm bất kỳ nào trên AB đến điểm đầu A theo công thức:

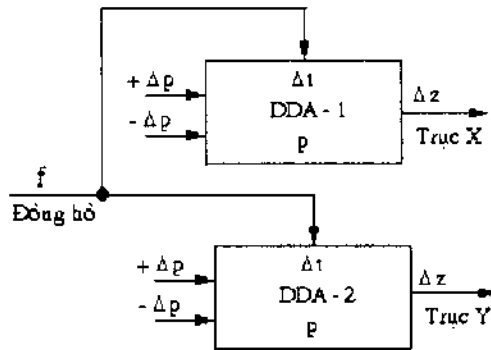
$$K_i = \sum_{i=1}^n L \times i \quad (7-14)$$

trong đó K_i là khoảng cách từ điểm đầu đến đoạn thứ i , L là bước cơ sở của hệ chuyển động. Công thức (7-14) có thể viết theo cách khác:

$$K_i = K_{i-1} + L \quad (7-15)$$

So sánh công thức (7-15) với công thức (7-5) cho thấy cấu trúc của công thức giống nhau. Từ đó cho phép ứng dụng tích phân số DDA trong quá trình điều khiển các trục máy. Nếu mỗi tín hiệu ra của tích phân DDA đưa tới động cơ bước, động cơ quay đi một góc bước được bàn máy dịch chuyển một đoạn thẳng nhỏ. Để chuyển động bàn máy từ A đến B, bộ tích phân DDA cần đưa tới động cơ q xung. Tốc độ chuyển động bàn máy có thể thay đổi nhờ thay đổi tần số ra f_0 của bộ tích phân DDA.

Để chuyển động của dụng cụ theo đường thẳng bất kỳ trong mặt phẳng (2D) người ta cần hai chuyển động thẳng tạo hình. Hai chuyển động này được phân phối cho bàn máy. Một chuyển động thẳng song song với trục X, gọi là chuyển động chạy dao dọc, chuyển động thẳng thứ hai bố trí cho trục Y gọi là chạy dao ngang. Khi tổ hợp hai chuyển động X và Y dụng cụ sẽ chuyển động theo đường tương ứng trên mặt phẳng. Để dụng cụ chuyển động trên đường thẳng trong không gian ta cần phải tổ hợp ba chuyển động thẳng, mỗi chuyển động thẳng là một trục thẳng máy. Hai chuyển động thẳng phân phối cho bàn máy như trong trường hợp 2D và chuyển động thẳng còn lại bố trí cho trục vuông góc với mặt phẳng chứa hai trục X và Y.

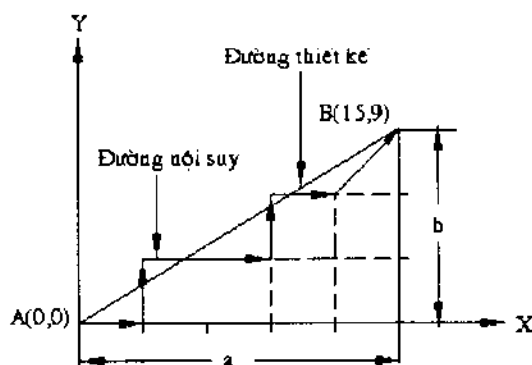


Hình 7- 6 Bộ nội suy thẳng .

Dưới đây trình bày cấu trúc bộ nội suy thẳng dùng mạch tích phân DDA trong phẳng (2D). Để tạo bộ nội suy đường thẳng 2D người ta đã dùng hai mạch tích phân DDA, một mạch tích phân DDA cho chuyển động trục X của bàn máy và một mạch tích phân DDA dùng cho trục chuyển động còn lại (Y).

Để dụng cụ chuyển động cắt rãnh nghiêng trong mặt phẳng cần phải có mối liên hệ động học giữa hai trục X và trục Y ví dụ, máy tiện vạn năng, để cắt bước ren trên mặt trụ, chuyển động quay tròn của trục chính và chuyển động tịnh tiến của bàn máy có mối quan hệ động học với nhau, khi trục chính quay một vòng – bàn máy tịnh tiến một lượng t_p . Mối quan hệ động học này được các cơ cấu cơ khí thực hiện. Mối liên hệ động học giữa các trục máy trong máy CNC được thực hiện nhờ một biến trung gian - đồng hồ ngoài. Đồng hồ ngoài đồng thời cung cấp nhịp thời gian cho mạch điều khiển các trục. Vì vậy trong nội suy đường thẳng trong mặt phẳng, hai tích phân DDA của trục X và trục Y được cung cấp chung một đồng hồ như chỉ ra trên hình 7- 6.

Giả thiết rằng dụng cụ gia công rãnh thẳng AB, tọa độ đầu A(0,0) tọa độ điểm cuối B (15, 9), bước cơ sở của bàn máy BCS = 3. Đơn vị đo tọa độ các điểm và BCS là đơn vị chiều dài. Bộ nội suy dùng hai mạch tích phân DDA, DDA – 1 cho trục X và DDA – 2 cho trục Y. Thanh ghi của các tích phân DDA, $n = 3$. Tín hiệu ra của tích phân DDA tới các trục tương ứng như chỉ ra trên hình 7-6. Xác định xung ra trên các DDA.



Hình 7- 7 Đường thiết kế và đường nội suy.

Gia số trên trục X tính theo BCS, $a = 15/3 = 5$ BCS, gia số trên trục Y tính theo BCS, $b = 9/3 = 3$ BCS chỉ ra trên (hình 7-7). Để mạch bộ nội suy thực hiện chuyển động dụng cụ trên đường AB đã thiết kế ta nạp vào thanh ghi p của DDA – 1 gia số a và nạp cho thanh ghi p của DDA – 2 gia số b . Dùng đồng hồ ngoài với tần số f cung cấp cho cả hai mạch tích phân. Kết quả các bước tích phân chỉ ra trên bảng 7-2.

