CHƯƠNG 3:

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ CNC

Trong chương này, không đi sâu vào cấu trúc và nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển máy công cụ CNC một cách chi tiết, mà chỉ tập trung vào các nguyên lý và các khái niệm cơ bản nhất về cấu thành và sự hoạt động của hệ thống điều khiển máy công cụ CNC.

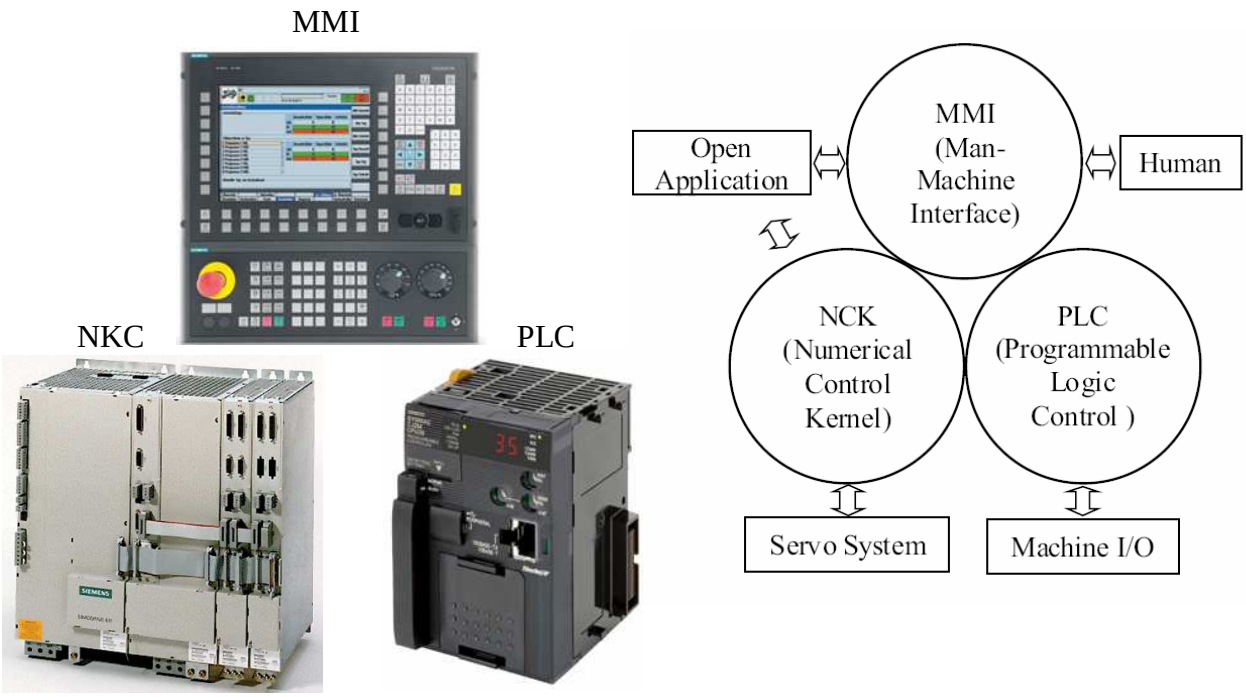
Nói một cách chung nhất, bộ điều khiển máy nhận các mã lệnh chỉ dẫn của người lập trình dưới dạng G-code (sẽ được đề cập sau), sau đó thông dịch và chuyển thành các xung điều hướng dẫn các động cơ chuyển động trong quá trình gia công.

1. Cấu thành của hệ thống điều khiển số CNC

Hệ thống CNC bao gồm 3 bộ phận:

- Hệ NC (numerical control) làm nhiệm vụ tương tác với người vận hành và tiến hành việc điều khiển vị trí.
- Hệ điều khiển các động cơ
- Hệ các driver.

Theo nghĩa hẹp, chỉ có hệ NC được gọi là hệ điều khiển CNC. Chương này chỉ tập trung vào cấu thành thứ nhất, tức là tập trung vào kiến trúc và chức năng của hệ NC.



