

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.

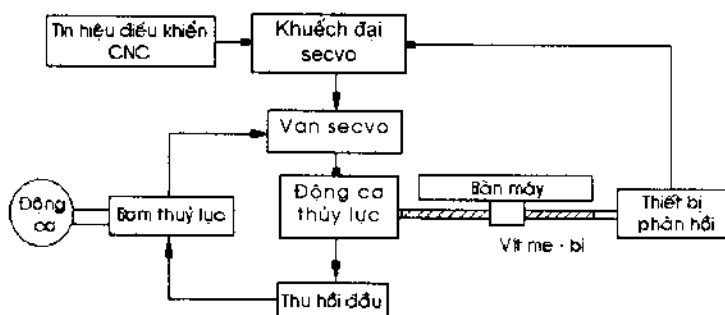
2- Điều khiển thủy lực cứng hơn so với điều khiển điện. Vì vậy đặc tính hệ số khuếch đại mạch cao và đáp ứng tần số tốt hơn.

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.

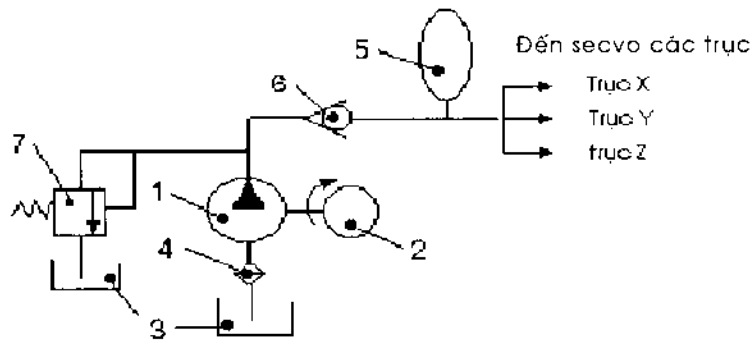


Hình 4-1 Hệ dẫn động servo thủy lực một trục trong máy CNC .

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 phân 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 .

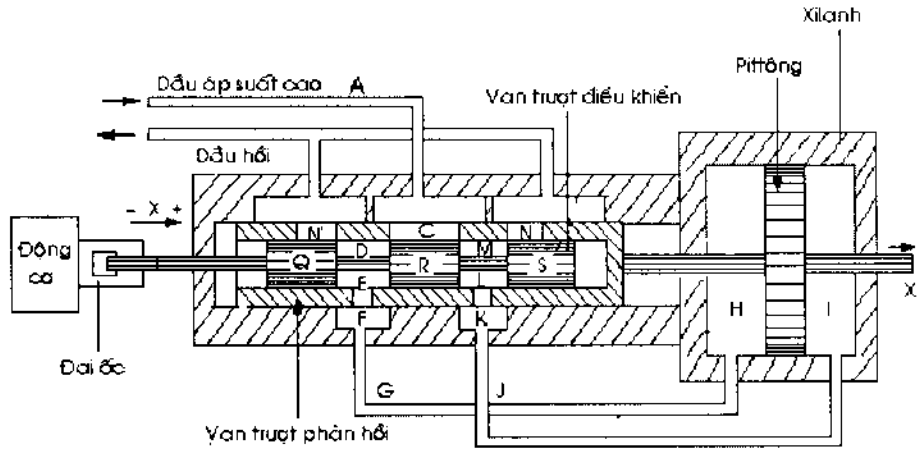
Tốc độ quay của động cơ tỷ lệ với tốc độ dầu.

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

trong đó $K_Q =$ hệ số động cơ.

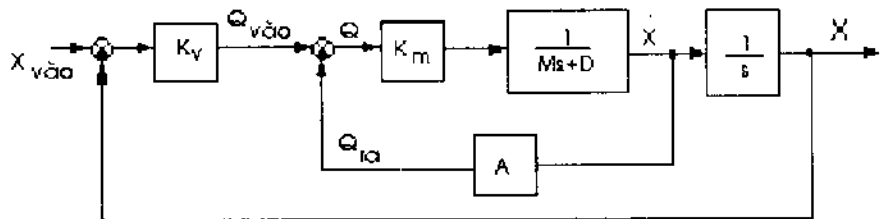
Hình 4-3 chỉ ra một sơ đồ van secvo điện - thủy lực dạng con trượt với cơ cấu chấp hành là xilanh. Nó gồm: động cơ nhận tín hiệu, xilanh thủy lực, van trượt chính, van trượt phản hồi. Trên hình biểu diễn thời điểm dừng của van secvo, có nghĩa là tại thời điểm khảo sát không có dầu chảy qua các mép van 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 servo $X_{vào}$ và tín hiệu ra là dịch chuyển của pittông X là $G=X/X_{vào}$.



Hình 4-3 Sơ đồ van servo.

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 servo.

trong đó K_v = hệ số van servo, 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.

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

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

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

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

$$G = X_{ra}/X_{vào}$$

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

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 servo. 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, m^3 /ph;

A - diện tích làm việc của pittông, m^2 .

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/m^2 ;

A - diện tích làm việc của pittông, m^2 .

Ví dụ 4-1 Xác định tốc độ, lực và công suất sinh ra trên pittông, nếu chất lỏng có áp suất là $150 N/m^2$, diện tích làm việc của pittông $3,14 m^2$, 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 $K = 2000 \text{ rad//}$. 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

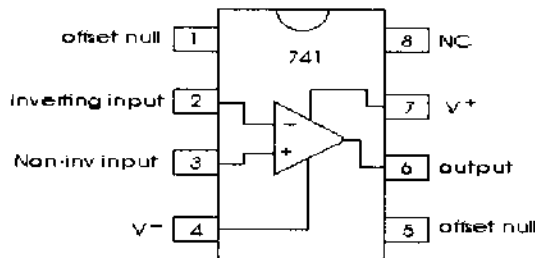
$$q = K_v U = 0,5 \times 5 = 2,5 \text{ l/ph}$$

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:

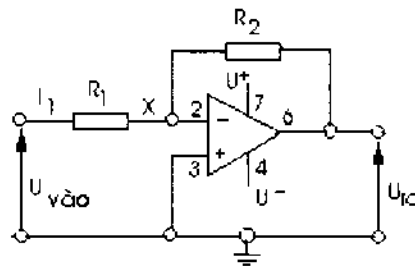
$$V_{\text{vào}} = I_1 R_1$$

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

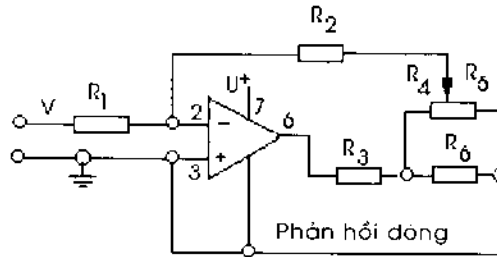
$$G = \frac{V_{\text{ra}}}{V_{\text{vào}}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (4-12)$$



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

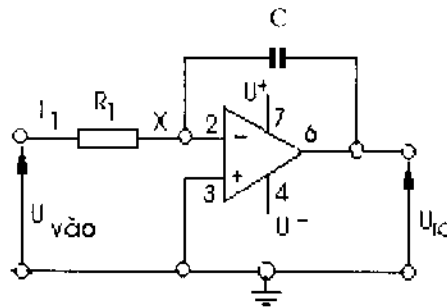
điện trở R_6 tỷ lệ với dòng qua động cơ và dòng này được phản hồi về bộ khuếch đại.



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: $-C \frac{dv_{\text{vào}}}{dt}$
 đồng thời cũng qua R, từ đó chúng ta có

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

sau khi biến đổi ta nhận được:

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

tích phân cả hai vế :

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

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

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

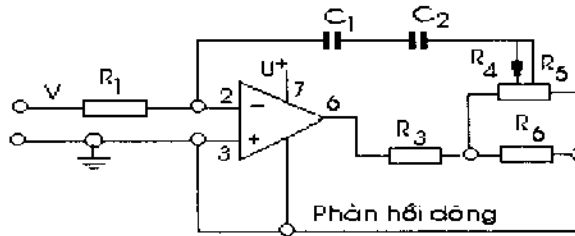
Điện áp ra của bộ tích phân được tính theo công thức

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

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:

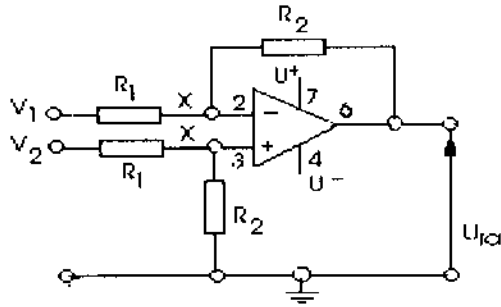
$$\frac{v_x}{v_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

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}

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



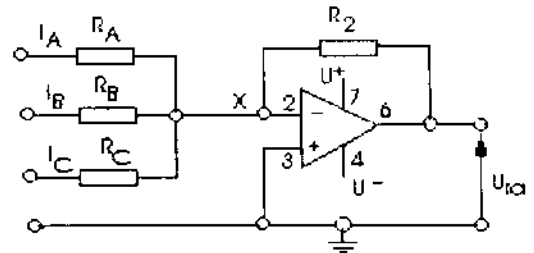
Hình 4-9 Sơ đồ mạch bộ khuếch đại vi phân.

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 $-V_{ra}$. 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 (đải 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.

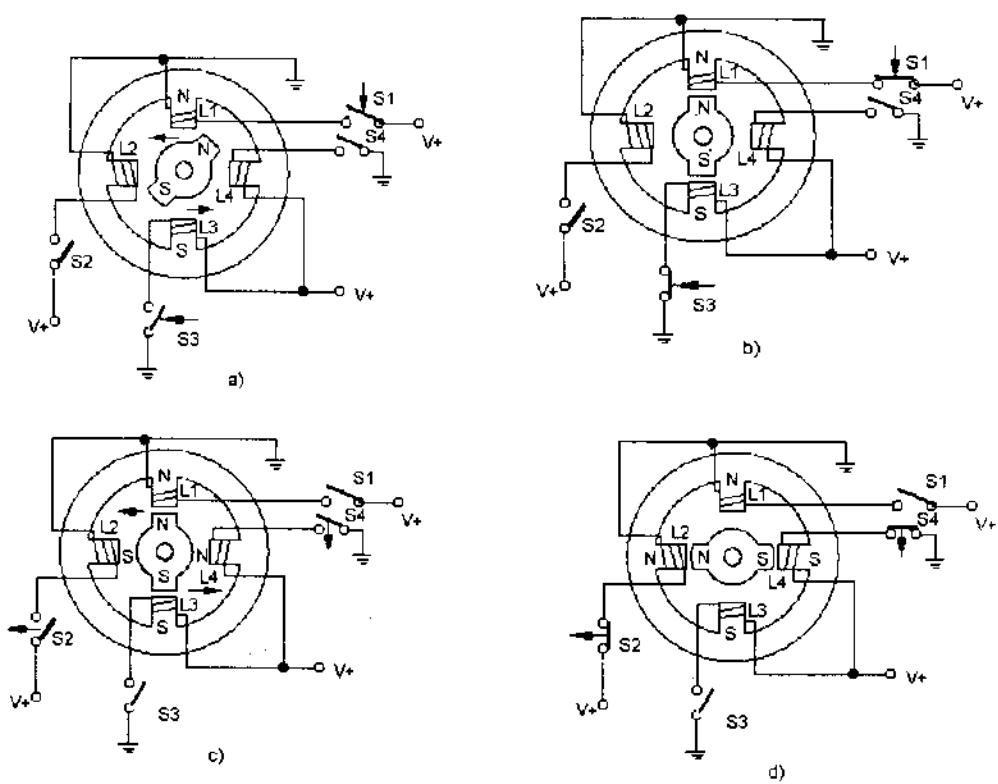
Động cơ bước được sản xuất theo tiêu chuẩn bước góc hoặc theo công suất. Dải bước góc của động cơ từ $0,72^\circ$ đến 90° tương ứng với $1,8^\circ$, $7,5^\circ$, 15° , 30° hoặc 90° .

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.

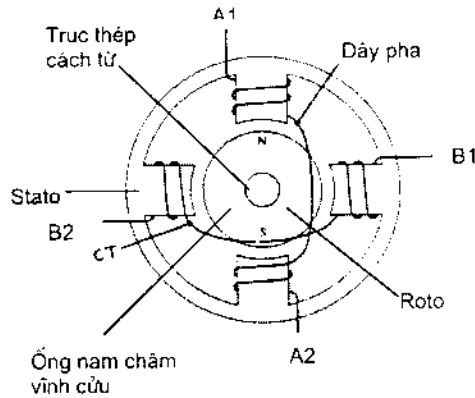
Hình 4-12 chỉ ra cấu trúc bên trong động cơ PM hai pha đơn giản. Trên stato động cơ người ta bố trí bốn cực và trên các cực lắp các cuộn pha. Roto động cơ được hình thành từ hai chi tiết, chi tiết thứ nhất ống nam

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:

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



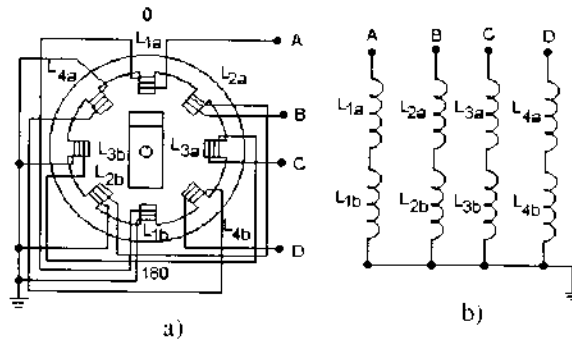
Hình 4-12 Sơ đồ cấu trúc động cơ PM 2 pha.

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

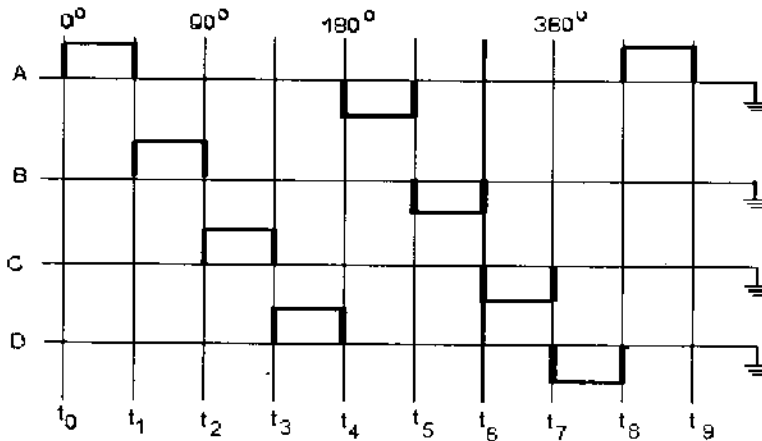
Nối dây nguồn điện cung cấp cho các cuộn pha chỉ ra trên (hình 4-13b). Hai cuộn dây trên hai cực đối xứng được nối với nhau qua roto thành một cặp pha. Tương ứng với tám cuộn dây pha cho tám khả năng vị trí của roto trong một vòng quay. Và tốc độ bước của động cơ cũng là

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 t₀ cặp cuộn pha L_{1a} và L_{1b} được cấp dòng dương từ A và chảy về đất. Giữa thời gian t₀ đến t₁ 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 .