Từ công thức (7-11) tín hiệu xung ra trên các tích phân DDA có thể viết:

$$\Delta z_1 = Ca\Delta t \quad (7-16a)$$

$$\Delta z_1 = Cb\Delta t \quad (7-16b)$$

ở đây C là hệ số của các tích phân DDA cho trong công thức (7-10). Tỷ số tần số tín hiệu ra trên các tích phân là:

$$\frac{\Delta z_1 / \Delta t}{\Delta z_2 / \Delta t} = \frac{a}{b} \quad (7-17)$$

Vị trí tức thời của bàn máy theo các trục được xác định bởi tích phân phương trình (7-16):

$$X = Cat \quad Y = Cbt \quad (7-18)$$

Bảng 7-2 Kết quả của nội suy đường thẳng

Bước N"	DDA - 1		DDA -2	
	q ₁	Δz ₁	q ₂	Δz ₂
0	0		0	
1	5		3	
2	2	1	6	
3	7		1	1
4	4	1	4	
5	1	1	7	
6	6		2	1
7	3	1	5	
8	0	1	0	1

Một vấn đề đặt ra là làm như thế nào để thay đổi tốc độ bàn máy. Tốc độ bàn máy phù hợp với tần số ra trung bình của các các tích phân DDA tương ứng các trục. Từ công thức (7-12) cho thấy tần số ra trung bình của tích phân DDA có quan hệ với tần số đồng hồ có nghĩa là nếu thay đổi tần số đồng hồ sẽ thay đổi được tần số ra của tích phân DDA. Từ suy luận trên, nếu ta dùng một bộ tích phân DDA thứ ba làm mạch thay đổi tần số đưa vào bộ tích phân đường thẳng. Đầu ra của tích phân này

nối với cửa vào tần số ngoài của bộ nội suy đường thẳng. Hình 7-6 biểu diễn sơ đồ cấu trúc phân DDA thứ ba vào bộ nội suy thẳng.

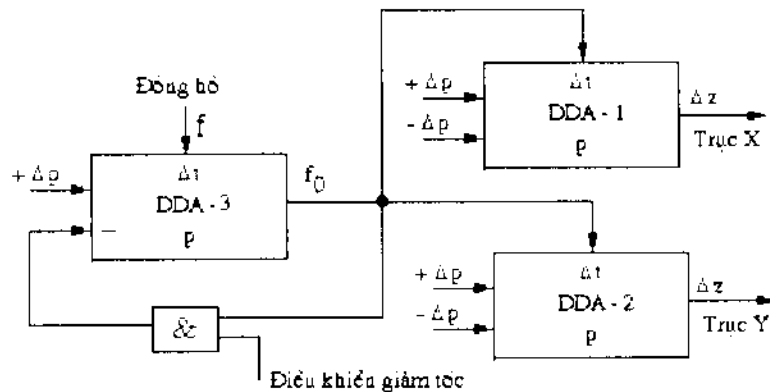
Nếu coi tích phân thứ ba đóng vai trò điều chỉnh tốc độ, chọn thanh ghi DDA – 3 m – bit. Thanh ghi p nạp nạp mã chạy dao (MCD) tính theo công thức (3-3):

$$MCD = \frac{10 \times V}{L} \quad (7-19)$$

trong đó V là tốc độ chạy dao yêu cầu trên đường thẳng AB tính theo phút chỉ ra trên hình 7-7, và L là chiều dài chuyển động của dụng cụ. Trong trường hợp đang khảo sát L được tính như sau:

$$L = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (7-20)$$

trong đó a là gia số trên trục X và b là gia số trên trục Y.



Hình 7- 8 Sơ đồ khối bộ nội suy đường thẳng thay đổi tốc độ chạy dao .

Tần số ra trên tích phân DDA – 3 được xác định bằng cách thay phương trình (7-19) vào phương trình (7- 13) ta có:

$$f_0 = C \times \text{MCD} = \frac{10Vf}{2^m L} \quad (7-21)$$

Đầu ra của tích phân DDA – nối với đầu vào tần số của tích phân DDA – 1 và DDA – 2 hệ số của tích phân 1 và 2 sẽ là:

$$C = \frac{f_0}{2^n} = \frac{10Vf}{2^n 2^m L} = \frac{10Vf}{2^{m+n} L} \quad (7-22)$$

Tốc độ bàn máy theo các trục tính theo công thức (7-17):

$$V_x = \frac{\Delta z_1}{\Delta t} = Ca \quad (7-23a)$$

$$V_y = \frac{\Delta z_2}{\Delta t} = Cb \quad (7-23b)$$

Vận tốc V_x và V_y tính theo đơn vị dài trên giây.

Tính lượng chạy dao thực tế trên rãnh AB theo tốc độ chạy dao thành phần V_x và V_y .

$$V_{AB} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{a^2 + b^2} = CL \quad (7-24)$$

Thay phương trình (7-22) và (7-20) vào phương trình (7-24) ta có:

$$V_{AB} = \frac{10f}{2^{n+m}} V \quad (7-25)$$

Xác định giá trị MCD trên cơ sở biết các gia số, tốc độ chạy dao, số – bit trên các thanh ghi của tích phân 1, 2 và 3. Chú ý rằng số – bit trên các thanh ghi đã được xác định ngay trong quá trình thiết kế bộ nội suy. Từ phương trình (2 – 1) và phương trình (2-2) tính ra tần số ra f_{RX} trên tích phân DDA – 1.

$$f_{RX} = \frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} V \quad (7-26)$$

trong đó Δx , Δy là khoảng cách dịch chuyển bàn máy tính theo BCS.

Đặt phương trình (7- 19) vào vào phương trình (7- 23) ta có:

$$V_x = \frac{MCD \times f}{2^{n+m}} a \quad (7-27)$$

Tần số ra trên tích phân DDA –1 tương ứng với vận tốc bàn máy, vì vậy từ phương trình (7-26) và phương trình (7-27) ta có:

$$\frac{MCD \times f}{2^{m+n}} a = \frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} V \quad (7-28)$$

Vì giá trị của a bằng giá trị Δx , giá trị MCD xác định như sau:

$$MCD = \frac{V}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} \frac{2^{m+n}}{f} \quad (7-29)$$

Để có thể dừng chính xác, trong mạch bộ nội suy trên tích phân DDA – 3 người ta bố trí phần tử V_A để đưa xung điều khiển giảm tốc vào chân âm của DDA – 3 như chỉ ra trên hình 7-6.