Hình 3.1 Cấu thành của hệ điều khiển CNC

Xét về mặt chức năng, hệ điều khiển CNC bao gồm bộ phận giao tiếp giữa người và máy (MMI-Man-Machine-Interface), phần lõi điều khiển số (NCK - Numerical Control Kernel) và bộ điều khiển logic khả lập trình PLC (Programmable Logic Control) (xem hình 3.1).

MMI chịu trách nhiệm giao tiếp giữa NC và người vận hành máy, thi hành các lệnh của máy, hiển thị thông tin trạng thái của máy và thực hiện các chức năng soạn thảo chương trình gia công.

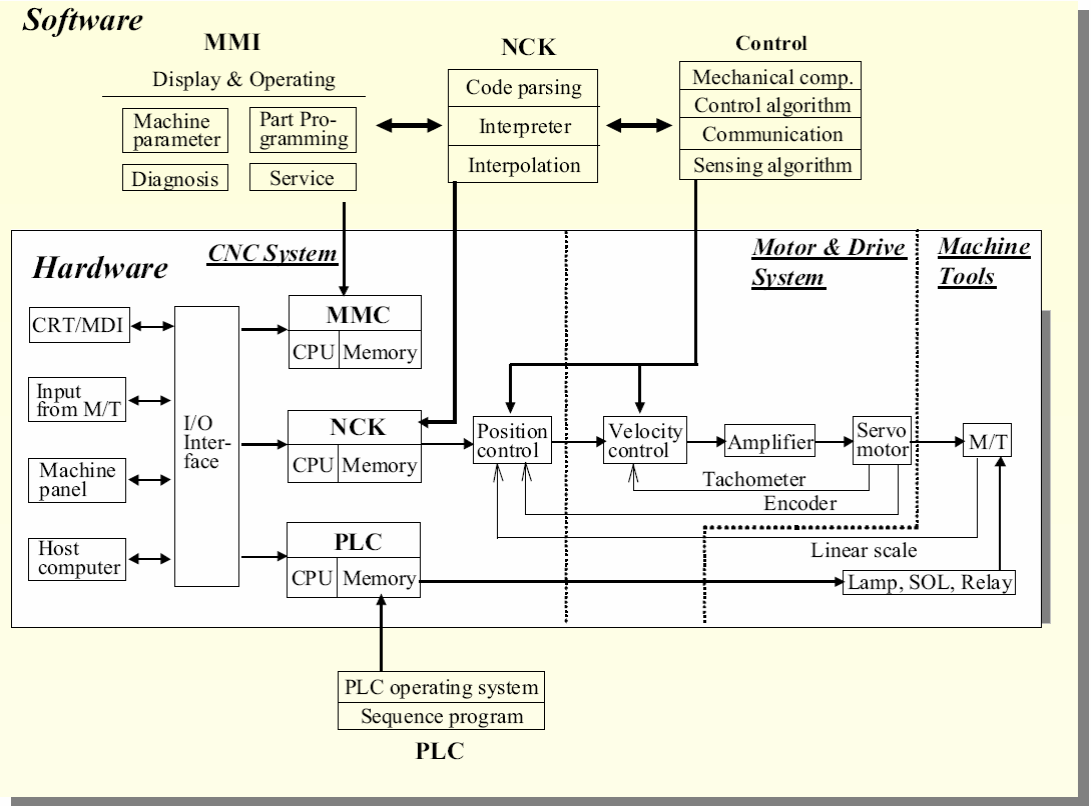
NCK là lõi của hệ thống CNC, nó thông dịch chương trình gia công và tiến hành nội suy, điều khiển vị trí và bù trừ sai số dựa trên chương trình đã được thông dịch. Cuối cùng NCK điều khiển các động cơ servo chuyển động để gia công chi tiết.