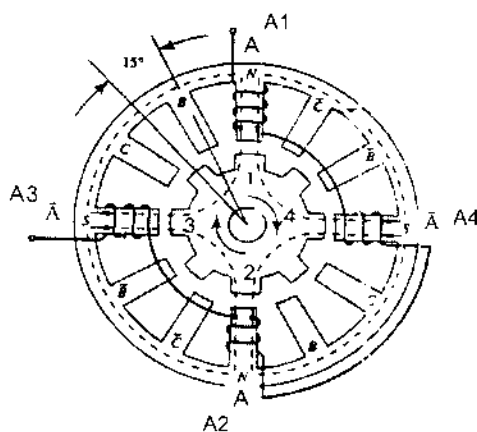
4.3.1.2 Động cơ bước VR

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

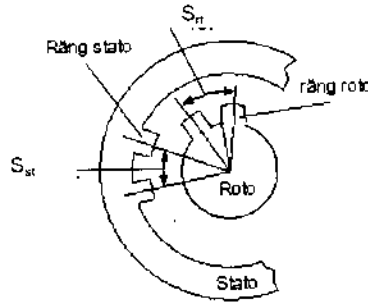
răng 2 của roto. Và tại đây dòng từ cũng tách thành hai nhánh. Nhánh thứ nhất phát triển từ răng 2 đến răng 3 của roto và phát triển sang cực nam A3 vào stato và khép kín tại A2. Nhánh thứ hai phát triển tới răng 4 trên roto và phát triển sang cực A4 vào stato và dòng từ khép kín tại A2. Bốn cuộn dây 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 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):

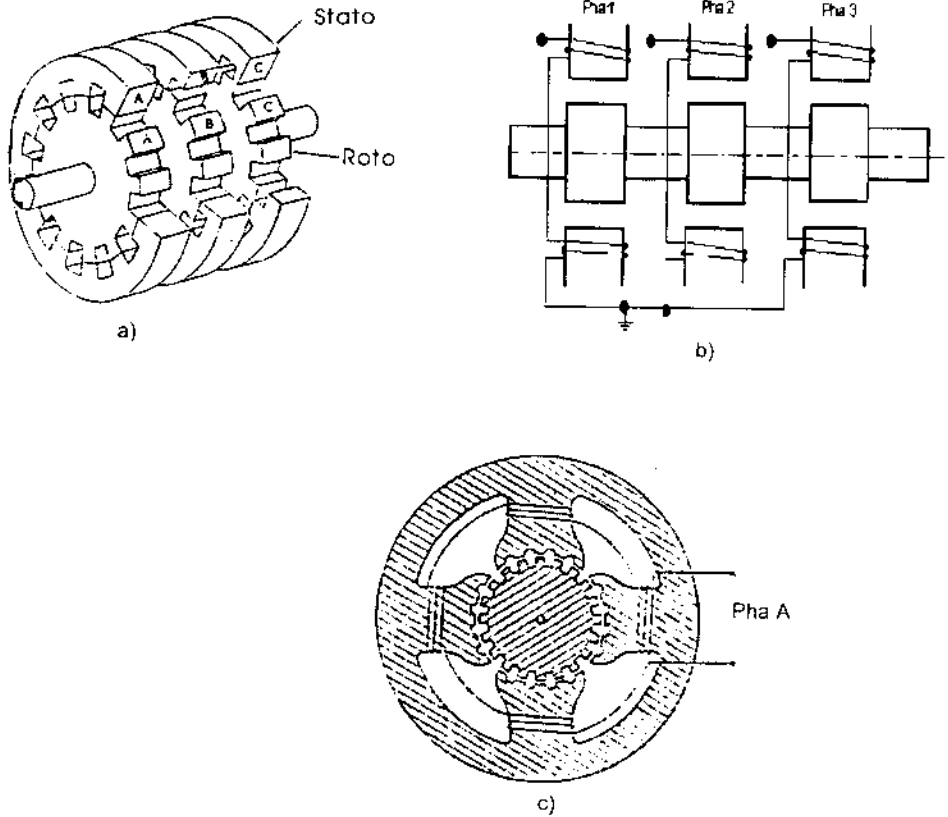
$$N_S = \frac{360^\circ}{S_S} = \frac{360^\circ}{8^\circ} = 45$$

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.

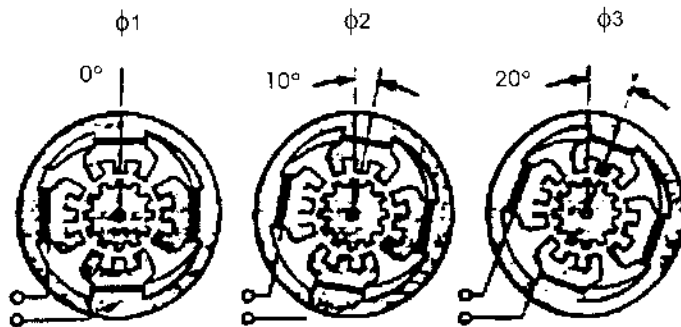


Hình 4-16 Kết cấu trong động cơ VR 3 bậc trực :
 a) kết cấu stator và rotor;
 b) bố trí cuộn pha và sơ đồ nối dây;
 c) đầu dây của pha A.

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

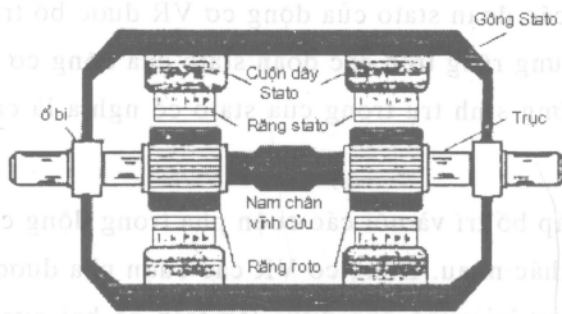
Bước góc của động cơ tính theo công thức (4-22)

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

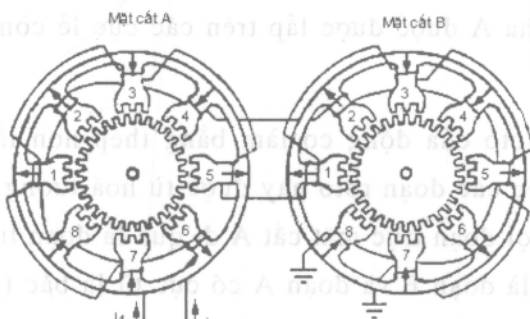
4.3.1.3 Động cơ bước kiểu lai

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 đối 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.

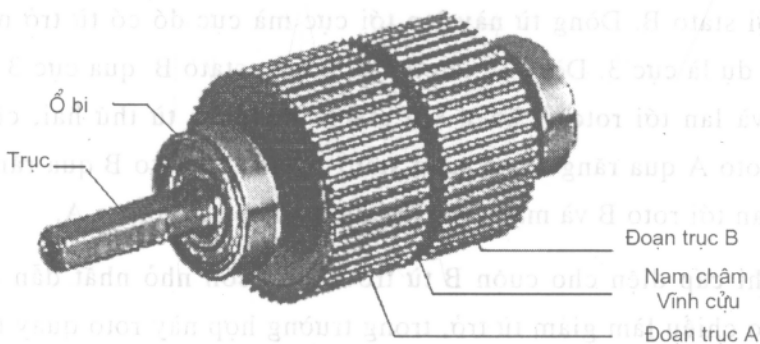


a)



b)

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.

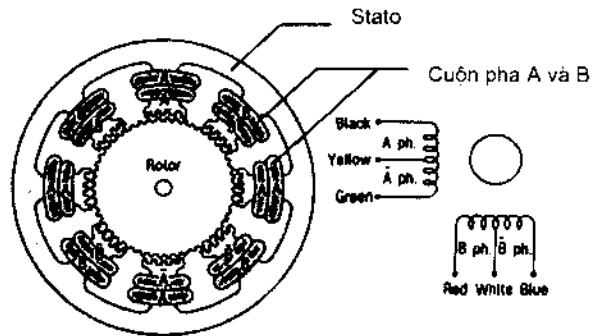
Răng trên các đoạn stato của động cơ VR được bố trí lệch nhau và bằng bước góc nhưng răng trên các đoạn stato của động cơ kiểu lai bố trí trên cùng một đường sinh trụ trong của stato có nghĩa là các răng không bố trí lệch nhau.

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 từ 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%.

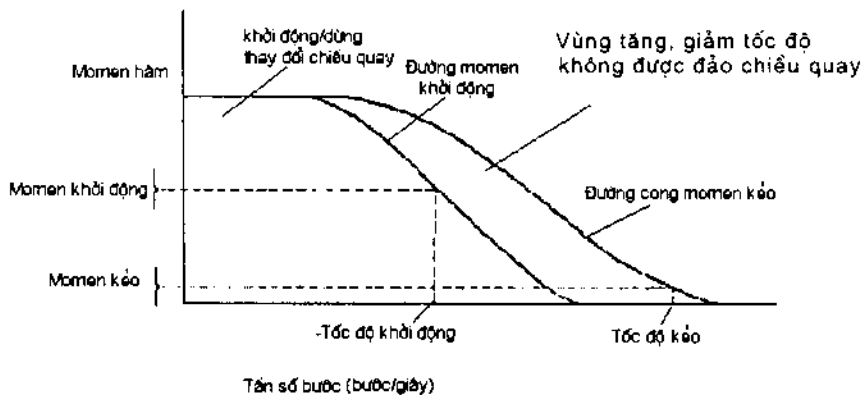
Điện trở cuộn dây: Điện trở cuộn dây pha liên quan đến dòng điện trong động cơ

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° /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:

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

trong đó :

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

n_x = 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°/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°.

Thông số	Giá trị
Điện áp điều khiển (d_c)	6V
Momen tĩnh	50 oz-in
Bước góc	1,8°
Dòng trên mỗi pha	1,0 A
Điện trở trên mỗi pha	6,0Ω
Độ tự cảm mỗi pha	12 mH
Độ chính xác bước góc	±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:

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

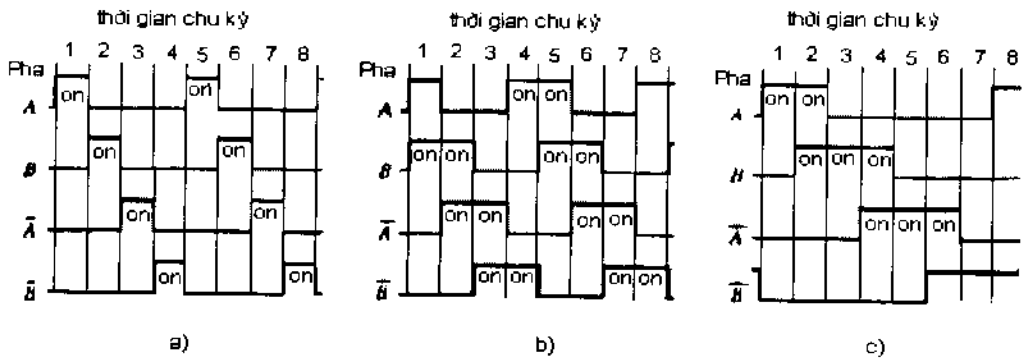
4.3.3 Hệ điều khiển động cơ bước

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.

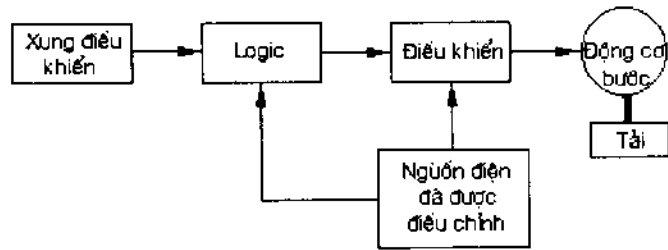
Động cơ bước có thể điều khiển theo ba cách:

- 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.

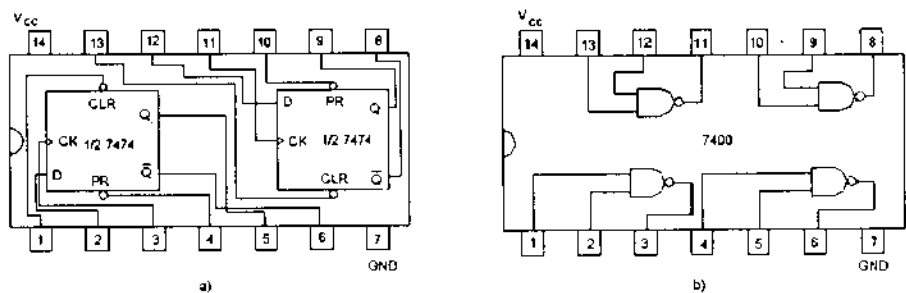
Hình 4-23 là sơ đồ khối đơn giản biểu diễn hệ điều khiển động cơ bước. Hệ điều khiển bao gồm các thành phần chính: nguồn cung cấp xung, logic và điều khiển.



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.

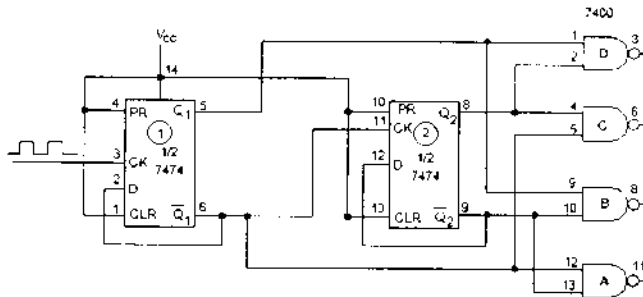


Hình 4-24 Sơ đồ cấu trúc IC 7474 và 7400.

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 ($\overline{Q_1}=0$).

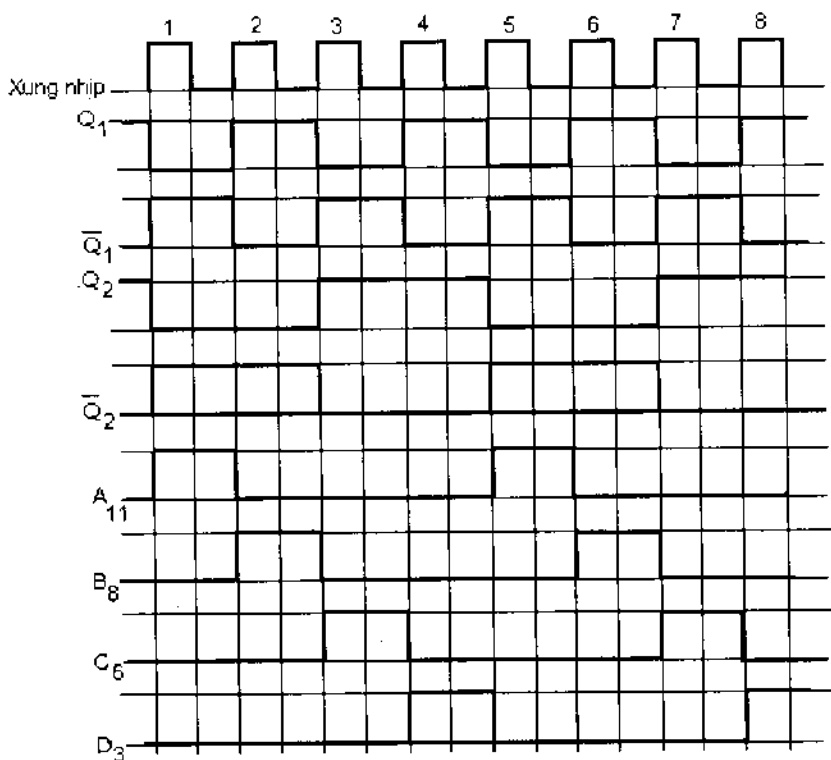
Phần tử nhớ 2, chân 9 = Q_2 có mức logic 1 ($Q_2=1$), chân 8 = $\overline{Q_2}$ có mức logic 0 ($\overline{Q_2}=0$). Nhờ cách nối các chân phù hợp nên tại thời điểm này trên các chân 3,6,8,11 của IC 7400 có mức logic bằng không như chỉ ra trên biểu đồ phân bố xung theo thời gian (hình 4- 26).



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.