Ví dụ 7-2 Máy phay NC hai trục có BCS = 0,01mm, tần số đồng hồ đưa vào các tích phân DDA, $f = 1 \times 10^3$ Hz, dịch chuyển theo trục X và Y với gia số tương ứng $\Delta x = 2$ mm, $\Delta y = 3$ mm, tốc độ chạy dao là $V = 6$ mm/ph, các thanh ghi $n = 10$. Tính toán giá trị thanh ghi.

GIẢI

$$V_x = \frac{6 \times 2}{\sqrt{2^2 + 3^2}} \frac{1}{0,001 \times 60} = 55,3 \text{ BCS/s}$$

$$V_s = \frac{6 \times 3}{\sqrt{2^2 + 3^2}} \frac{1}{0,001 \times 60} = 83,3 \text{ BCS/s}$$

Tương ứng với vận tốc chuyển động của bàn máy là tần số ra của các tích phân tương ứng của bộ nội suy, có nghĩa là $f_{RX} = 55,3$ và $f_{RY} = 83,3$

Giá trị nạp vào thanh ghi p trong tích phân DDA – 1 là:

$$p_x = \frac{55,3 \times 2^{10}}{1 \times 10^3} = 57$$

$$p_y = \frac{83,3 \times 2^{10}}{1 \times 10^3} = 85$$

7.3 NỘI SUY VÒNG DÙNG MẠCH TÍCH PHÂN DDA

Bộ nội suy vòng không thể thiếu được trong hệ điều khiển máy công cụ điều khiển số. Nội suy vòng rút ra sự cần thiết phải xác định nhiều điểm dọc theo cung tròn trong khi chỉ biết điểm đầu, điểm cuối và bán kính cung tròn. Trong thực tế nhiều trường hợp nội suy vòng chỉ giới hạn ở một phần tư góc mà trong góc này phải có cả điểm đầu và điểm cuối. Nếu cung tròn lớn hơn góc phần tư cần phải chia cung thành các đoạn cong liên tiếp.

Giả thử cần chuyển động dụng cụ theo cung tròn có tọa độ điểm tâm $P_0(x_0, y_0)$, và hai điểm đầu và cuối P_1 và P_2 như chỉ ra trên hình 7-9.

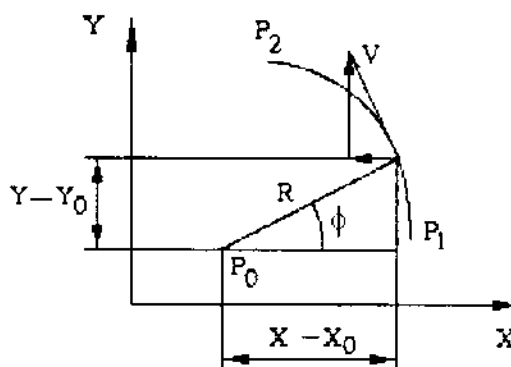
Góc vị trí của dụng cụ ϕ là góc nghiêng của đường kính nối từ điểm khảo sát với tâm cung tròn và trục dương X.

Tọa độ điểm khảo sát trong hệ tọa độ XOY :

$$x = R \cos \phi + x_0 \quad (7-30)$$

$$y = R \sin \phi + y_0 \quad (7-31)$$

trong đó R là bán kính cung tròn.



Hình 7- 9 Đường cong khảo sát.

Từ hình 7 – 7 ta có :

$$x - x_0 = R \cos \phi \quad (7- 32)$$

$$y - y_0 = R \sin \phi \quad (7-33)$$

Tốc độ chuyển động trên các trục được xác định bởi phương trình vi phân :

$$V_x = \frac{dx}{dt} = -R \sin \phi \frac{d\phi}{dt} \quad (7-34)$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = R \cos \phi \frac{d\phi}{dt} \quad (7-35)$$

Thay phương trình (7-32) và (7-33) vào phương trình (7-34) và (7-35) ta có

$$V_x = \frac{dx}{dt} = -(y - y_0) \frac{d\phi}{dt} \quad (7-36)$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = (x - x_0) \frac{d\phi}{dt} \quad (7-37)$$

Gọi hình chiếu của bán kính nối từ điểm đầu cung tròn và tâm cung tròn xuống trục OX là i và lên trục OY là j , i và j sẽ là:

$$i = x - x_0 = R \cos \phi \quad (7-38)$$

$$j = - (y - y_0) = R \sin \phi \quad (7-39)$$

Tốc độ chạy dao của dụng cụ cắt trên cung tròn :

$$V_t = R \frac{d\phi}{dt}$$

$$\frac{V_t}{R} = \frac{d\phi}{dt} \quad (7-40)$$

Phương trình (7-40) chỉ ra khả năng thay đổi tốc độ chạy dao.

Trên cơ sở mô hình toán học chuyển động của dụng cụ trên cung tròn, sử dụng mạch tích phân DDA thực hiện điều khiển chuyển động dụng cụ theo đường vòng, tổ hợp mạch tích phân DDA đó là bộ nội suy vòng.

Bộ nội suy vòng gồm hai tích phân DDA -1 và DDA - 2, DDA - 1 điều khiển trục X và DDA - 2 điều khiển trục Y. Thanh ghi p của DDA - 1 nạp giá trị $|y - y_0|$ tương ứng với giá trị $j = R \sin \phi$ và Thanh ghi p của DDA - 2 nạp giá trị $|x - x_0|$ tương ứng với giá trị $i = R \cos \phi$. Chú ý rằng số nhị phân trong thanh ghi không có dấu. Lấy tín hiệu ra của tích phân DDA - 1 đưa tới cổng vào âm ($-\Delta p$) của DDA - 2 và lấy tín hiệu ra của tích phân DDA - 2 đưa tới cổng dương ($+\Delta p$) của DDA - 1 tương ứng với phương trình (7-36) và (7-37). Hình 7-10 là sơ đồ cấu trúc của bộ nội suy vòng.