Bộ điều khiển PLC điều khiển việc thay dao, tốc độ trục chính, thay chi tiết gia công và nhập hoặc xuất các tín hiệu xử lý. Nó đóng vai trò điều khiển các hoạt động của máy (ngoại trừ điều khiển cộng cơ servo)

Hình 3.2 thể hiện kiến trúc của một hệ máy công cụ CNC dưới góc độ cả phần cứng lẫn phần mềm. Dưới góc độ phần cứng, máy CNC bao gồm hệ điều khiển CNC, hệ thống các động cơ dẫn động, và bản thân máy công cụ. Tín hiệu điều khiển vị trí, là đầu ra cuối cùng của hệ CNC, được truyền đến bộ điều khiển động cơ (motor drive system), bộ điều khiển động cơ điều khiển các động cơ servo bằng điều khiển vận tốc hoặc momen. Cuối cùng, động cơ bắt bàn máy mang chi tiết chuyển động thông qua hệ thống truyền động.

Trong hệ thống CNC, mô-đun xử lý các chức năng của MMI, NCK và PLC bao gồm bộ xử lý trung tâm, hệ thống RAM và ROM để lưu các ứng dụng của người dùng (cho MMI), chương trình gia công (cho NCK) và các chương trình PLC (cho PLC). Mô-đun xử lý kết nối với hệ giao diện có trang bị các phím nhập dữ liệu, màn hình hiển thị và hệ thống bus. Có thể nói, kiến trúc của một hệ CNC tương tự như một máy tính đa nhiệm. Hệ CNC cũng có các thiết bị nhập/xuất các tín hiệu tương tự và tín hiệu số nhằm giao tiếp trực tiếp với các thiết bị ngoại vi khác và tạo mối liên kết truyền thông giữa các động cơ và mô-đun nhập/xuất.

Theo cách nhìn về mặt phần mềm, hệ thống CNC được thể hiện trên hình 3.2. Theo đó, hệ CNC bao gồm các chức năng MMI hỗ trợ chức năng soạn thảo chương trình, giao diện người dùng và hiển thị các thông tin trạng thái của máy; các chức năng NCK thi hành công việc thông dịch chương trình, nội suy và điều khiển; các chức năng PLC thực hiện các chương trình logic theo cách tuần tự.



Hình 3.2 Cấu thành của hệ thống CNC chuẩn

1.1 Chức năng của MMI (giao tiếp giữa người và máy)

MMI thực hiện chức năng tương tác với người vân hành máy. Vì thế có rất nhiều loại giao diện người dùng khác nhau tùy vào các nhà sản xuất máy công cụ khác nhau. Các chức năng của MMI được chia ra 5 nhóm sau:

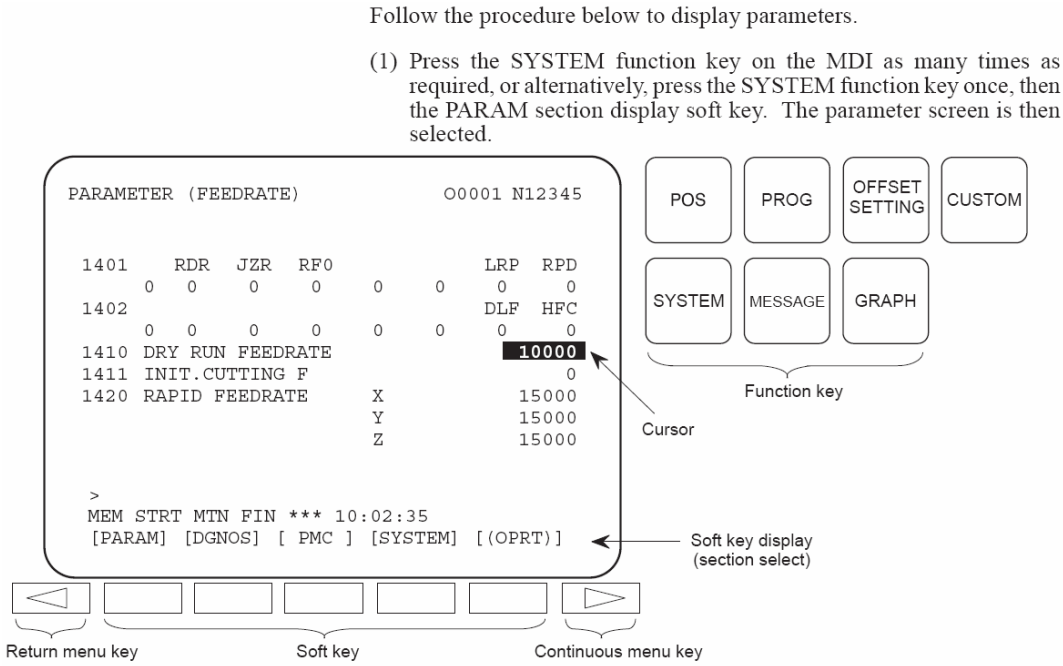
1. Các chức năng liên quan đến hoạt động của máy: bao gồm hiển thị trạn thái của máy khi máy hoạt động ví dụ như khoảng cách đã đi được, tốc độ dịch chuyển dao, tốc độ quay của trục chính, dòng lệnh nào đang được thi hành... Ngoài ra nó còn hỗ trợ các chức năng như dịch chuyển bàn máy bằng tay, nhập dữ liệu bằng tay, tìm chương trình, soạn thảo chương trình, quản lý dụng cụ cắt (xem hình 3.3).