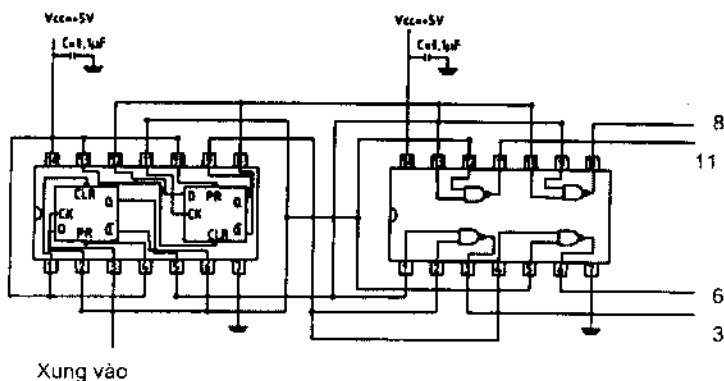


Hình 4-26 Biểu đồ xung theo thời gian của mạch phân phối.

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.

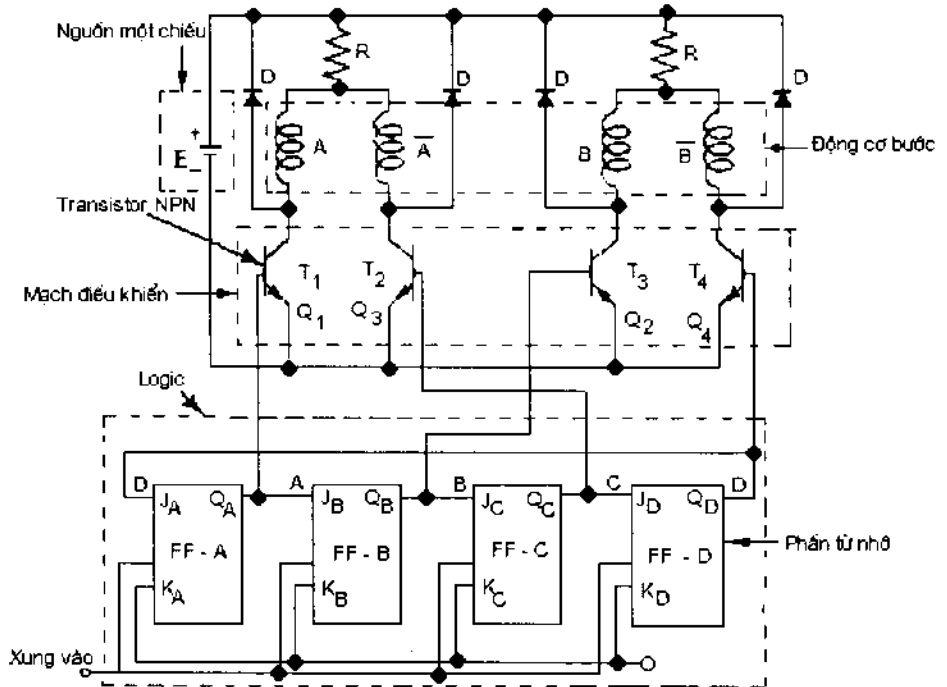
Hình 4-28 là sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển đơn giản kiểu cả bước động cơ bước bốn pha. Hệ điều khiển gồm bốn thành phần cơ bản như chỉ ra trên sơ đồ khối. Mạch logic (phân phối xung) được thiết kế từ bốn phân tử nhớ FF -A, FF-B, FF-C, và FF-D với đầu ra lần lượt A, B, C và D.



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.

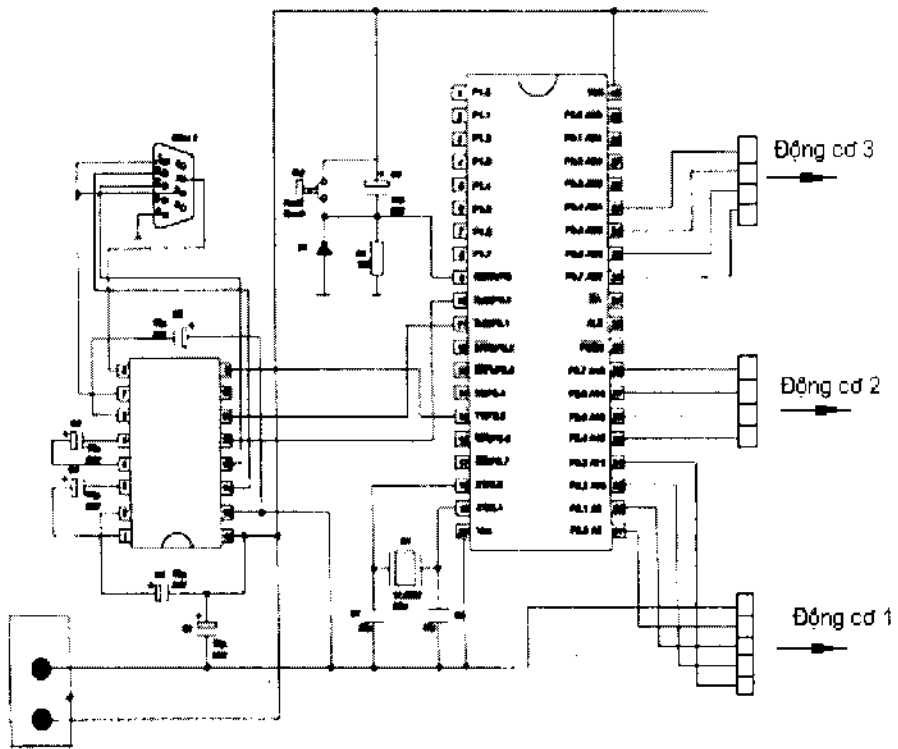


Hình 4-28 Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển động cơ bước bốn pha.