Tín hiệu ra trên các tích phân DDA của bộ nội suy vòng tương ứng với phương trình (7-11):

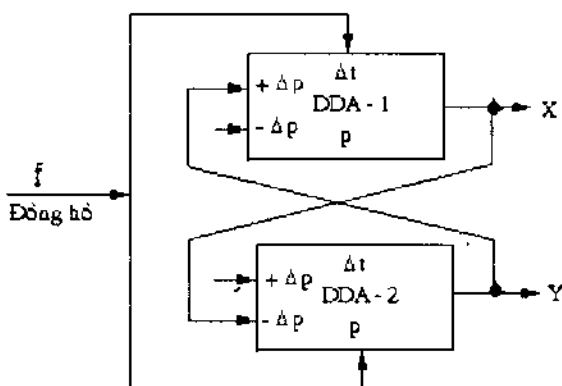
$$\Delta z_1 = CR \cos \phi t \, dt \quad (7-41a)$$

$$\Delta z_2 = CR \sin \phi t \, dt \quad (7-41b)$$

trong đó C là đại lượng biến đổi tần số tín hiệu ra tích phân DDA. Từ công thức (7-40) cho thấy giá trị C của các DDA trong bộ nội suy vòng là:

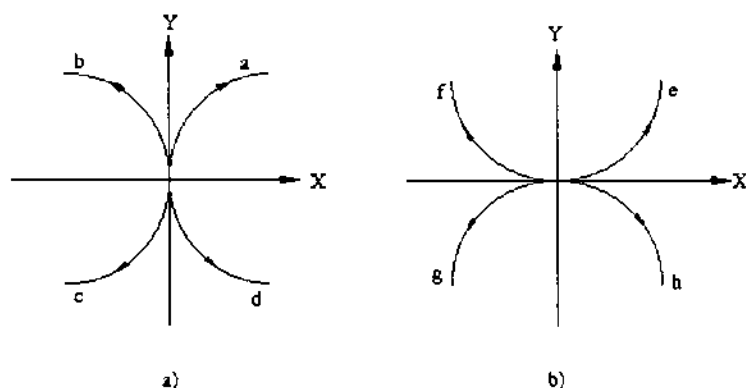
$$C = \frac{V_L}{R} \quad (7-42)$$

Lựa chọn đưa tín hiệu ra trên tích phân DDA – 1 đến cổng vào của tích phân DDA – 2 ở cổng $+\Delta p$ hoặc $-\Delta p$ và tín hiệu ra trên tích phân DDA – 2 đến cổng vào của tích phân DDA – 1 ở cổng $+\Delta p$ hoặc $-\Delta p$ là vấn đề khó khăn trong quá trình thiết kế mạch nội suy vòng.



Hình 7- 10 Sơ đồ khối bộ nội suy vòng.

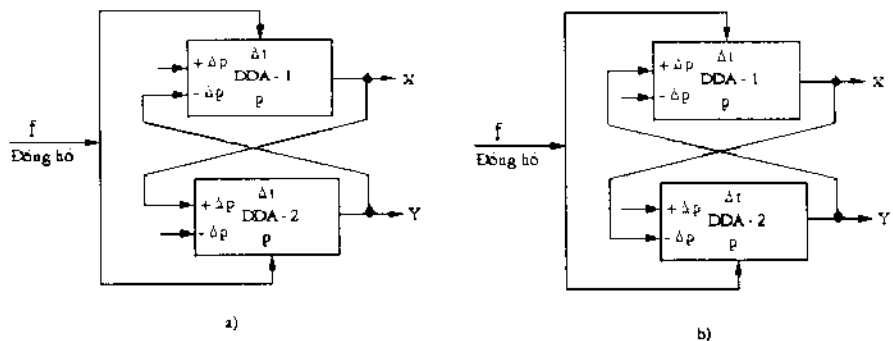
Trong quá trình khảo sát đường cong nội suy người ta nhận thấy, qua một điểm có tám đường cong khác nhau như chỉ ra trên hình 7-11.



Hình 7- 11 Tám khả năng của các đường cong.

Số đường cong này có thể chia thành hai nhóm, nhóm đường cong thứ nhất gồm các đường cong a,b,c và d. Nhóm đường cong thứ hai là các đường cong e,f,g và h. Xét nhóm đường cong thứ nhất ta thấy cấu trúc của các đường cong này giống nhau, vì vậy các bộ nội suy dùng để hình thành các đường cong thứ nhất là giống nhau, ví dụ nếu cho hướng X ngược lại thì đường cong a và b được hình thành trên cùng một bộ nội suy vòng. Nhóm đường cong thứ hai được hình thành trên bộ nội suy khác. Ngoài ra những đường cong đặc biệt được thiết kế với bộ nội suy riêng đặt trong hệ điều khiển. Bộ nội suy dùng để điều khiển dụng cụ chuyển động theo nhóm đường cong thứ nhất cho trên hình 7-12b và cho nhóm thứ hai chỉ ra trên hình 7-12a. Mạch nội suy chỉ cho phép hình thành các đường cong trong cùng góc phần tư. Các cung tròn lớn hơn, để nội suy được phải chia nó thành cung nằm trong các góc phần tư liên tiếp và đây cũng là nhược điểm của bộ nội suy cứng.

Các đường cong lớn hơn góc phần tư hoàn toàn có thể thực hiện bởi nhờ phần mềm máy tính viết mô phỏng lại bộ nội suy cứng.



Hình 7- 12 Sơ đồ khối bộ nội suy tương ứng với hai nhóm đường cong.

Ví dụ 7-3 Giả thiết dùng bộ nội suy cứng các tích phân số có thanh ghi $n = 4$ - bit để chuyển động dụng cụ trên một phần tư vòng tròn với các thông số ban đầu $i = R = 15$ và $J = 0$. Tính toán giá trị trong thanh ghi ở các bước nội suy và vẽ chuyển động thực của dụng cụ.