Hình 3.3 Ví dụ về màn hình hiển thị MMI và bộ bàn phím nhập dữ liệu của hệ điều khiển FANUC áp dụng cho máy phay

2. Chức năng thiết lập (set) các tham số: Trong hệ thống CNC, có rất nhiều các tham số (parameters) và chúng được phân thành 3 loại sau:

- Tham số của máy dùng để thiết lập các chế độ thông thường của máy, hệ dẫn động các động cơ servo và trục chính, hiệu chỉnh dao, hệ tọa độ máy, các điều kiện biên an toàn.
- Tham số chương trình: thiết lập trong quá trình soạn thảo chương trình
- Tham số người dùng: để thích nghi với yêu cầu của người sử dụng máy.

Ví dụ về màn hình hiển thị các tham số và phương pháp thay đổi các tham số bằng hệ thống bàn phím nhập liệu được minh họa trên hình 3.4 (hệ điều khiển FANUC).



Hình 3.4. Ví dụ về thiết lập tham số (parameters) cho máy thông qua MMI (hệ điều khiển FANUC), đưa con trỏ đến tham số cần sửa, nhập giá trị mới và nhấn phím Input

3. Chức năng soạn thảo chương trình gia công: Chức năng này cho phép nhập và chỉnh sửa chương trình gia công (gọi là G-code, dựa trên tiêu chuẩn EIA/ISO Electronics Industry Association/International Organization for Standardization). Về mặt thực tế, người sử dụng máy phải biết G/M code (sẽ được làm rõ ở chương 4). Ở một số hệ điều khiển CNC, chức năng lập trình gia công sử dụng chế độ hội thoại giữa người và máy để giúp cho việc soạn thảo chương trình được dễ dàng hơn. Ví dụ để soạn thảo chương trình gia công khoan lỗ, người lập trình không cần nhớ chi tiết cú pháp của từng câu lệnh trong chu trình khoan. Chương trình hỗ trợ lập trình trong máy sẽ tự động sinh chương trình G-code, người dùng chỉ nhập các thông số cơ bản như vị trí lỗ cần khoan, chiều sâu lỗ v.v…