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 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
;=====

```


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 phân 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:

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

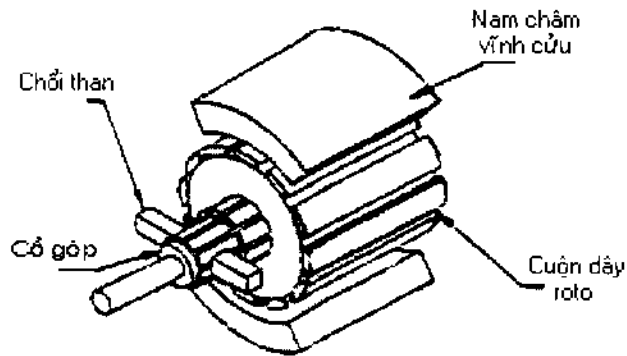
trong đó T_e = momen động cơ;

K_c = hệ số động cơ;

ϕ = mật độ dòng từ;

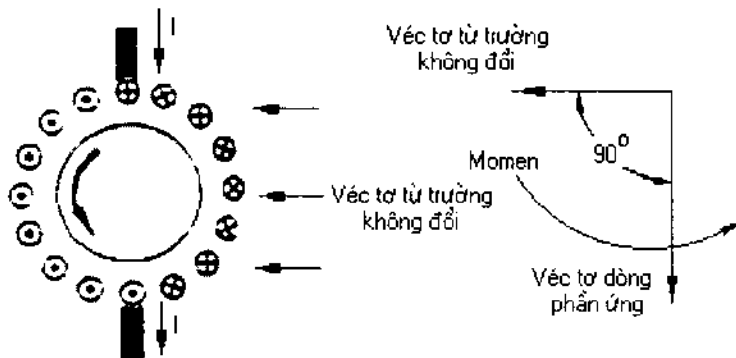
I_a = dòng phản ứng;

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 phần 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;

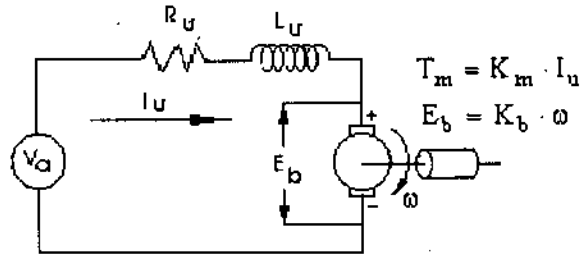
E_b - điện áp phản điện (emf), V;

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:

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

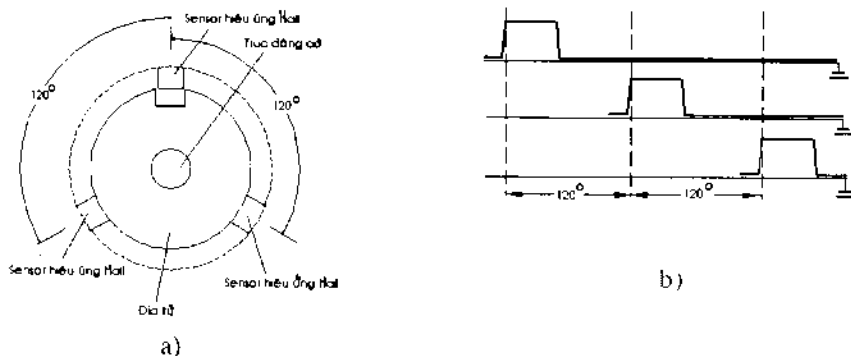
Ưu điểm của động cơ secvo DC chổi than là đơn giản trong điều khiển và giá thành sản phẩm rẻ. Tuy nhiên, sử dụng chuyển mạch cơ khí và chổi than là nhược điểm chính của loại động cơ này. Khi chuyển mạch gây ra ồn, tăng nhiệt độ trên vành góp và quán tính roto cao khi giảm tốc độ. Để khắc phục các nhược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



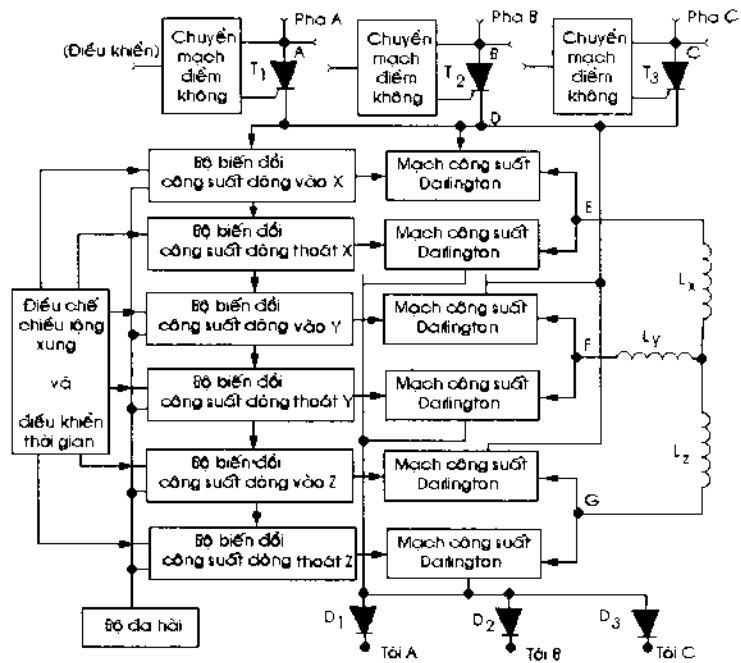
Hình 4-34 a) Sensor hiệu ứng Hall và đĩa từ lắp ở đuôi động cơ.
b) Tín hiệu chuyển mạch sensor hiệu ứng Hall sinh ra trong một vòng.

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.

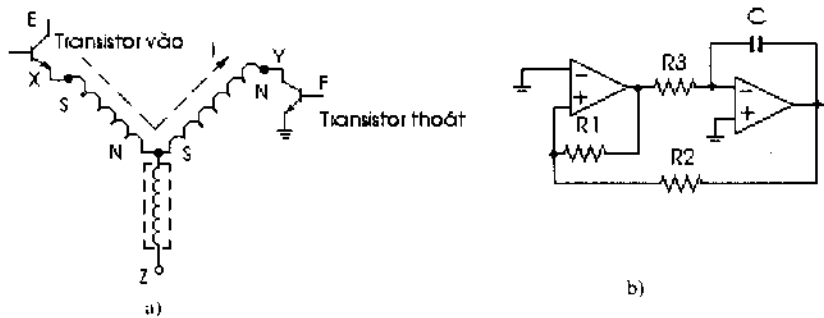
Hình 4-34b chỉ ra tín hiệu đưa ra từ sensor hiệu ứng Hall trong một vòng quay của trục động cơ. Tín hiệu này có thể dùng điều khiển chuyển mạch transistor công suất ở tín hiệu ra của điều khiển động cơ. Đồng thời tín hiệu này cũng có thể dùng để xác định vị trí của trục động cơ.

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 .

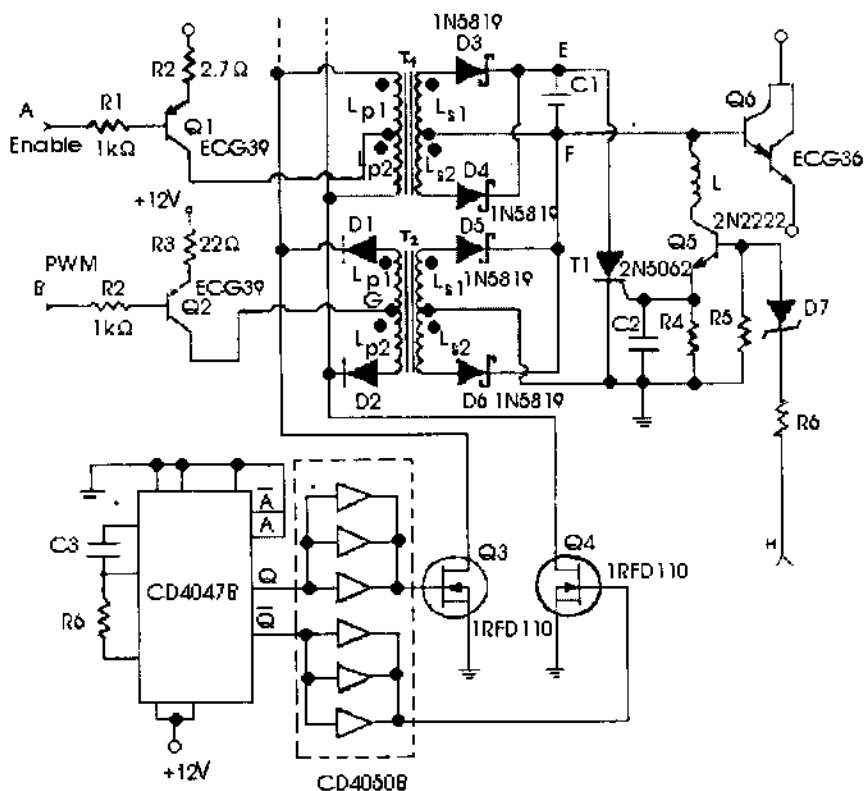


Hình 4-36 a) Mạch transistor vào và transistor thoát với các cuộn pha.
b) Mạch phát xung tam giác.

Hình 4-37 chỉ ra mạch biến đổi công suất dòng vào và mạch tín hiệu ra. Mạch biến đổi công suất dòng 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

tín hiệu ra Q của IC CD4047B ở mức cao và tín hiệu enable (A) ở mức thấp, dòng chảy từ nguồn điện áp một chiều 12 V qua transistor Q₁ tới cuộn L_{p1} của biến áp T1 về C qua transistor Q₃ và đất. Ở thời điểm này không xuất hiện dòng trong cuộn L_{s1} chảy qua cuộn cảm L, D3 biến thiên áp ngược. Khi Q chuyển từ mức logic cao xuống mức thấp và enable (A) không thay đổi mức tín hiệu, dòng chảy qua L_{p1} bị ngắt. Trong cuộn dây L_{s1} xuất hiện dòng chảy qua D3 hướng tới điểm E nạp điện cho tụ C1. Tại thời điểm này tín hiệu ra \bar{Q} từ mức thấp chuyển lên mức cao.



Hình 4-37 Một trong sáu tầng biến đổi của hệ điều khiển động cơ DC không chổi than.

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.

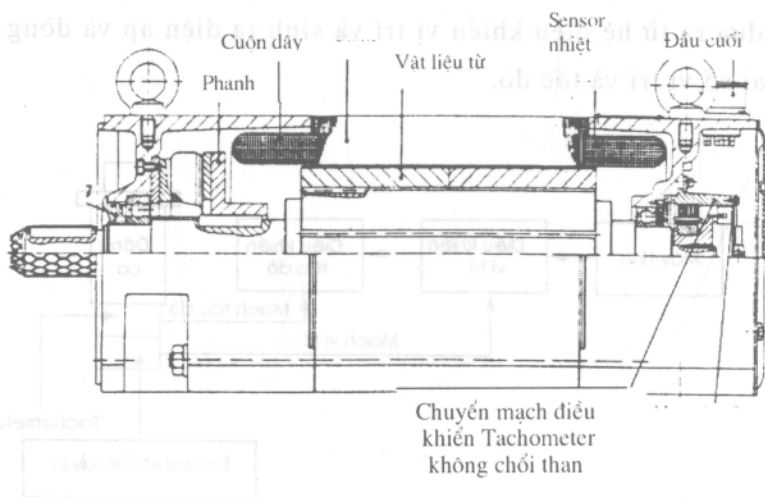
Trong thời gian ở vùng rỗng của tín hiệu tại điểm B, dòng điện một chiều điện áp 12 V qua transistor Q_2 tới điểm G của cuộn dây L_{p1} của biến thế T2 sau đó qua cuộn L_{p1} , diot D1 đến C, lúc này chân Q của CD4047B đang ở mức cao nên dòng qua Q_3 về đất. Khi tín hiệu cổng ra \bar{Q} của CD4047B ở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

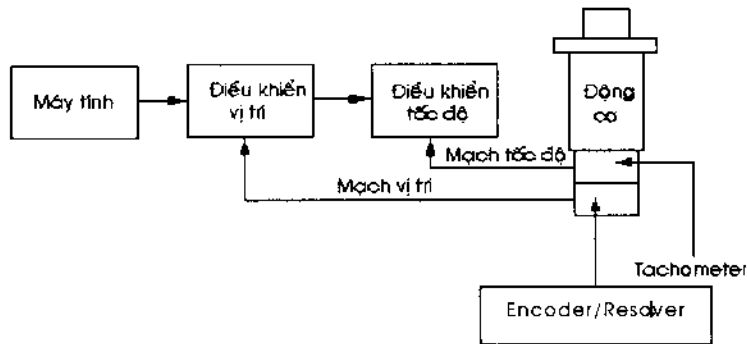


Hình 4-38 Kết cấu động cơ DC không chổi than.

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.

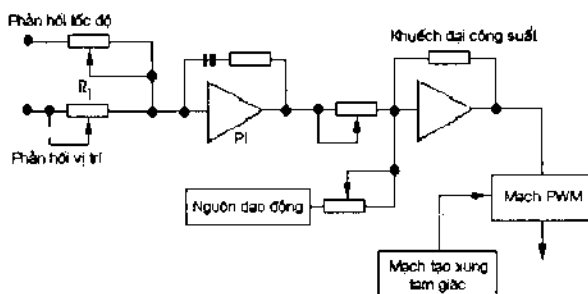
Hệ điều khiển secvo kiểu tương tự là sử dụng mạch điện để thực hiện bù sai số vị trí và tốc độ. Hệ gồm bốn cụm điều khiển cơ bản : máy tính, điều khiển vị trí, điều khiển tốc độ và động cơ DC không chổi than. Mối quan hệ giữa các cụm điều khiển chỉ rõ trong (hình 4-39). Tín hiệu yêu cầu gửi từ máy tính 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.



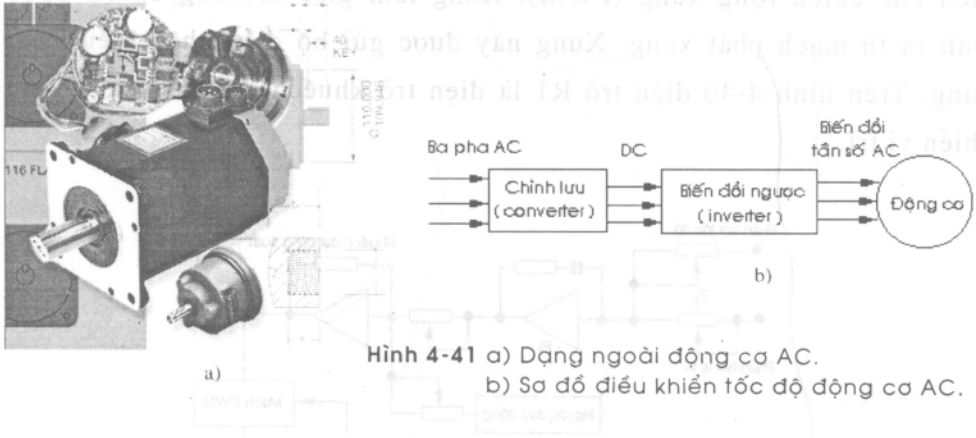
Hình 4-40 Mạch điều khiển động cơ servo DC.

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

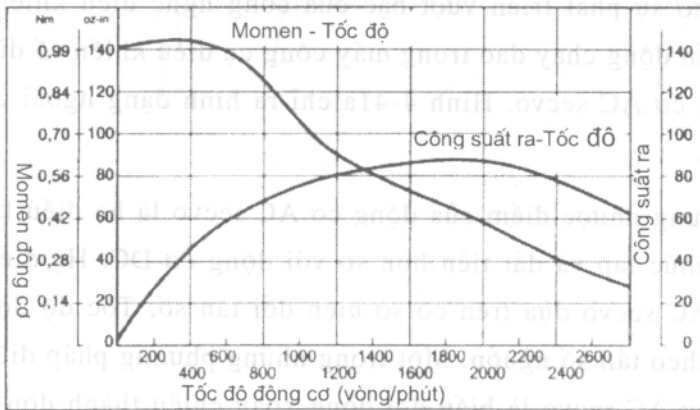
chiều nhưng ở tần số đã được lựa chọn. Hình 4-41 là sơ đồ khối đơn giản hệ điều khiển tốc độ động cơ AC secvo.



Hình 4-41 a) Dạng ngoài động cơ AC.
b) Sơ đồ điều khiển tốc độ động cơ AC.

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;

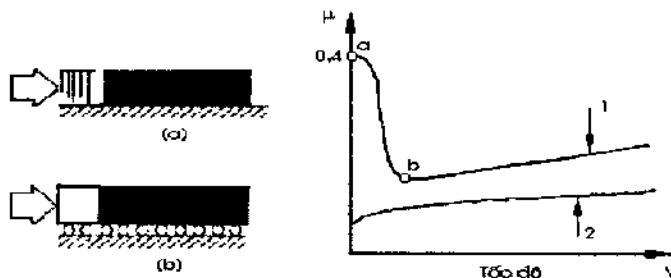
ω_d - tốc độ góc của động cơ, rad/s.

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 đó 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. Mát 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 $E = 0,9$.

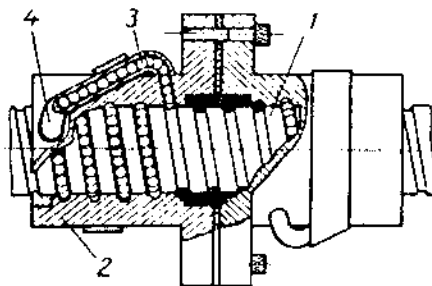
GIẢI

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

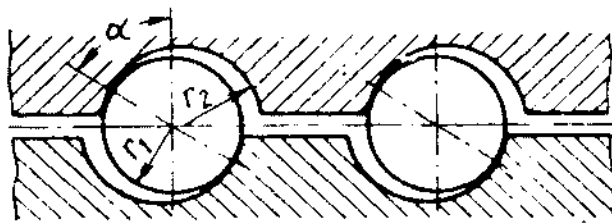
Trong máy công cụ điều khiển số người ta sử dụng hai kiểu bộ truyền vít me - lăn: vít me-bi và vít me - con lăn. Vít me-bi được dùng phổ biến hơn vít me-con lăn. Vì vậy ở đây chỉ trình bày chủ yếu vít me-bi.



Hình 5-2 Bộ truyền vít me - bi có rãnh hồi bi dạng ống.

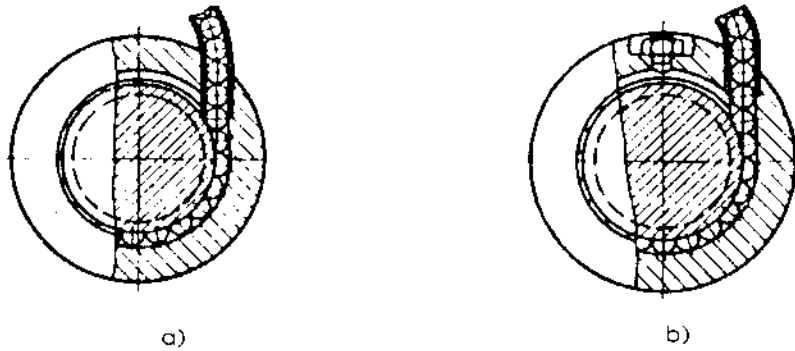
Vít me-bi có kết cấu đa dạng nhưng chúng đều có chung các thành phần chủ yếu: vít me, đai ốc, bi, rãnh hồi bi. Hình 5-2 là một trong các dạng vít me -bi thường gặp trong các máy điều khiển số, kết cấu gồm: vít me 1, đai ốc 2, viên bi 3, ống hồi bi 4.

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.