GIẢI

Cung tròn nội suy nằm trên góc phần tư có dạng tương ứng với đoạn cong a trên hình 7-11a vì vậy dùng mạch tích phân DDA có cấu trúc như hình 7-12b. Giá trị của $i = 15$ nạp cho thanh ghi p của DDA - 2 và nạp cho thanh ghi p của DDA - 1 giá trị 0. Dưới tác dụng xung đồng hồ ngoài, giá trị trong thanh ghi p của DDA - 2 giảm xuống do xung từ ra trên tích phân DDA - 1 đưa cổng $-\Delta p$ của DDA - 2. Và xung ra của tích phân DDA- 2 đưa vào cổng $+\Delta p$ của tích phân DDA -1, giá trị thanh ghi p của DDA - 1 tăng lên.

Nội suy cung tròn dừng khi giá trị trong thanh ghi p của tích phân DDA - 2 về không. Tần số ra trên cổng ra của các tích phân số tương ứng với tốc độ của trục.

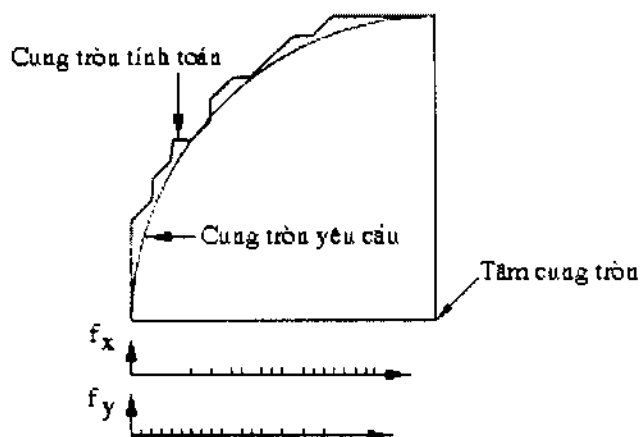
Bảng 7-3 chỉ ra các bước tính toán trong bộ nội suy. Hình 7-13 chỉ ra đường cong tính toán (a) và đường cong yêu cầu (b).

Bảng 7-3 Kết quả nội suy vòng

Bước tích phân	DDA – 2			DDA – 1		
	p	q	Δz	p	q	Δz
0	5	0		0	0	
1	15	15		0	0	
2	15	14	1	1	1	
3	15	13	1	2	3	
4	15	12	1	3	6	
5	15	11	1	4	10	
6	15	10	1	5	15	
7	15	9	1	6	5	1
8	14	7	1	7	12	
9	14	5	1	8	4	1
10	13	2	1	9	13	
11	13	15		9	6	1
12	12	11	1	10	0	1
13	11	6	1	11	11	
14	11	1	1	12	7	1
15	10	11		12	3	1
16	9	4	1	13	0	1
17	8	12		13	13	
18	8	4	1	14	11	1
19	7	11		14	9	1
20	6	1	1	15	8	1
21	5	6		15	7	1
22	4	10		15	6	1
23	3	13		15	5	1
24	2	15		15	4	1
25	1	0	1	15	3	1

Trong hệ điều khiển máy người ta mong muốn số lượng phần cứng máy càng nhỏ càng tốt. Vì vậy người ta tìm cách dùng số lượng mạch tích phân nhỏ nhất nhưng vẫn đảm bảo được các tính năng nội suy của hệ điều khiển. Để thực hiện yêu cầu trên người ta đã tổ hợp ba mạch tích phân với một số cổng logic hình thành bộ nội suy có cả hai chức năng nội suy đường thẳng và nội suy cung tròn như chỉ ra trên hình 7-14.

Trong bộ nội suy, tích phân DDA - 3 đóng vai trò điều khiển tốc độ cho cả hai bộ nội suy có nghĩa là giá trị tốc độ được mã hoá và đưa vào thanh ghi p của tích phân DDA - 3.

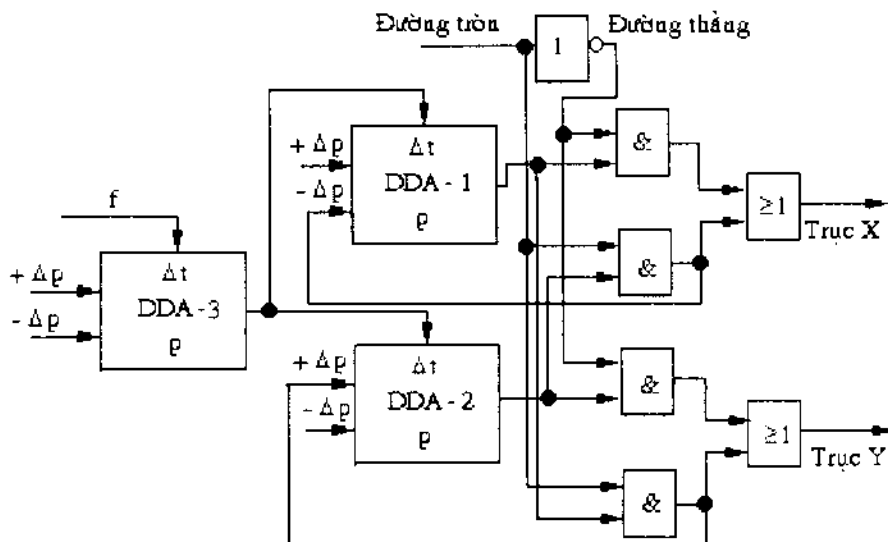


Hình 7-13 Cung tròn nội suy và cung tròn yêu cầu.

Từ mã hóa tốc độ chạy dao trên cung tròn tương ứng với công thức (3-4), bán kính R tính theo công thức :

$$R = \sqrt{i^2 + j^2} \quad (7-43)$$

ở đây i và j tính theo công thức (7-38) và (7-39).



Hình 7- 14 Bộ nội suy thẳng và vòng.

7. 4 PHẦN MỀM NỘI SUY

Hiện nay, CNC được sử dụng ngày càng phổ biến trong sản xuất ở nước ta. Máy CNC khác với máy NC ở chỗ người ta đặt một máy tính nhỏ trong hệ điều khiển và coi nó như là một phần của hệ điều khiển máy.