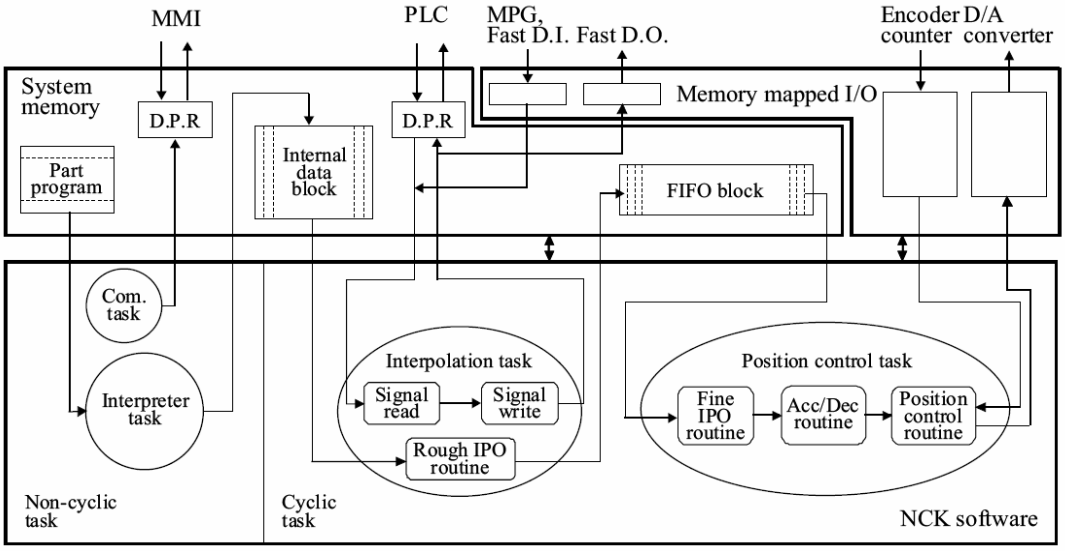
4. Chức năng giám sát và cảnh báo (Monitoring and alarm functions): Hệ thống CNC luôn luôn thông báo cho người dùng trạng thái và tình trạng của máy. Chức năng này là rất cần thiết khi máy hoạt động ở tốc độ cao. Trên máy công cụ CNC thường có các đèn báo về mức độ tải của máy, các chuông hoặc đèn báo lỗi về sự cố, báo cáo trạng thái của PLC v.v…

5. Các dịch vụ và tiện ích khác: Ngoài 4 chức năng thiết yếu bên trên, nhiều chức năng tiện ích khác rất hữu dụng đối với người vận hành máy. Ví dụ chức năng DNC (Direct Numerical Control) có nhiệm vụ truyền chương trình gia công soạn thảo bên ngoài máy CNC xuống máy CNC để tiến hành gia công (sẽ được làm rõ thêm ở cuối chương), hoặc chức năng copy các tham số trong máy ra bên ngoài và lưu thành file để lưu trữ khi người dùng cần phục hồi các tham số như ban đầu, hoặc chức năng giao tiếp trao đổi dữ liệu giữa máy tính PC và hệ điều khiển CNC.

1.2. Chức năng NCK (Numerical Control Kernel)

Nhìn chung, hệ NC thông dịch dữ liệu nhập, lưu giữ nó trong bộ nhớ, gửi lệnh đến hệ thống dẫn động, và kiểm tra các tín hiệu phản hồi về vị trí hoặc tốc độ của hệ thống dẫn động. Các khối chức năng của NCK và dòng thông tin trong NCK, được xem là bộ phận thiết yếu của hệ CNC, được thể hiện trên hình 3.5. Chức năng thông dịch, nội suy, điều khiển gia tốc/giảm tốc và điều khiển vị trí l cc chức năng chính của bộ phận NCK.

a) Chức năng thông dịch (interpreter): đóng vai trò đọc chương trình gia công (part program), thông dịch các block lệnh dưới dạng mã ASCII (American Standard Code for Information Interchange) trong chương trình gia công và lưu giữ chương trình đã được thông dịch đó vào bộ nhớ trong để rồi chuyển sang bộ nội suy (interpolator). Các khối lệnh (blocks) được thực hiện tuần tự, trình thông dịch sẽ đọc và dịch block lệnh kế tiếp khi khối lệnh phía trước đang được thi hành. Vì thế, nếu thời gian thông dịch khối lệnh phía sau dài hơn thời gian thực hiện lệnh thì máy phải chờ cho đến khi khối lệnh được thông dịch xong. Do vậy việc máy phải tạm dừng là không tránh khỏi. Để tránh trường hợp này, người ta dùng bộ đệm (buffer) để lưu trữ tạm thời dữ liệu thông dịch. Bộ đệm luôn giữ một lượng số các dữ liệu đã được thông dịch đủ để tránh việc máy phải dừng tạm thời khi có trường hợp thời gian thông dịch lệnh lớn hơn thời gian thi hành lệnh.