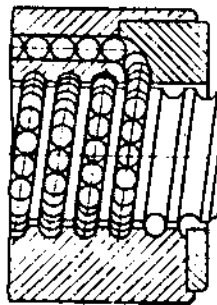
Một vấn đề cũng rất quan trọng trong kết cấu của bộ truyền là kết cấu hồi bi. Có nhiều dạng kết cấu hồi bi nhưng chúng ta có thể chia thành một số dạng cơ bản sau:



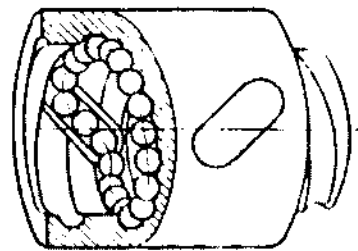
Hình 5-4 Rãnh hồi bi kiểu ống.

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 ống 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 ống 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.

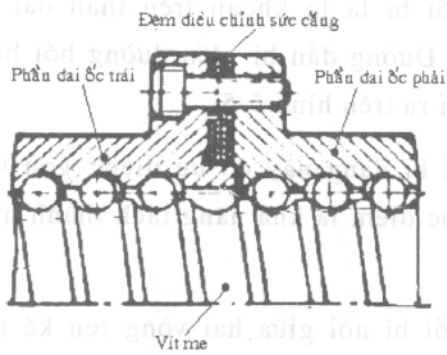
Kết cấu hồi bi dạng này có ưu điểm: gọn và tính công nghệ tốt song cũng có nhược điểm là khả năng tách thành nhiều nhóm hồi bi khó khăn.

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:

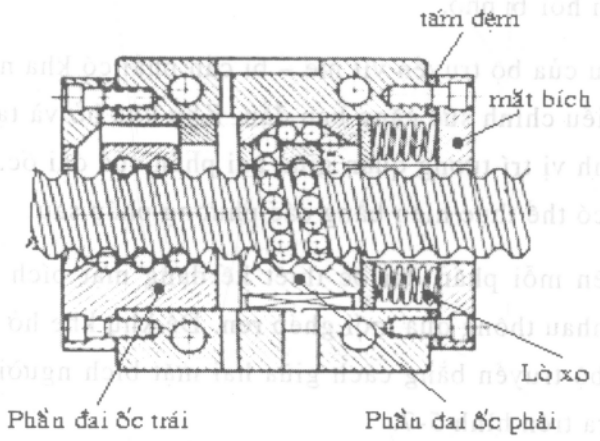
1- Trên mỗi phần đai ốc thiết kế dạng mặt bích để liên kết hai phần đai với nhau thông qua mối ghép ren. Để khử khe hở và tạo sức căng ban đầu cho bộ truyền bằng cách giữa hai mặt bích người ta đặt các tấm đệm như chỉ ra trên hình 5-7.

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.

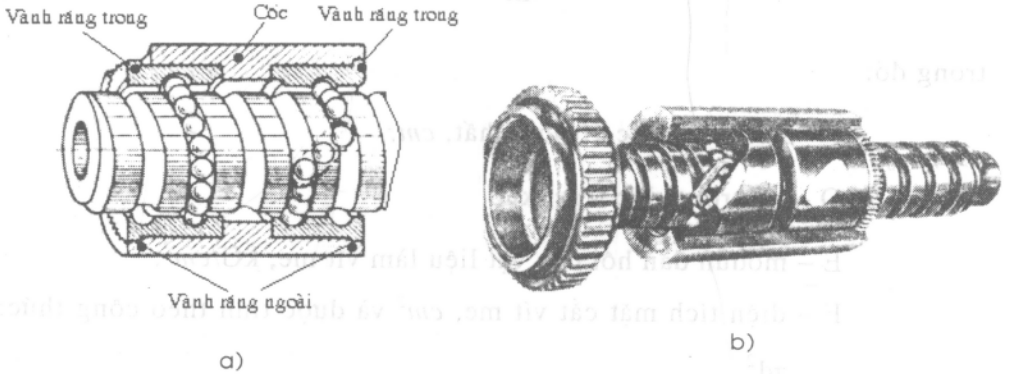
2- Một dạng khác kết cấu khử khe hở và tạo lực căng là giữ cố định một phần của đai ốc và khử khe hở, tạo sức căng ban đầu bằng lực của lò xo. Hình 5-8 là kết cấu dạng này. Trên hình 5-58 người ta cố định phần đai ốc trái và thay đổi vị trí đai ốc phải. Điều chỉnh lực lò xo thông qua các tấm đệm lắp 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:

$$F = \frac{\pi d_v^2}{4}; \quad d_v - \text{đường kính làm việc của vít me, } cm.$$

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

$$P_{CP} = 2 \frac{Z_{d1}^2}{d_1} \quad (5-10)$$

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 :

$$Z_{TT} = \frac{\pi d_0}{d_1} \quad (5-11)$$

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.

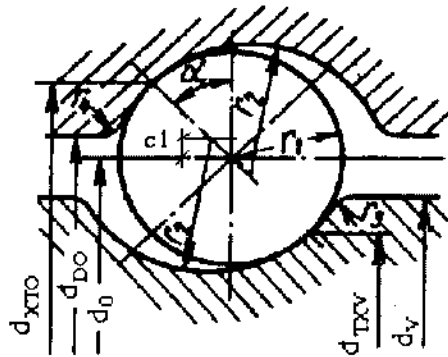
Từ công thức (5-17) lượng dịch chuyển lớn nhất có thể tính:

$$\delta_{C_{\max}} = 6^3 \sqrt{\frac{P_{C_{\max}}^2}{d_1}} \quad (5-19)$$

lượng dịch chuyển nhỏ nhất được theo công thức:

$$\delta_{C_{\min}} = 63 \sqrt{\frac{P_{C_{\min}}^2}{d_1}} \quad (5-20)$$

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 trong 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: $Q_{CP} = 0,45 HB \text{ kG/mm}^2$.

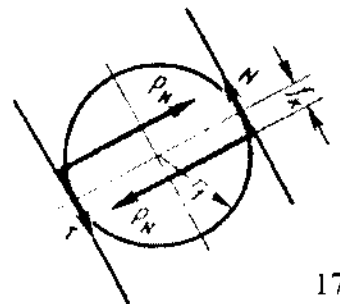
14. Tính hiệu suất của bội truyền.

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



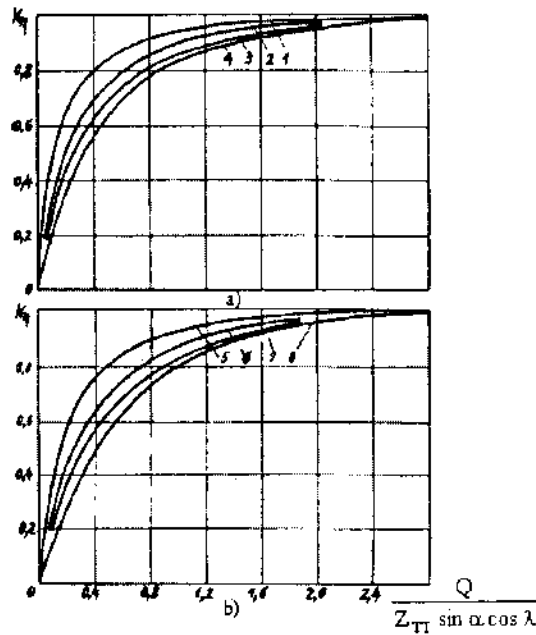
Hình 5-11 Sơ đồ lực tác dụng lên bi.

như chỉ ra trên hình 5-11. Góc ma sát có thể tính như sau

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{f_k}{r_1 \sin \alpha} \quad (5-25)$$

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 :

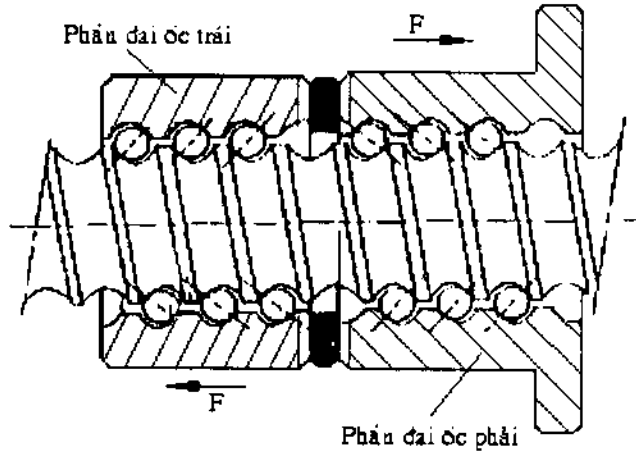
$$\eta_c = K_\eta \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)} \quad (5-26)$$

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	37,9	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 - Đai ốc	Đai 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 $n_{\max} = 50$ vòng/phút, tốc độ nhỏ nhất $n_{\min} = 1$ 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 :

$$c_i = 0,5Z_{LV} \left(1 + \frac{r_1}{r_0} \cos \alpha\right) = 0,5 \cdot 22 \left(1 + \frac{3,5}{30} \cdot 0,707\right) = 11,9$$

Tính K_0 :

$$K_0 = K_Q \sqrt[3]{\frac{60T_1 n c_i}{10^7}} = 0,9 \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 5000 \cdot 25,5 \cdot 11,9}{10^7}} = 1,88$$

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:

$$P_{C_{max}} = P_{CP} \left(1 - 0,55 \frac{Q}{Q_{CP}}\right) = 52 \left(1 - 0,55 \frac{800}{1640}\right) = 38 \text{ kG}$$

Tính sức căng ban đầu nhỏ nhất:

$$P_{C_{min}} = 0,5 \frac{Q}{Z_{TT} \sin \alpha} = 0,5 \frac{800}{46 \cdot 0,707} \approx 12 \text{ kG}$$

$$(Z_{TT} = 0,7 Z_{LV} = 0,7 \cdot 66 \approx 46)$$

5- Tính lượng dịch chỉnh tạo sức căng ban đầu

Khi cần tạo lực căng $P_{C_{max}} = 38$ cần lượng dịch chỉnh một lượng:

$$\delta_{C_{max}} = 6 \sqrt[3]{\frac{P_C^2}{d_1}} = 6 \sqrt[3]{\frac{38^2}{7}} = 35,5 \text{ } \mu\text{m}$$

Khi cần tạo ra lực căng $P_{C_{min}} = 12$ cần dịch chỉnh một lượng:

$$\delta_{C_{min}} = 6 \sqrt[3]{\frac{P_C^2}{d_1}} = 6 \sqrt[3]{\frac{12^2}{7}} = 16,5 \text{ } \mu\text{m}$$

6- Xác định hiệu suất của bộ truyền

Tính góc ma sát :

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{f_k}{r_1 \sin \alpha} = \frac{0,001}{0,35 \cdot 0,707} = 0,00404$$

từ đó $\rho = 0^\circ 14'$

Xác định hệ số K_{η} . Để tìm hệ số này ta tính :

$$\frac{Q}{Z_{LV} \sin \alpha P_C} = \frac{800}{46 \cdot 0,707 \cdot 12} = 2,04$$

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

$$M = P_C Z_{TT} \sin \alpha \frac{d_{TXV}}{2} [\sin(\lambda + \rho) - \sin(\lambda - \rho)] =$$

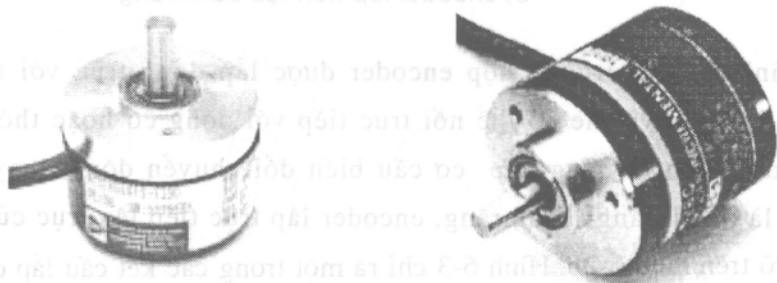
$$12 \cdot 46 \cdot 0,707 \cdot \frac{55,05}{2} [0,0678 - 0,0596] = 88,1 \text{ kGcm}$$

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.

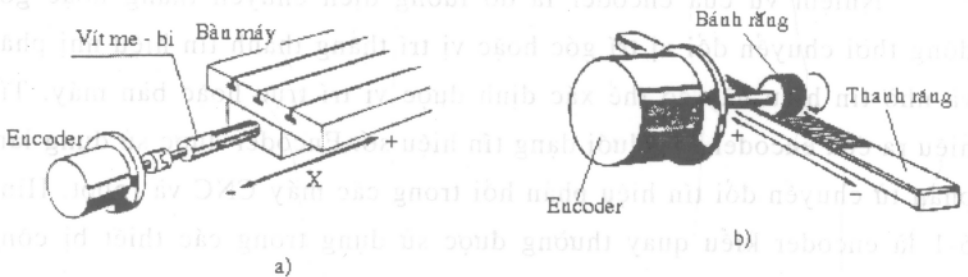


Hình 6-1 Encoder kiểu quay.

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.

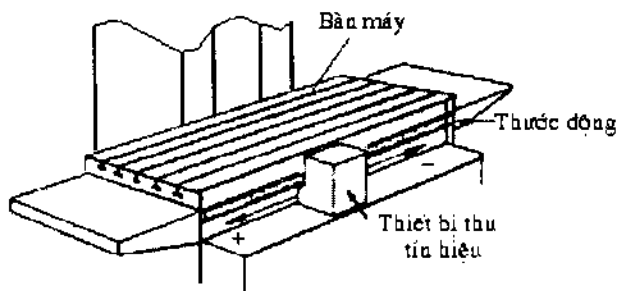


Hình 6-2 a) Encoder lắp trên trục vít me.
b) Encoder lắp trên trục bánh răng.

- 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.

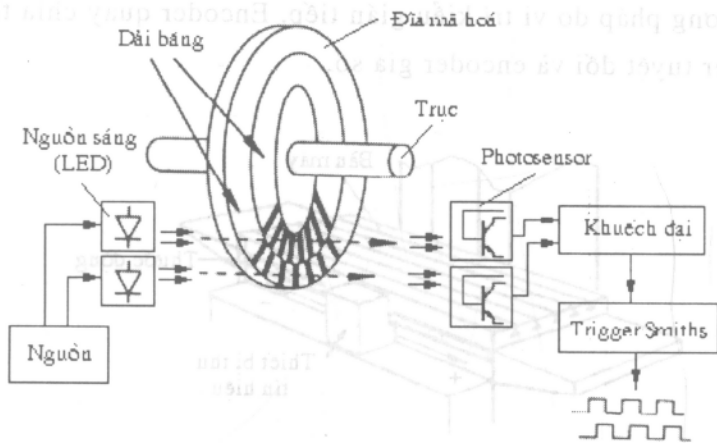