Máy tính dùng để hình thành các chức năng NC như quá trình số liệu, tính toán tốc độ, mạch điều khiển tốc độ và nội suy giữa hai điểm cho trước (điểm đầu, điểm cuối). Nội suy có thể xem như là một thủ tục đặc biệt mà nó sinh ra tín hiệu lệnh thực hiện chuyển động dụng cụ theo từng đoạn nhỏ. Hiện nay có các kiểu nội suy như đường thẳng, cung tròn, parabol, elip. Nội suy elip không thể thực hiện được trong máy công cụ CNC nhưng nó có thể được sử dụng ở các dạng máy khác ví dụ máy cắt laze.

Phần mềm nội suy DDA là phần mềm thực hiện nội suy trên cơ sở thuật toán phần cứng DDA. Nội suy DDA đòi hỏi thuật toán cộng lên tục theo nguyên tắc nhất định để tạo ra các điểm nội suy mới phù hợp với ý tưởng đã cho. Trong bộ nội suy cứng, tốc độ nội suy được điều chỉnh bằng tần số đồng hồ ngoài.

Tần số thực hiện chu kỳ lặp trong phần mềm nội suy phụ thuộc vào máy tính sử dụng trong phần cứng hệ điều khiển máy. Tần số đồng hồ của máy tính nằm trong dải hàng trăm kilohec, chu kỳ thời gian của máy tính khoảng 1µs nên nó có khả năng sử dụng hình thành xung ngắt tần số cao.

Từ công thức (7-22) và (7-24) ta có:

$$\frac{V}{f_0} = \frac{L}{2^n} \quad (7-44)$$

trong đó V là tốc độ chuyển động của dụng cụ dọc theo đường cắt, f_0 – tần số ra trên cổng bộ nội suy.

Tương tự như thế đối với đường tròn:

$$\frac{V}{f_0} = \frac{R}{2^n} \quad (7-45)$$

trong đó V là tốc độ dụng cụ chuyển động dọc theo đường cung tròn cắt.

Từ công thức (7-44) và (7-45) cho thấy tỷ lệ giữa tốc độ dài chuyển động của dụng cụ và tần số ra của bộ nội suy phụ thuộc vào tỷ số giữa chiều dài hoặc bán kính đường cong với số – bit trong bộ nội suy (dung lượng thanh ghi). Tần số ra bằng tốc độ dài của dụng cụ khi tỷ số này bằng một ($\frac{R}{2^n} = 1$ hoặc $\frac{L}{2^n} = 1$). Các tỷ số này còn gọi là hệ số bộ nội suy cứng.

Khoảng cách chuyển động và bán kính đường cong cắt luôn thay đổi vì vậy tỷ lệ $\frac{R}{2^n}$ hoặc $\frac{L}{2^n}$ cũng thay đổi theo có nghĩa là tốc độ dài và tần số ra không còn tương ứng với nhau. Để tốc độ dụng cụ phù hợp với tần số ra cần phải thay đổi số – bit trong thanh ghi. Nhưng với bộ nội suy cứng DDA số lượng – bit trong các thanh ghi không thể thay đổi được. Vì vậy để thay đổi tốc độ chuyển động của dụng cụ cần phải thay đổi tần số đồng hồ ngoài. Nhược điểm này được khắc phục khi dùng phần mềm nội suy DDA. Trong phần mềm nội suy DDA, số – bit của thanh ghi bộ nội suy được coi là biến, vì vậy có thể thay đổi được nên $S = 2^n$. Đối với chuyển động đường thẳng, ta có $S = L$ và đối với chuyển động tròn ta có $S = R$. Tích phân DDA – 3 phải cung cấp tốc độ lập, tốc độ này bằng tốc độ chuyển động của dụng cụ dọc theo đường cần nội suy tính theo BCS trên giấy. Phù hợp với công thức (7 – 12) tần số ra trên tích phân là:

$$f_0 = \frac{MCD}{S_0} f$$

trong đó S_0 là giá trị mã tốc độ chạy dao cực đại cho phép và f là tần số không đổi của đồng hồ ngoài. Trong phần mềm nội suy, tần số này lấy từ tần số xung ngắt của máy tính.

Ví dụ 7-4 Tốc độ chạy dao cực đại của hệ điều khiển máy CNC là 3600mm/ph, và bước cơ sở của máy BCS = 0,01mm. Nếu mã hóa chạy dao được tính theo mm/ph. Tính toán S_0 và tần số xung ngắt của đồng hồ.

GIẢI

Mã hoá cực đại S_0 là:

$$S_0 = 3600$$

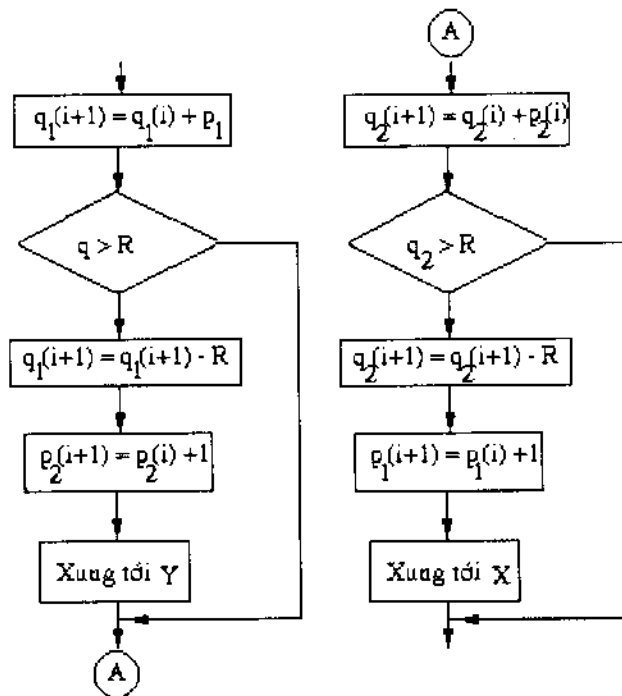
Tần số xung ngắt là:

$$f = \frac{V_{\max}}{\text{BCS}} = \frac{3600}{0,01 \times 60} = 6000 \text{ xung/s}$$