Hình 3.5. Các khối chức năng của NCK

b) Nội suy (interpolator): đóng vai trò đọc các thông tin đã được thông dịch và lưu trữ trong bộ nhớ đệm bên trong, tính toán vị trí, tốc độ trên mỗi đơn vị thời gian của các trục của máy, và lưu trữ kết quả này vào một bộ nhớ đệm khác có tên là FIFO (first in, first out) để điều khiển việc gia tốc và giảm tốc. Nội suy đường thẳng và nội suy đường tròn là hai kiểu nội suy điển hình trong hệ thống NC. Nội suy parapol, nội suy spline và một số nội suy khác chỉ dùng trong một số máy CNC. Các phương pháp nội suy sẽ được làm rõ ở mục 6.

Bộ nội suy phát một xung (pulse) ứng với dữ liệu đường tùy vào loại đường được nội suy (thẳng, tròn, prarapol hay spline) và gửi xung đó đến bộ đệm FIFO. Số lượng của xung được quyết định dựa vào vận tốc. Trong một hệ NC, chuyển vị trên mỗi xung quyết định độ chính xác dịch chuyển (không xét sai số cơ khí). Ví dụ nếu một trục nào đó có thể chuyển động 0.002mm/xung thì độ chính xác của hệ thống NC là 0.002. Thêm vào đó, hệ thống NC phải tạo ra 25000 xung để dịch chuyển chi tiết một đoạn 50 mm và 8333 xung/giây để dịch chuyển với tốc độ 1 mét/phút.

c) Nếu điều khiển vị trí thi hành bằng cách sử dụng dữ liệu tạo ra từ bộ nội suy, máy sẽ bị rung về mặt cơ khí do quán tính khi chi tiết bắt đầu chuyển động hoặc dừng. Để khắc phục hiện tượng đó, việc điều khiển gia tốc và giảm tốc phải được thực hiện trước khi dữ liệu nội suy được gửi đến bộ điều khiển vị trí. Phương pháp này gọi là gia tốc/giảm tốc *sau* nội suy. Ngược lại cũng tồn tại phương pháp gia tốc/giảm tốc *trước* nội suy khi việc điều khiển tốc/giảm tốc được thực hiện trước khi nội suy.