6.1.2 Encoder tuyệt đối

Encoder kiểu tuyệt đối, kết cấu gồm các thành phần sau: nguồn sáng, đĩa mã hoá và các photodetector được chỉ rõ trên hình 6-4.

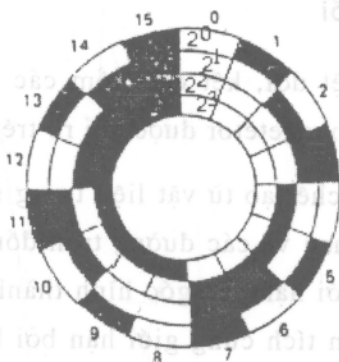
Đĩa mã hoá được chế tạo từ vật liệu trong suốt. Người ta chia mặt đĩa thành các góc đều nhau và các đường tròn đồng tâm. Các đường tròn đồng tâm và bán kính giới hạn các góc hình thành các phân tố diện tích. Tập hợp các phân tố diện tích cùng giới hạn bởi hai vòng tròn đồng tâm gọi là dải băng. Số dải 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

$$\frac{360^\circ}{16} = 22,5^\circ \text{ và } 4 \text{ dải băng.}$$



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:

$$S = \frac{360^{\circ}}{\alpha} = \frac{360^{\circ}}{5,625^{\circ}} = 64$$

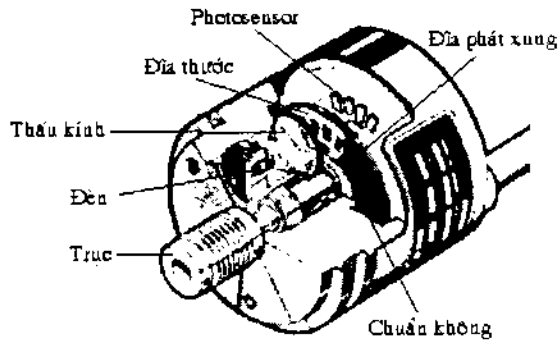
Tính số dải băng trên đĩa theo công thức (6-1): $S = 2^a$

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.

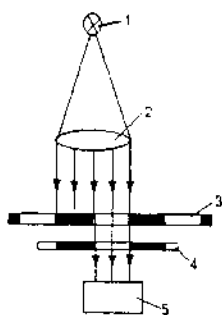


Hình 6-7 Đĩa phát xung với hai dải băng.

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.

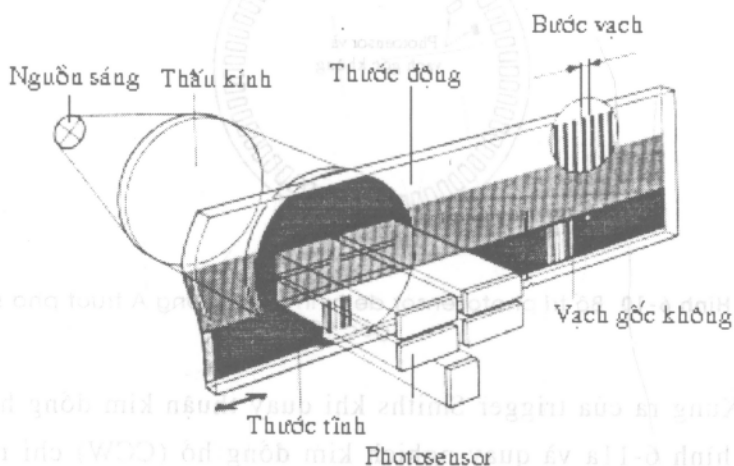
Hình 6-8 chỉ ra nguyên lý hoạt động của encoder gia số. Ánh sáng từ nguồn sáng 1 qua thấu kính 2 biến đổi thành các tia sáng song song tới thước động 3 (đĩa phát xung). Vì thước động 3 chuyển động nên có thể xem thước 4 là cửa sổ và thước 3 như là cánh cửa sổ đóng mở điều khiển ánh sáng tới photosensor 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.

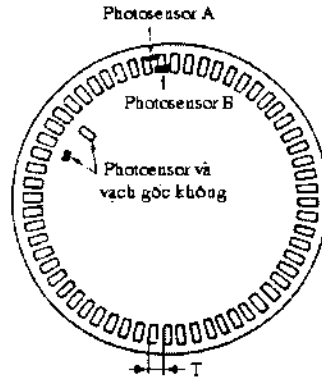
Nguyên lý hoạt động của nó hoàn toàn giống như nguyên lý hoạt động của encoder gia số kiểu quay thể hiện rõ trên hình 6-9.



Hình 6-9 Nguyên lý hoạt động của encoder gia số kiểu thẳng.

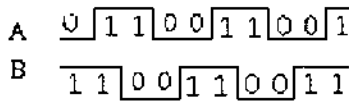
Một vấn đề đặt ra là làm thế nào bộ đếm biết được hướng chuyển động quay của trục encoder thuận chiều kim đồng hồ hay nghịch chiều kim đồng hồ để thực hiện đếm tiến hoặc lùi?. Để xác định chiều của encoder người ta dùng giải pháp bố trí hợp lý các photosensor. Hai photosensor dùng chung một nguồn sáng 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 $n=1,2,\dots$, 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.



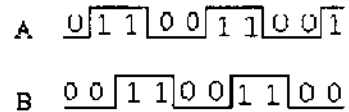
Hình 6-10 Bố trí photosensor để hình thành sóng A trượt pha so với sóng B góc 90°.

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)



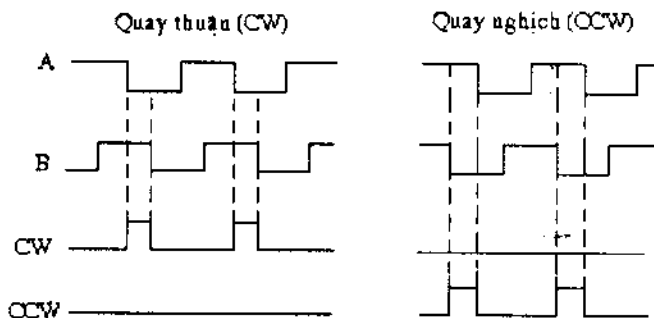
Quay ngược
kim đồng hồ

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.

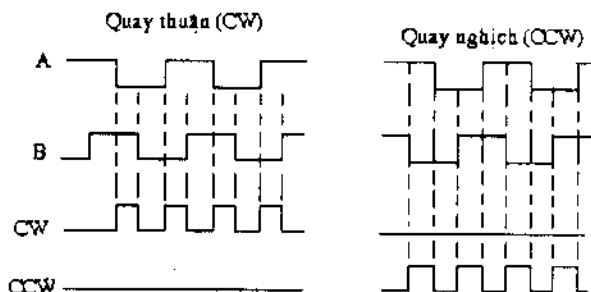
Để xác định chiều quay của trục bằng cách so sánh sự xuất hiện của sóng B với sóng A. Khi quay nghịch sóng B vượt trước sóng A một góc 90° pha và khi quay thuận sóng A vượt trước sóng B một góc pha 90° pha hay bằng 1/4 góc đo. Với cách lắp mạch logic thích hợp cho phép phân biệt được chiều quay của encoder. 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 xung A đi xuống và xung B đang ở mức thấp, encoder quay ngược chiều kim đồng hồ chỉ ra trên hình 6-12.



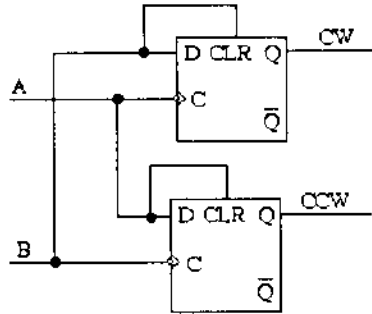
Hình 6-12 Chiều quay xác định theo sườn xuống xung A và mức cao xung B.

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)



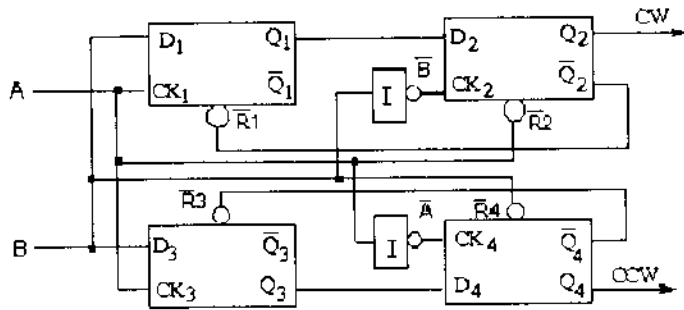
Hình 6-14 Mạch xác định chiều quay encoder .

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.

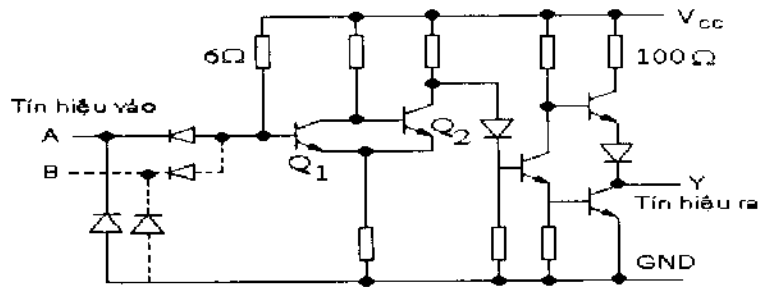
Như ta đã biết dòng qua photosensor phụ thuộc vào cường độ ánh sáng gửi tới nó vì vậy dòng qua photosensor không ổn định.

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.

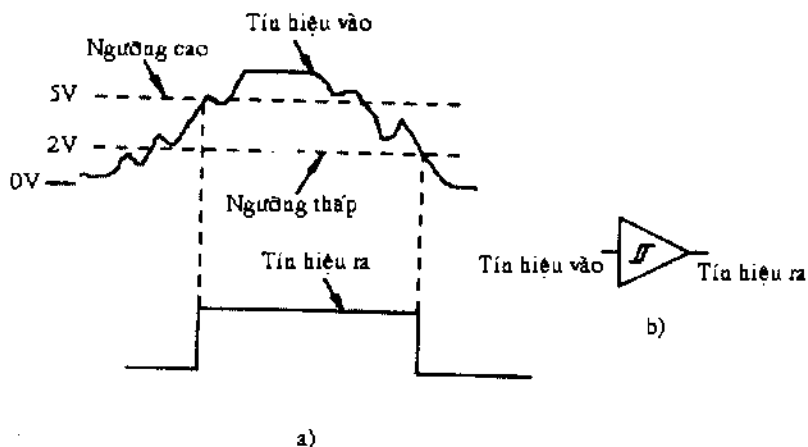
Hình 6-16 là sơ đồ nguyên lý của một kiểu mạch trigger Smiths. Mạch được sử dụng vì nó có đặc tính chuyển đổi điện áp không đối xứng theo mức ngưỡng tín hiệu vào khác nhau, mức ngưỡng đang dương lên và mức ngưỡng đang âm đi. Mạch trigger Smiths có bộ nhớ trạng thái gồm hai transistor Q_1 , Q_2 với cùng 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 vì 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.

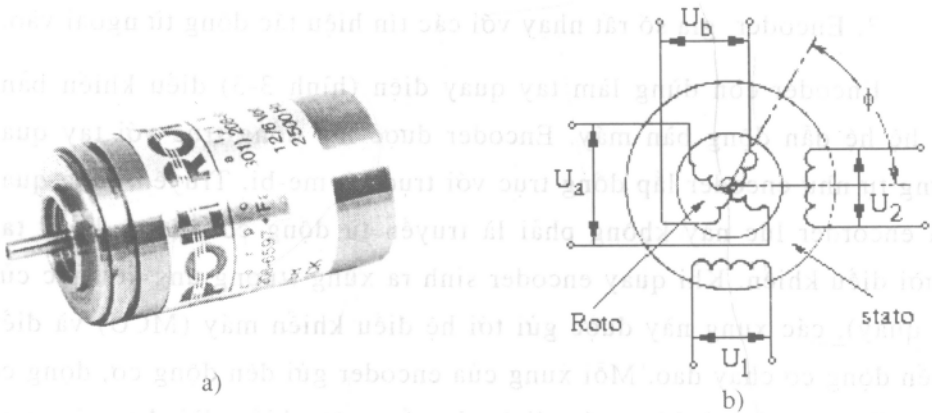
Encoder còn dùng làm tay quay điện (hình 3-3) điều khiển bằng tay hệ dẫn động bàn máy. Encoder được lắp đồng trục với tay quay tương tự như encoder lắp đồng trục với trục vít me-bi. Truyền động quay của encoder lúc này không phải là truyền từ động cơ tới mà là từ tay người điều khiển. Khi quay encoder 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:

$$\begin{aligned} U_1(t) &= U \cos \omega t \\ U_2(t) &= U \sin \omega t \end{aligned} \quad (6-3)$$

Điện áp đưa ra trên các cuộn dây roto có hai thành phần:

$$\begin{aligned} U_a &= U_1 \sin \phi + U_2 \cos \phi \\ U_b &= U_1 \cos \phi - U_2 \sin \phi \end{aligned} \quad (6-4)$$

trong đó ϕ là góc đã cho của roto.

Thay (6-3) vào (6-4) ta có điện áp ra trên các cuộn roto:

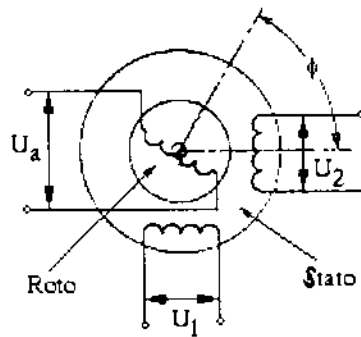
$$\begin{aligned} U_a &= U \sin(\omega t + \phi) \\ U_b &= U \cos(\omega t + \phi) \end{aligned} \quad (6-5)$$

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:

$$U_1(t) = U \sin(\omega t) \sin \theta \quad (6-7)$$

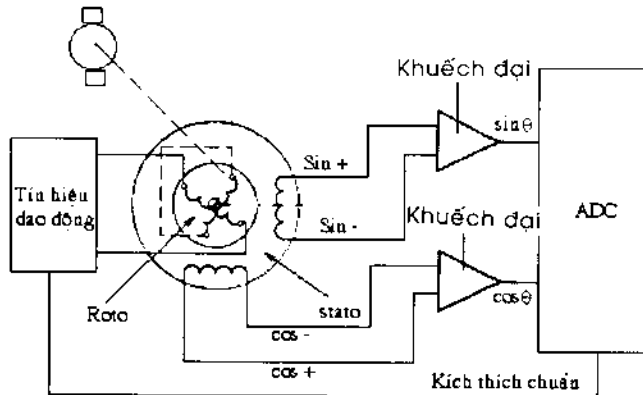
$$U_2(t) = U \sin(\omega t) \cos \theta$$

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.

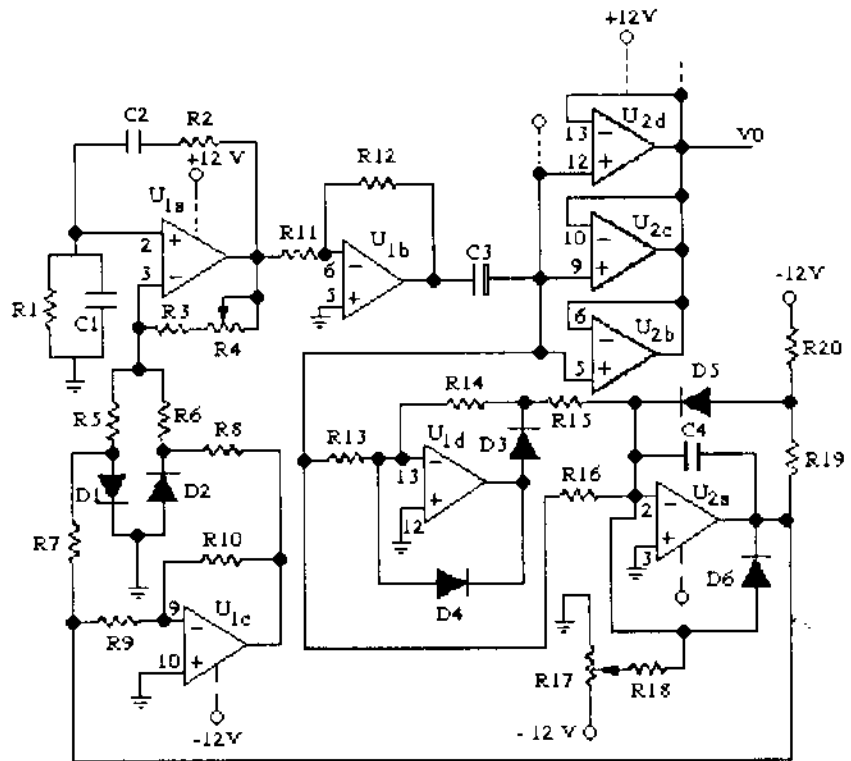