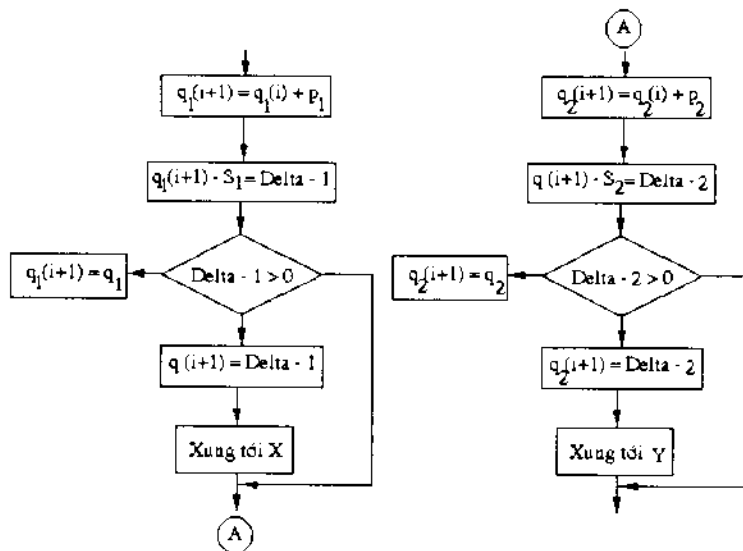
Tần số ngắt là 6000 xung/s tương ứng với thời gian lặp 167 μs của hệ thống điều khiển CNC.

Hình 7-15 chỉ ra sơ đồ thuật toán của phần mềm nội suy trên cơ sở thuật toán phần cứng DDA cho nội suy vòng với các giá trị thanh ghi $p_1 = a$ và $p_2 = b$. Hình 7-16 là sơ đồ thuật toán nội suy thẳng với các giá trị thanh ghi $p_1 = i$ và $p_2 = j$.

Dưới đây là một đoạn chương trình viết theo ngôn ngữ Assembly dựa theo thuật toán tích phân DDA để điều khiển động cơ bước.



Hình 7- 15 Sơ đồ thuật toán nội suy vòng



Hình 7- 16 Sơ đồ thuật toán nội suy thẳng

Chương trình nội suy thẳng, viết theo thuật toán mạch tích phân DDA cho động cơ bước. Momen trục 2N/m

```

mov xh,q3h
mov xl,q3l
mov yh,p3h
mov yl,p3l
lcall add16
mov xh,zh
mov xl,zl
mov yh,s3h
mov yl,s3l
lcall sub16
jb ZOV,label3
mov q3h,zh
mov q3l,zl
;=====
mov xh,q1h
mov xl,q1l
mov yh,p1h

```

```

    mov  yl,p1l
    lcall add16
    mov  xh,zh
    mov  xl,zl
    mov  yh,s1h
    mov  yl,s1l
    lcall sub16
    jnb  ZOV,label1
    mov  q1h,xh
    mov  q1l,xl
    sjmp label4

label3:
    mov  q3h,xh
    mov  q3l,xl
    ret

label1:
    mov  q1h,zh
    mov  q1l,zl

    jb  emptyX,label4

Chk_Pulse_X:
    dec  hxl
    mov  r6,hxl
    cjne r6,#0ffh,Enable_X

    dec  hxx
    mov  r5,hxx
    cjne r5,#0ffh,Enable_X
    setb emptyX
    mov  P0,#0ffh
    sjmp label4

Enable_X:
    clrc
    mov  a,T1B
    mov  c,acc.7
    mov  refX,c
    jnb  refX,Q_ThuanX

```

Chương trình cấp xung cho các động cơ và thực hiện. lựa chọn chiều quy động cơ bước.

```
Q_NguocX:
    inc    counter1
    lcall  F_Ng_X
    sjmp  label4
Q_ThuanX:
    inc    counter2
    lcall  F_Th_X

label4:
    mov  xh,q2h
    mov  xl,q2l
    mov  yh,p2h
    mov  yl,p2l
    lcall add16
    mov  xh,zh
    mov  xl,zl
    mov  yh,s2h
    mov  yl,s2l
    lcall sub16
    jnb  ZOV,label2
    mov  q2h,xh
    mov  q2l,xl
    sjmp label5
label2:
    mov  q2h,zh
    mov  q2l,zl

    jb  emptyY,label5

Chk_Pulse_Y:
    dec  hyl
    mov  r6,hyl
    cjne r6,#0ffh,Enable_Y

    dec  hyh
    mov  r5,hyh
    cjne r5,#0ffh,Enable_Y
    setb emptyY
```

```

    setb p2.0
    setb p2.1
    setb p2.2
    setb p2.3

    sjmp label5
Enable_Y:
    clrc
    mov a,T2B
    mov c,acc.7
    mov refY,c
    jnb refY,Q_ThuanY
Q_NguocY:
    inc counter3
    lcall F_Ng_Y
    sjmp label5
Q_ThuanY:
    inc counter4
    lcall F_Th_Y

```

Trong nội suy vòng chuyển động các trục tạo ra tốc độ chuyển động V của dụng cụ là không đổi, và tiếp tuyến với vòng tròn. Tốc độ các trục tính theo công thức:

$$V_x(t) = V \sin \theta(t) \quad (7-46a)$$

$$V_y(t) = V \cos \theta(t) \quad (7-46b)$$

ở đây $\theta(t) = \frac{V}{R}$.