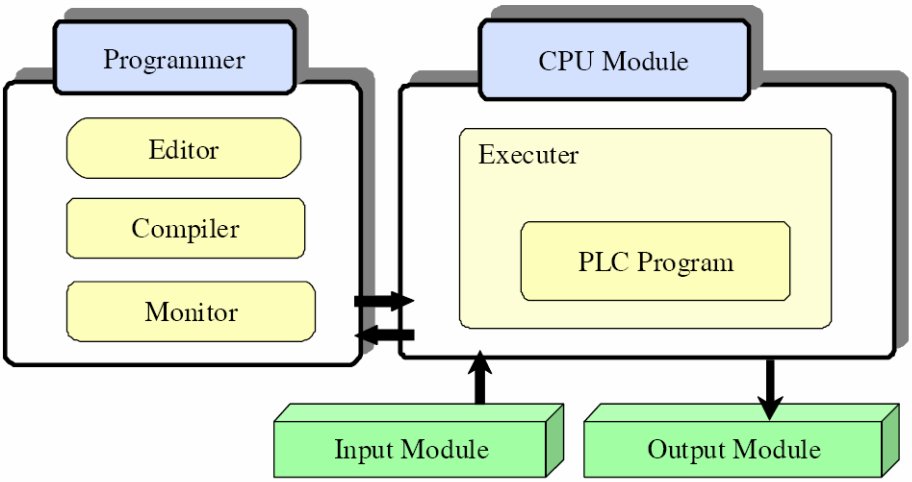
1.3 Khối chức năng PLC

Bộ điều khiển logic được dùng để thi hành các điều khiển mang tính tuần tự trong các máy móc và trong công nghiệp. Trong quá khứ, điều khiển logic được thực hiện chủ yếu bằng phần cứng bao gồm rơle, bộ đếm, timer và mạch điện. Chúng được gọi là bộ điều khiển dựa vào phần cứng. Gần đây, hệ thống PLC gồm ít thiết bị điện hơn, chúng bao gồm bộ vi xử lý và bộ nhớ. Chúng có khả năng thực hiện các phép logic, đếm, chức năng timer và cả bộ tính toán số học. Vì vậy, PLC được gọi là bộ điều khiển logic dựa vào phần mềm (software-based logic controller). Ưu điểm của PCL bao gồm:

- Linh hoạt: điều khiển logic được thay đổi chỉ cần thông qua thay đổi chương trình (phần mềm)
- Khả năng mở rộng: thực hiện dễ dàng bằng cách thêm các module và sửa lại chương trình
- Hiệu quả kinh tế: giảm được giá thành vì giảm được thời gian thiết kế, độ tin cậy cao, dễ bảo trì.
- Tiết kiệm không gian: có kích thước nhỏ gọn so với điều khiển bằng hộp rơle
- Tin cậy: xác xuất hỏng do tiếp điểm kém rất thấp thì PLC sử dụng công nghệ bán dẫn
- Tính năng hoạt động tốt: thực hiện đươc các phép toán học và soạn thảo chương trình

Kiến trúc về phần cứng của bộ phận PLC của hệ NC bao gồm bộ vi xử lý, hệ thống bộ nhớ, bộ nhớ chương trình và các module input/output như trên hình 3.5. Ngay khi nguồn được bật lên, hệ thống bộ nhớ set môi trường phần cứng cho PLC và bộ nhớ chương trình, quản lý input/output, rơ le, timer, lưu giữ các chương trình của người dùng, và các dữ liệu được thông dịch bởi bộ vi xử lý. Module input/output giao tiếp với các công tắc hành trình, rơle…

Các module chức năng của được thực hiện trong PLC thể hiện trên hình 3.6 và có thể tóm tắt như sau: Ban đầu, người dùng tạo các chương trình ứng dụng bằng cách dùng một chương trình soạn thảo PLC bên ngoài sau đó nạp vào PLC. Ở giai đoạn này, một thiết bị chuyên dụng được dùng để giúp người dùng soạn thảo chương trình gọi là programer hay loader. Programer bao gồm trình soạn thảo để soạn chương trình và bộ biên dịch (compiler, lưu ý biên dịch khác với thông dịch) chuyển chương trình PLC thành ngôn ngữ PLC có thể hiểu và thi hành được. Lý do tại sao phải dùng trình biên dịch là vì chương trình được biên dịch thực hiện nhanh và hiệu quả rất nhiều so với chưa biên dịch. Chương trình PLC đã được biên dịch được truyền qua CPU module. Trạng thái của PLC đang được thi hành trong CPU module được gửi đến chương trình PLC để người dùng giám sát trạng thái hoạt động.



Hình 3.6. Kiến trúc và chức năng của hệ thống PLC

Module đọc chương trình soạn thảo bằng Loader và thi hành tuần tự các lệnh lệnh logic được gọi là Executer. Đây là bộ phận cốt lõi của PLC. Executer lặp một cách tuần tự các bước: đọc input, thực hiện các phép logic của chương trình, gửi kết quả đến output thông qua output module.