Resolver được sử dụng trong mạch phản hồi của hệ thống dẫn động chạy dao dùng động cơ DC servo. Hình 6-20 là sơ khối mạch phản hồi dùng resolver của động cơ CD servo. Trục của resolver lắp đồng trục với động cơ hoặc với vít me – bi, vì vậy roto của resolver quay đồng thời với trục động cơ. Hai cuộn dây 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.

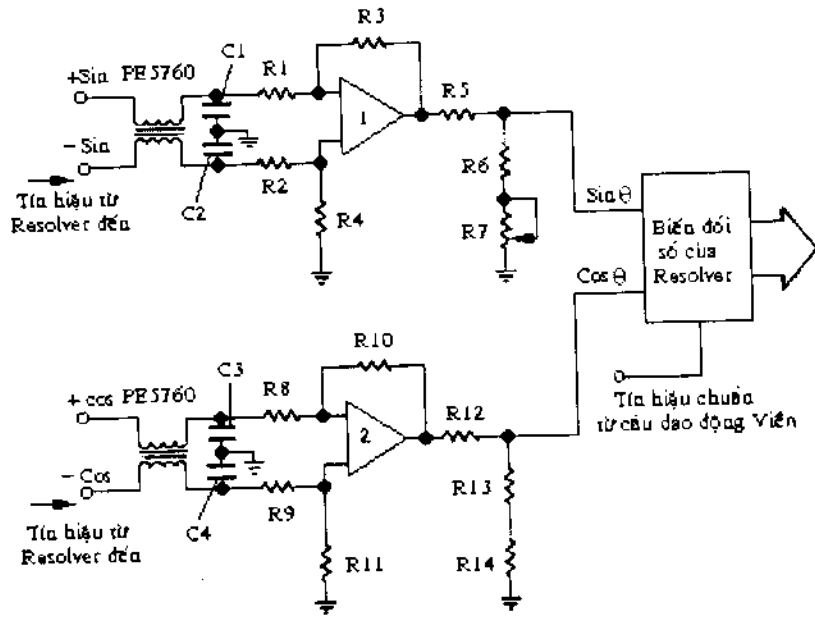


Hình 6-21 Sơ đồ mạch bộ dao động cầu Viên dùng trong mạch phản hồi của resolver:

(các thông số linh kiện trong mạch: $R_1 = R_2 = 33\text{k}\Omega$, $R_3 = 2,7\text{k}\Omega$, $R_4 = 0/0-500\Omega$, $R_5 = R_6 = 2,7\text{k}\Omega$, $R_7 = R_8 = 4,7\text{k}\Omega$, $R_9 = R_{10} = R_{11} = R_{13} = R_{14} = 10\text{k}\Omega$, $R_{12} = R_{15} = R_{19} = 4,7\text{k}\Omega$, $R_{16} = 100\text{k}\Omega$, $R_{17} = 0/10\text{k}\Omega$, $R_{20} = 15\text{k}\Omega$, $R_{18} = 100\text{k}\Omega$, $U_{1a} = U_{1b} = U_{1c} = U_{2b} = U_{2c} = U_{2d} = U_{1d} = U_{2a} = 1/4 - 324$, $D_1 = D_2 = D_4 = D_5 = D_6 = 1\text{N}914$, $C_1 = C_2 = 0,01\mu\text{F}$, $C_3 = 100\mu\text{F}$, $C_4 = 0,1\mu\text{F}$).

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

nhau 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):

$$U_1 = 24(\sin 90^\circ) = 24 \text{ V}$$

$$U_2 = 24(\cos 90^\circ) = 0 \text{ V}$$

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?

GIAI

Tính công thức (6-7) và (6-8) ta có:

$$\arcsin\left(\frac{17}{24}\right) = 45^\circ \text{ hoặc } 135^\circ \quad (*)$$

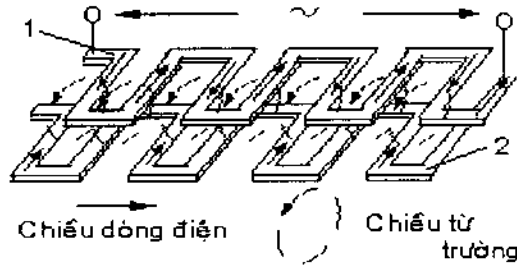
$$\arccos\left(-\frac{17}{24}\right) = 135^\circ \text{ hoặc } 225^\circ \quad (**)$$

Từ (*) và (**) cho ta thấy vị trí góc của roto phải là 135°

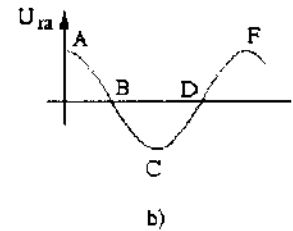
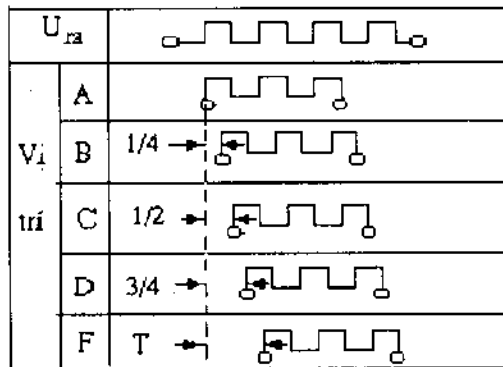
6.3 INDUCTOSYN

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.



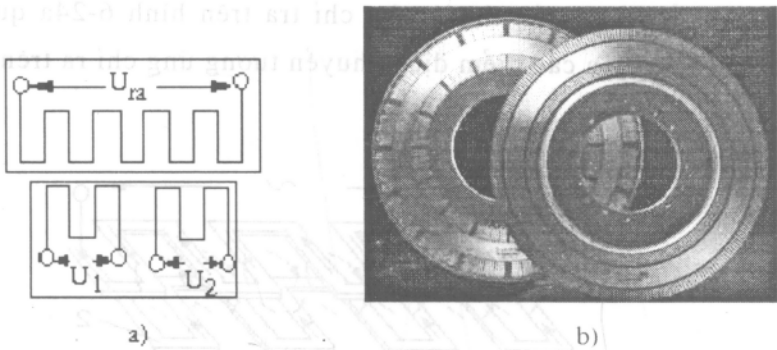
Hình 6-23 Sắp xếp của các cuộn dây trong Inductosyn.



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.

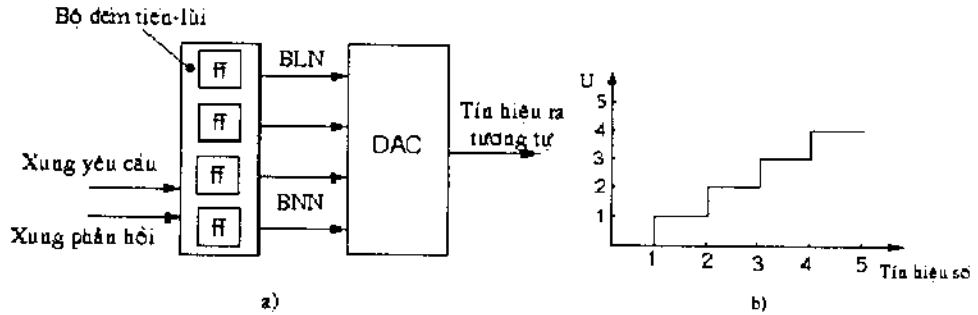
Khoảng cách giữa thước động và thước tĩnh khoảng từ 2÷3mm. Đối với Inductosyn cách tính toán và điều khiển giống như trường hợp resolver.

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:

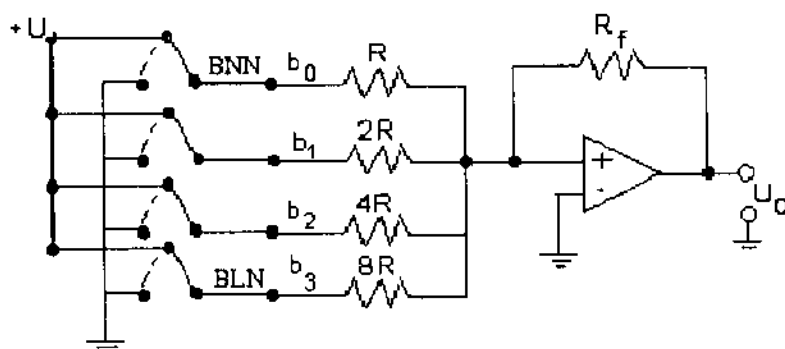
$$U_0 = -\frac{R_f}{R_i} U_i \quad (6-9)$$

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):

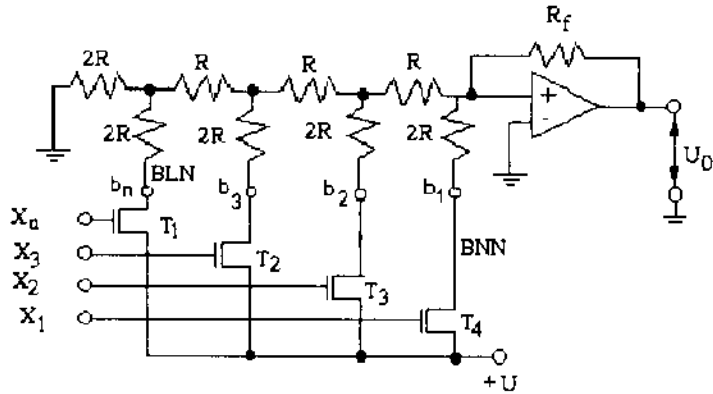
$$K_c = \left| \frac{2 \times 60}{20 \cdot 2^3} \right| = 0,75\text{ V/bit}$$

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):

$$R_f = \frac{2^n RK_c}{U} = 100 \Omega$$

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 :

$$F = qvB \quad (6-16)$$

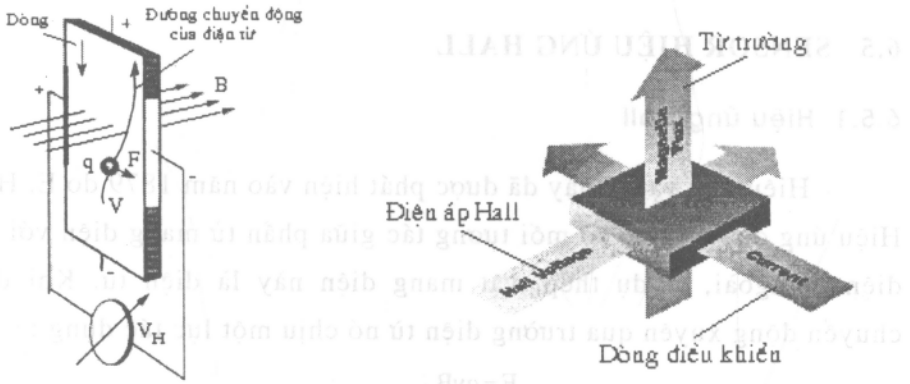
trong đó $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ là điện tích của điện tử, v là tốc độ chuyển động của điện tử và B là trường điện từ đơn vị đo bằng tesla ($1 \text{ tesla} = 1 \text{ N/ampe.met} = 10^4 \text{ gauss}$). Hướng của lực do trường điện từ tác động lên điện tích phụ thuộc vào hướng của trường 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 vôn 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:

$$V_H = hiB\sin\alpha \quad (6-16a)$$

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:

$$H = \frac{1}{Nc\mu} \quad (6-17)$$

trong đó :

N - số điện tử tự do trên một vôn;

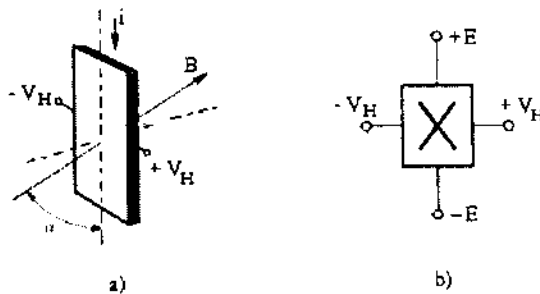
c - tốc độ ánh sáng.

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.

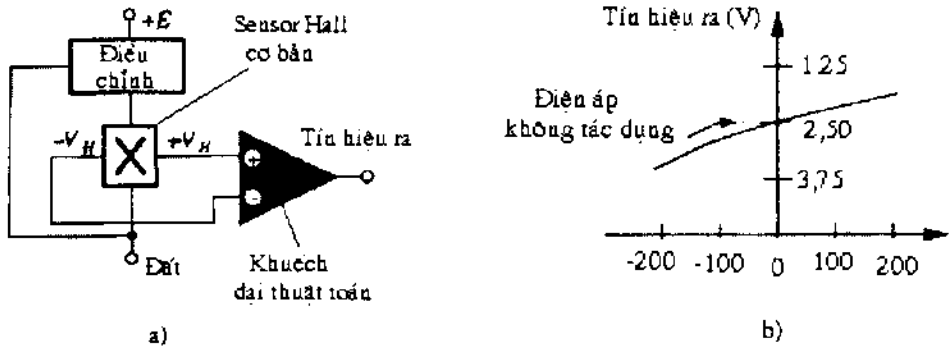
Sensor ngưỡng có cấu trúc mạch gồm sensor hiệu ứng Hall cơ bản, mạch khuếch đại thuật toán và trigger Smiths, sơ đồ mạch của sensor này chỉ ra trên hình 6-32a. Tín hiệu ra của sensor này được xem như là hàm của mật độ dòng từ chỉ ra trên hình 6-32b. Tín hiệu ra trên sensor có hai mức: mức cao và mức 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

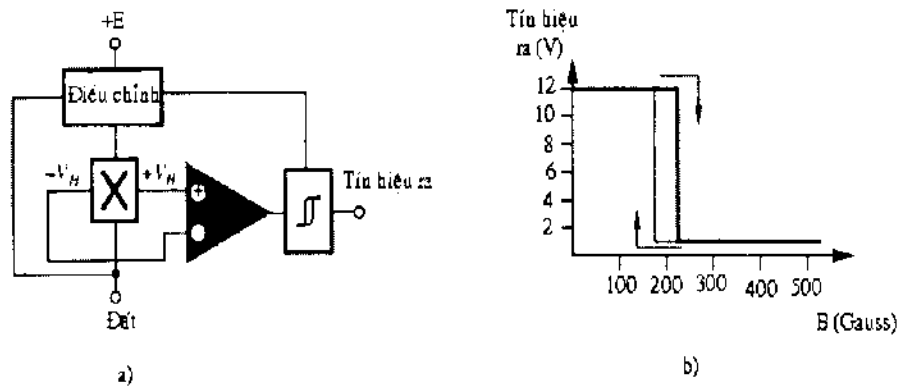
của trường điện từ và cực của nó. Khi bố trí trường điện từ phải đảm bảo đường từ thông vuông góc với tấm dẫn điện và cần phải phù hợp về cực.



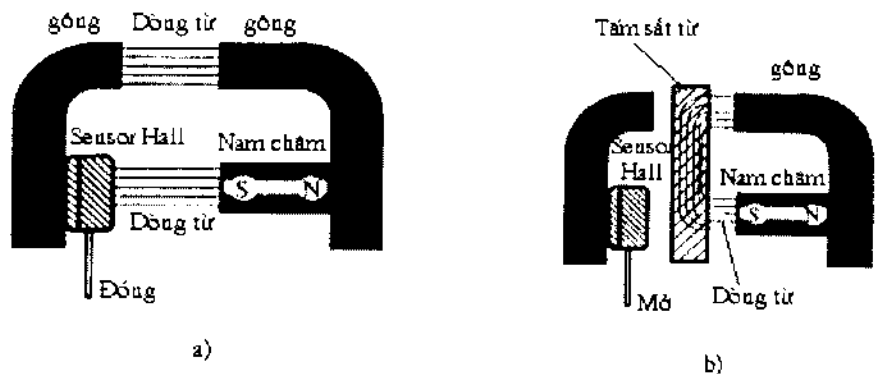
Hình 6-31 a) Sơ đồ mạch của sensor hiệu ứng Hall tuyến tính.
b) Hàm truyền của sensor hiệu ứng Hall tuyến tính.

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, mỏ sensor hiệu ứng Hall.

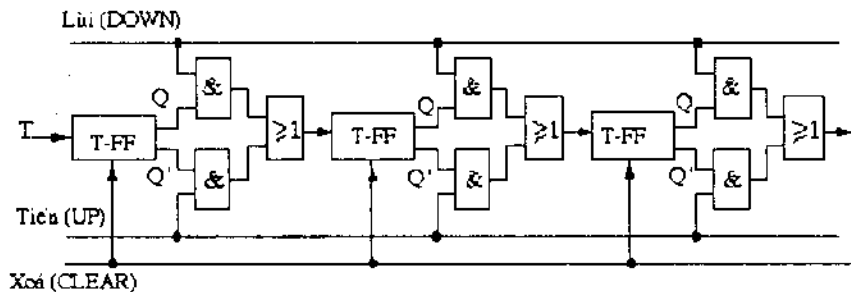
6.6 BỘ ĐẾM TIẾN - LÙI

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 hiểu 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,



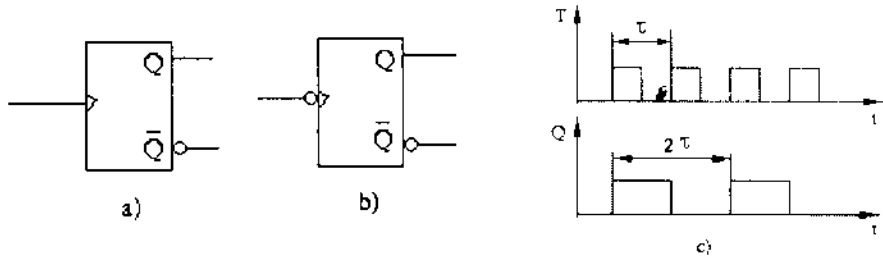
Hình 6- 34 Bộ đếm tiến - lùi (ba tầng) .

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.



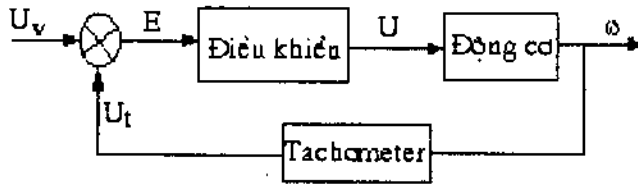
Hình 6- 35 a) Phần tử T-FF tích cực cao.
b) Phần tử T-FF tích cực thấp.

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.

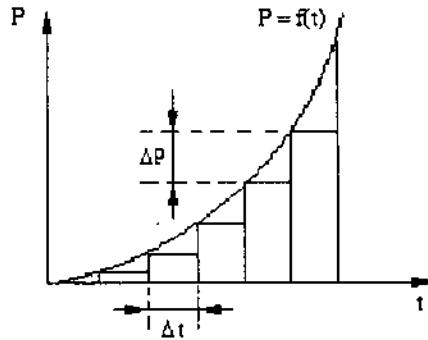
7.1.2 Nguyên tắc thuật toán tích phân số

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

$$P_k = P_{k-1} \pm \Delta p_k \quad (7-5)$$

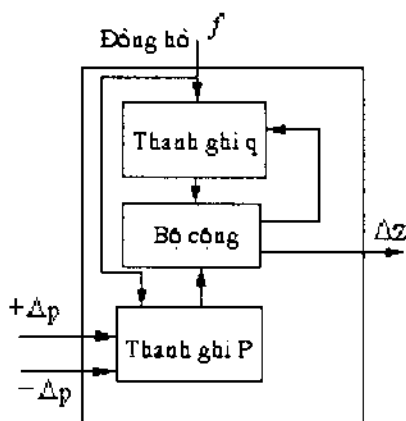
Bước thứ hai xác định gia số Δz_k tích phân tính toán theo công thức(7-4).

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:

$$\begin{array}{r} q_{k-1} \\ + \\ p_k \\ \hline \boxed{\Delta z} = q_k \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0110 \\ + \\ 1011 \\ \hline \boxed{1} 0001 \end{array}$$

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:

$$\Delta z_k = \frac{1}{2^n} \Delta t p_k f \quad (7-9)$$

Đặt: $C = \frac{f}{2^n} \quad (7-10)$

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).

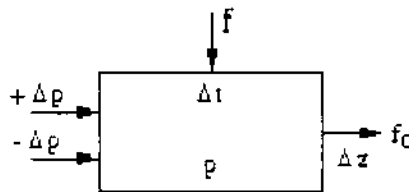
Nếu chia hai vế công thức (7-9) cho Δt thì tỷ số giữa Δz và Δt là tần số trung bình gia số ra f_0 của tích phân DDA:

$$f_0 = \left(\frac{\Delta z}{\Delta t} \right)_k = \frac{1}{2^n} p_k f \quad (7-12)$$

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 (hình7-3):



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

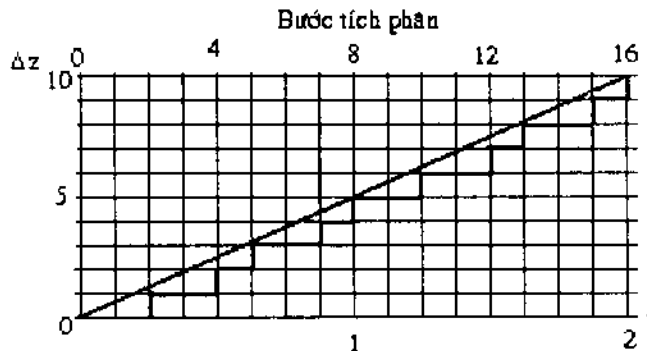
Bước 0: Người ta nạp giá trị vào thanh ghi $p = 5_{10} = 101$.
Thanh ghi có giá trị $q = 0_{10}$.

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 tích thời của tích phân. Kết quả tích phân số chỉ ra trên hình 7-4.



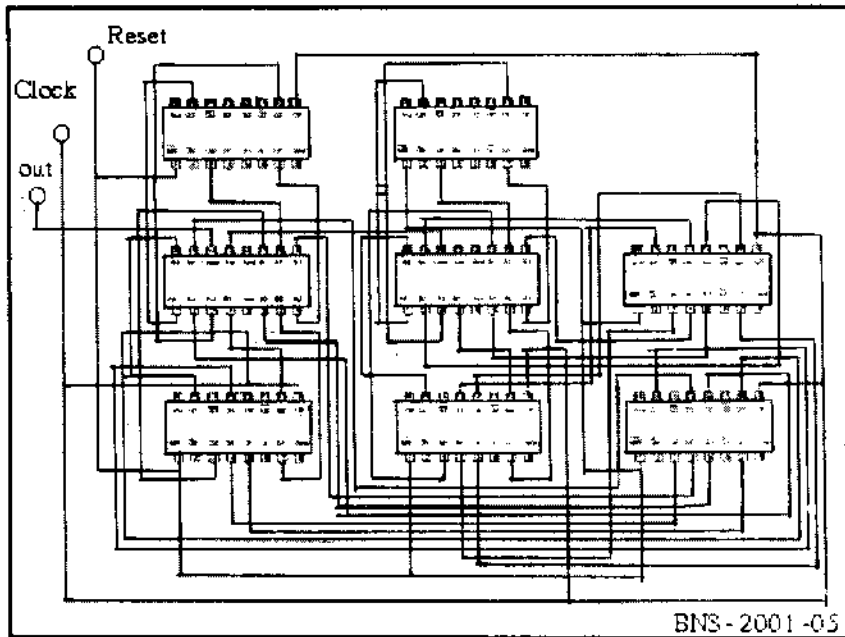
Hình 7- 4 Kết quả tích phân số

Bảng 7-1 Kết quả tích phân số

Bước N ^o	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		6
12	5	4	1	7
13	5	1	1	8
14	5	6		8
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 đệm 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:

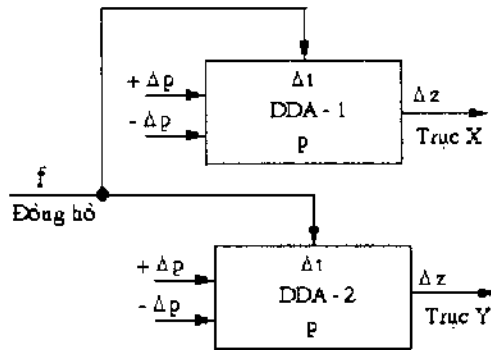
$$K_i = \sum_{i=1}^n L \times i \quad (7-14)$$

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.

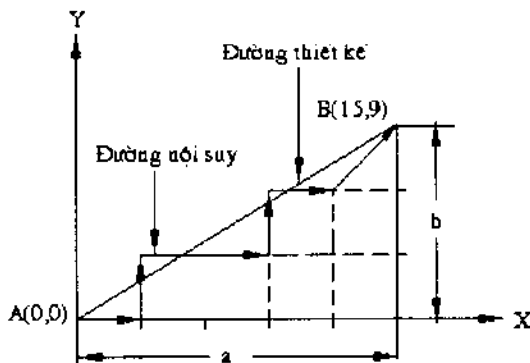


Hình 7- 6 Bộ nội suy thẳng .

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 nối 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:

$$\Delta z_1 = Ca\Delta t \quad (7-16a)$$

$$\Delta z_2 = Cb\Delta t \quad (7-16b)$$

ơ 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 tích phân DDA thứ ba vào bộ nội suy thẳng.

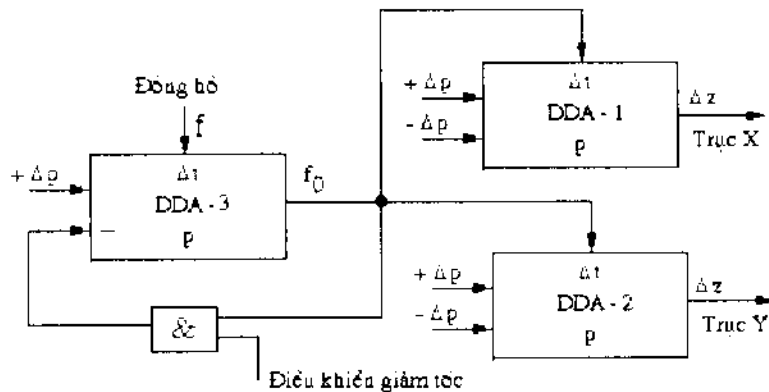
Nếu coi tích phân thứ ba đóng vai trò điều chỉnh tốc độ, chọn thanh ghi DDA – 3 m – bit. Thanh ghi p nạp nạp mã chạy dao (MCD) tính theo công thức (3-3):

$$MCD = \frac{10 \times V}{L} \quad (7-19)$$

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, tổ 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 phân 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.

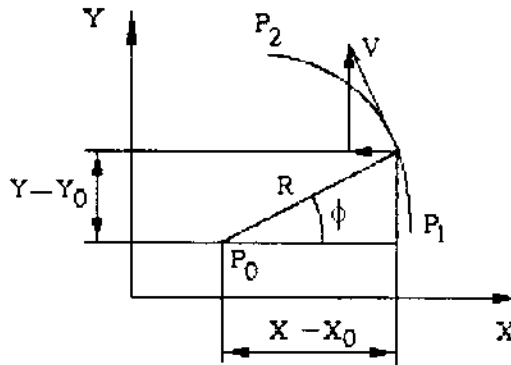
Góc vị trí của dụng cụ ϕ là góc nghiêng của đường kính nối từ điểm khảo sát với tâm cung tròn và trục dương X.

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):

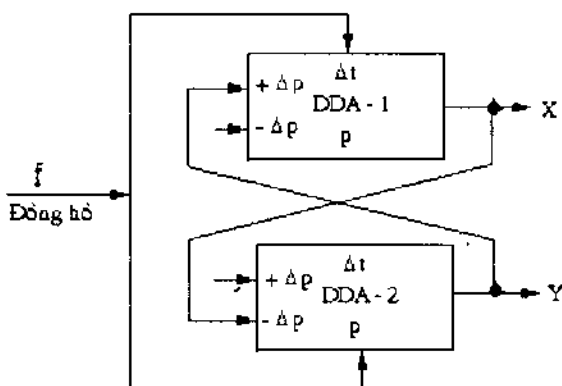
$$\Delta z_1 = CR \cos \phi t \quad (7-41a)$$

$$\Delta z_2 = CR \sin \phi t \quad (7-41b)$$

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:

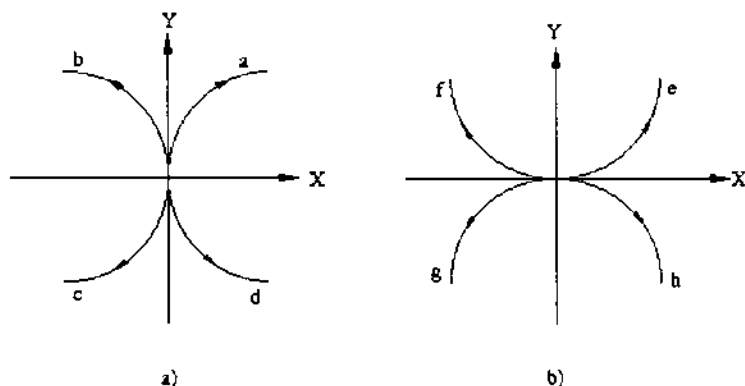
$$C = \frac{V_L}{R} \quad (7-42)$$

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.

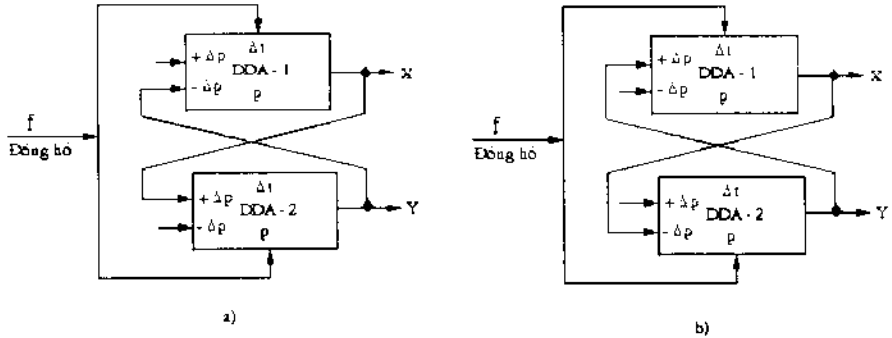
Trong quá trình khảo sát đường cong nội suy người ta nhận thấy, qua một điểm có tám đường cong khác nhau như chỉ ra trên hình 7-11.



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 tử 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.

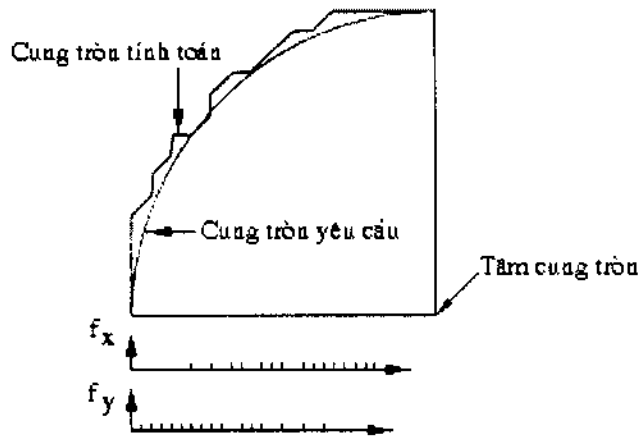
Bảng 7-3 chỉ ra các bước tính toán trong bộ nội suy. Hình 7-13 chỉ ra đường cong tính toán (a) và đường cong yêu cầu (b).

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 .

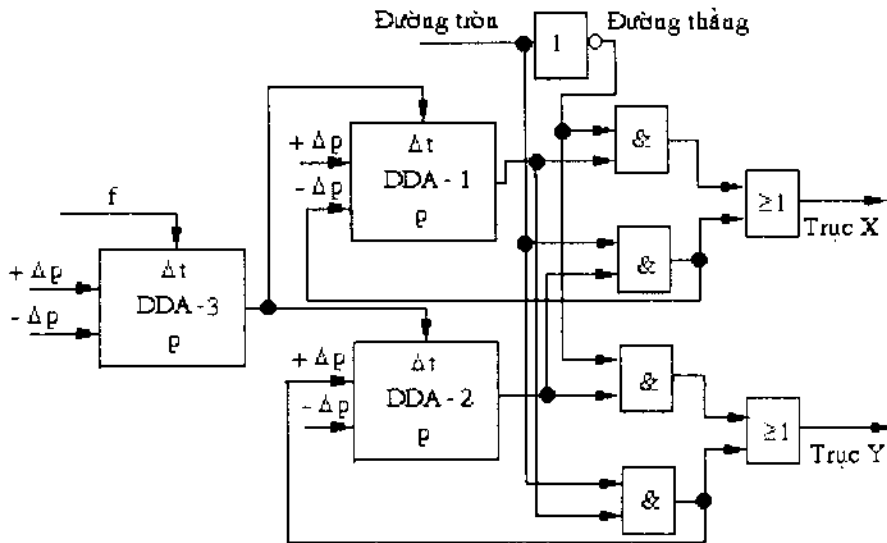


Hình 7-13 Cung tròn nội suy và cung tròn yêu cầu.

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 giây. 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:

$$S_0 = 3600$$

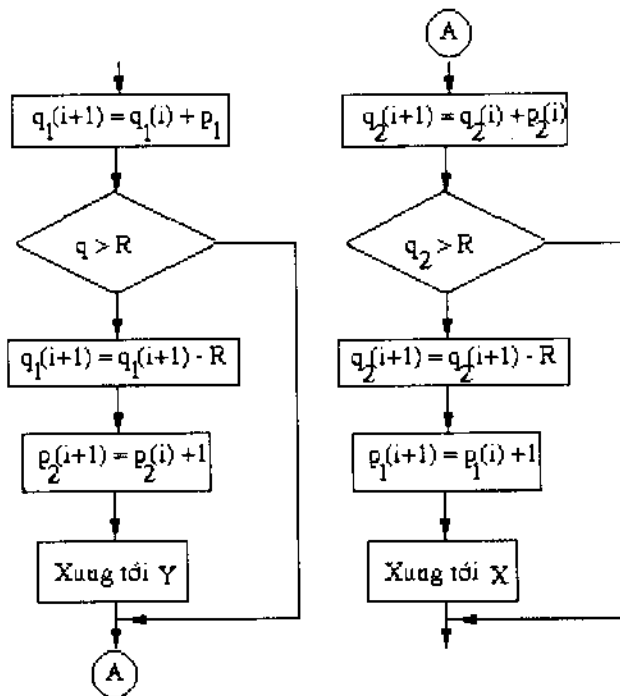
Tần số xung ngắt là:

$$f = \frac{V_{\max}}{\text{BCS}} = \frac{3600}{0,01 \times 60} = 6000 \text{ xung/s}$$

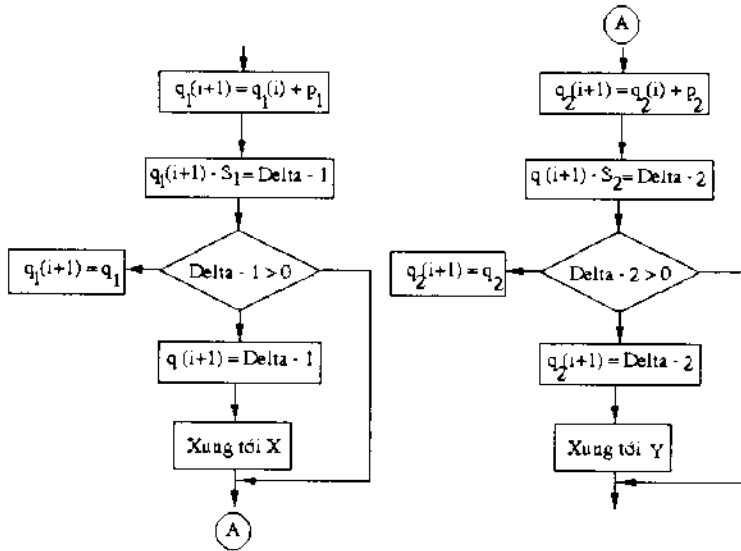
Tần số ngắt là 6000 xung/s tương ứng với thời gian lặp 167 μs của hệ thống điều khiển CNC.

Hình 7-15 chỉ ra sơ đồ thuật toán của phần mềm nội suy trên cơ sở thuật toán phân 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 y1,p11
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,#Offh,Enable_X
```

```
dec hxx
mov r5,hxx
cjne r5,#Offh,Enable_X
setb emptyX
mov P0,#Offh
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. lự. 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 $\theta(t) = \frac{V}{R}$.

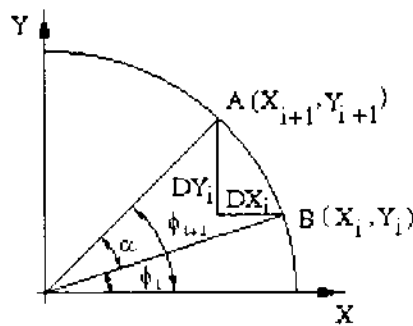
Tốc độ V_x và V_y là hai chuyển động thẳng của các trục, tổng hợp hai chuyển động thẳng thành nội suy vòng. Các thông số tốc độ các trục là tín hiệu vào của mạch nội suy vòng. Từ suy luận trên cho thấy thực chất cung tròn hình thành trên cơ sở các đoạn thẳng liên tiếp. Điểm đầu của đoạn thẳng đầu tiên 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 :

$$V_x(t) = \frac{VDX_i}{DS_i} \tag{7-47a}$$

$$V_y(t) = \frac{VDY_i}{DS_i} \quad (7-47b)$$

trong đó: $AB = DS_i = \sqrt{DX_i^2 + DY_i^2}$

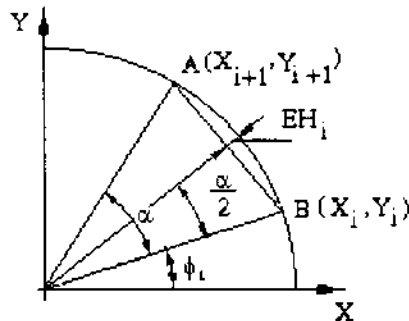
Công thức (7-47a) và (7-47b) là vị trí của điểm tiếp theo và cũng chính là các thông số cấp cho bộ nội suy.

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_1 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. Histan, 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 Introduction 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 process”, 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