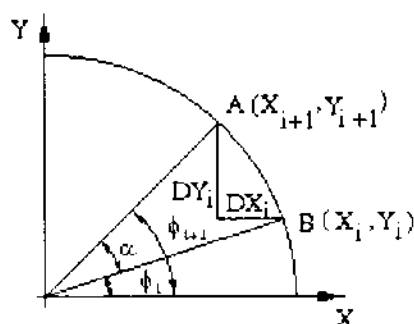
Tốc độ V_x và V_y là hai chuyển động thẳng của các trục, tổng hợp hai chuyển động thẳng thành nội suy vòng. Các thông số tốc độ các trục là tín hiệu vào của mạch nội suy vòng. Từ suy luận trên cho thấy thực chất cung tròn hình thành trên cơ sở các đoạn thẳng liên tiếp. Điểm đầu của đoạn thẳng đầu tiên của cung tròn được cung cấp bởi điểm bắt đầu cung tròn, các điểm tiếp theo được hệ thống tính toán cung cấp cho bộ

nội suy. Số lượng đoạn thẳng để hình thành cung tròn là số vòng lặp cần thiết để hình thành đoạn cong nội suy. Sai số đường cong nội suy với đường cong thiết kế là cơ sở để tính toán số lượng đoạn thẳng cần thiết trên cung cần nội suy.

Số lượng đoạn thẳng tối ưu nhất là số đoạn thẳng sao cho sai số trên đường dẫn

Nhỏ nhất là bằng một bước cơ sở (BCS).

Hình 7-17 chỉ ra mỗi vòng lặp của thuật toán phù hợp với góc α .



Hình 7- 17 Thực hiện nội suy hai điểm trên cung tròn .

ở mỗi điểm B (X_i, Y_i) bộ nội suy tính toán tọa độ điểm tiếp theo A(X_{i+1}, Y_{i+1}). Chiều dài đoạn thẳng các trục cần chuyển động :

$$DX_i = X_{i+1} - X_i$$

$$DY_i = Y_{i+1} - Y_i$$

Và tốc độ tương ứng trên các trục :

$$V_x(t) = \frac{VDX_i}{DS_i} \quad (7-47a)$$

$$V_y(t) = \frac{VDY_i}{DS_i} \quad (7-47b)$$

trong đó: $AB = DS_i = \sqrt{DX_i^2 + DY_i^2}$

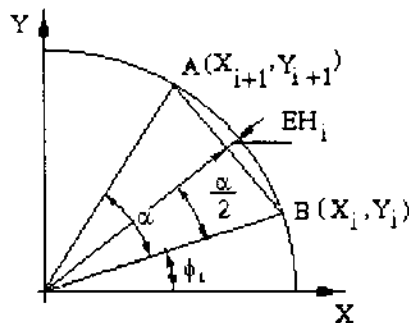
Công thức (7-47a) và (7-47b) là vị trí của điểm tiếp theo và cũng chính là các thông số cấp cho bộ nội suy.

Nếu cung giữa điểm A và B nhỏ, cung AB có thể coi như là đoạn thẳng và có thể tính $AB = R\alpha$. Tốc độ trên các trục chuyển động có thể viết :

$$V_{x(i)} = K DX_i \quad (7-48a)$$

$$V_{y(i)} = K DY_i \quad (7-48b)$$

trong đó $K = \frac{V}{R\alpha}$, K là hằng số và nó tính toán cho mỗi cung tròn.



Hình 7- 18 Sơ đồ tính toán sai số đường cong nội suy .

Khi xấp xỉ đường cong thành đường thẳng, đường cong nội suy gặp phải sai số như chỉ ra trên hình 7-18. Sai số EH_i được tính như sau:

$$EH_i = R - R \cos \frac{\alpha}{2} \quad (7-49)$$

Biến đổi công thức (7-49) ta có:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{EH_i}{R} \quad (7-50)$$

Từ công thức (7-50) ta có thể tính được số đoạn thẳng cần thiết khi nội suy cung tròn ở góc phần tư thứ nhất theo sai số EH lựa chọn:

$$N = \frac{\pi}{2\alpha} \quad (7-51)$$

trong đó N là số đoạn thẳng hình thành cung nội suy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Yoram Koren “ Computer Control of Manufacturing Systems”, McGraw – Hill Book company, 1983.
- [2] Yoram Koren, Alexander Shani “ Numerical Control of a Lathe”, IEEE Transaction on industry and general Applications, Vol. IGA – 6, NO. 2, March /April 1970.
- [3] V. L. Kosovsky, Yu. G. Kozyrev, A. N. Koshov, G.G Ratmirov “Numerical Control of Machine Tools and Robots “ Mir Publishers Moscow, 1989.
- [4] Mikell P. Groover, Mitchell Welss, Roger N. Nagel “ Industrial Robotics Technology, Programming, and Applications”, McGraw – Hill International Edition, 1998.
- [5] S.C Janathan Lin,” Computer Numerical Control from Programming to Networking”, Delmar Publishers Inc, 1994.
- [6] Hans. B Kief. T. Frederick Waters, “ Computer Numerical Control”, Macmillan/McGraw – Hill, 1996.
- [7] Jon Stenerson, Kelly Curran, “ Computer Numerical Control Operation and Programming”, Prentice Hall, 1997.
- [8] Jacob fraden, Handbook of Modern Sensors Physics Designs and Application”, Springer, 2001.
- [9] Michael B. Histand, David G. Alciatore, “ Machatronics and Measurement Systems”, McGraw – Hill International Edition, 1998.
- [10] Chang. Tien – chien, Richard A. Wysk and Hsu - Pin Wany, “ NC Machine Programming and Software”, Prentice Hall, 1991.
- [11] Gribb, Dvid and Thomas M. Crandell, “ An Introdution to CNC Technology”, New York Industrial press, 1991.
- [12] Cadzow, J. A “ Discrete – Time Systems” Prentice – Hall, 1973.
- [13] Greem M “ Computezied Control to a the Lathe to the Turning proccess”, M. Sev Thesis, Technion, July, 1979.
- [14] Sizer. T. R “ The Digital Differential Analyzer” Chapman & Hall, London, England, 1968.

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ TRONG CÔNG NGHIỆP

Tác giả : Bùi Quý Lực

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa bài : THS. NGUYỄN HUY TIẾN

NGỌC LINH

Trình bày bìa :

HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70, TRẦN HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI

In 800 cuốn, khổ 16 x 24 cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc
Quyết định xuất bản số: 136 – 2006/CXB/336 - 06/KHKT - 7/9/2006
In xong và nộp lưu chiểu Quý IV năm 2006.



1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
**50 NĂM XÂY DỰNG
VÀ PHÁT TRIỂN**

206309



Giá: 40.000đ