PLC trong máy CNC cũng tương tự như các PLC thông dụng nhưng chúng có thêm bộ điều khiển bổ trợ dùng để hỗ trợ chức năng của khối NCK. Các chức năng cần thiết đó là:

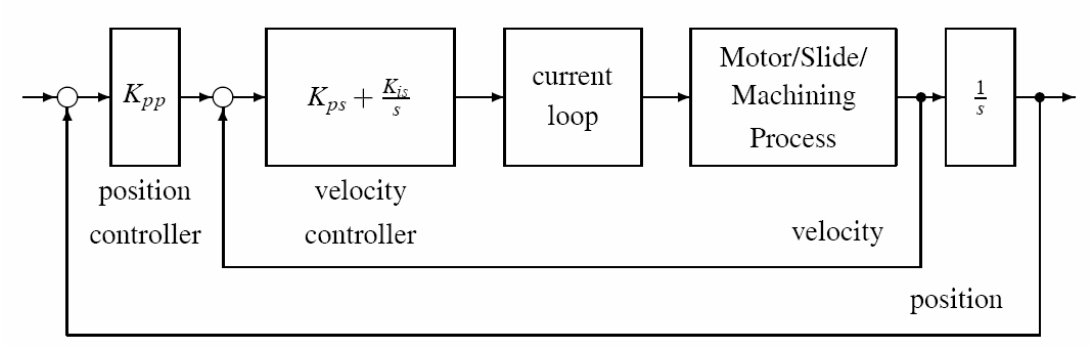
- Mạch giao tiếp với NCK
- Dual-port RAM để hỗ trợ đường truyền tốc độ cao
- Bộ nhớ để trao đổi dữ liệu trong quá trình giao tiếp tốc độ cao với NCK
- Module input tốc độ cao

Trong thực tế, tùy vào quyết định cá nhân của từng nhà sản xuất máy CNC và các nhà sản xuất PLC, nhiều ngôn ngữ PLC được sử dụng. Cũng chính vì thế đã xảy ra một số khó khăn trong quá trình bảo trì và hướng dẫn sử dụng. Để giải quyết vấn đề này, ngôn ngữ PLC (IEC1131-3) chuẩn được xây dựng và được sử dụng rộng rãi. Tiêu chuẩn IEC1131-3 định nghĩa năm loại ngôn ngữ PLC: 1) Structured Text (ST), 2) Function Block Diagram (FBD), 3) Sequential Function Charts (SFC), 4) Ladder Diagram (LD), và 5) Instruction List (IL 1).

2. Phân loại hệ thống điều khiển

Đối với hệ thống điều khiển máy công cụ CNC vấn đề cơ bản quan trọng là làm sao từ các dữ liệu của chương trình đã lập của người dùng, bộ điều khiển tiến hành xử lý, tính toán và phát lệnh đến các đông cơ dẫn động bàn máy và trục chính thực hiện các dịch chuyển cần thiết để tạo ra hình dáng hình học của chi tiết cần gia công với độ chính xác nhất định một cách tự động hoàn toàn.

Khi vận tốc thực và vị trí thực được các sensor nhận biết và hồi tiếp ngược về mạch điều khiển, động cơ servo dùng trong các máy CNC liên tục được điều khiển sao cho sai số vận tốc hoặc sai số vị trí giữa vị trí cần và vị trí thật là nhỏ nhất. Hệ thống hồi tiếp đầy đủ nhất sẽ bao gồm 3 vòng lặp điều khiển độc lập điều khiển các trục của máy (hình 3.7). Vòng ngoài cùng nhất là vòng hồi tiếp vị trí, vòng giữa là vòng hồi tiếp vận tốc, và vòng trong cùng là vòng lặp về dòng điện. Nói chung, vòng lặp điều khiển vị trí được bố trí trong hệ NC, do hệ NC đảm nhận, các vòng lặp khác đặt ngay trong thiết bị dẫn động servo. Tuy nhiên cũng không có quy định thống nhất nào về vị trí của các vòng lặp điều khiển. Chúng phụ thuộc vào nhà thiết kế máy công cụ CNC.



Hình 3.7. Ba loại vòng lặp điều khiển trong máy CNC

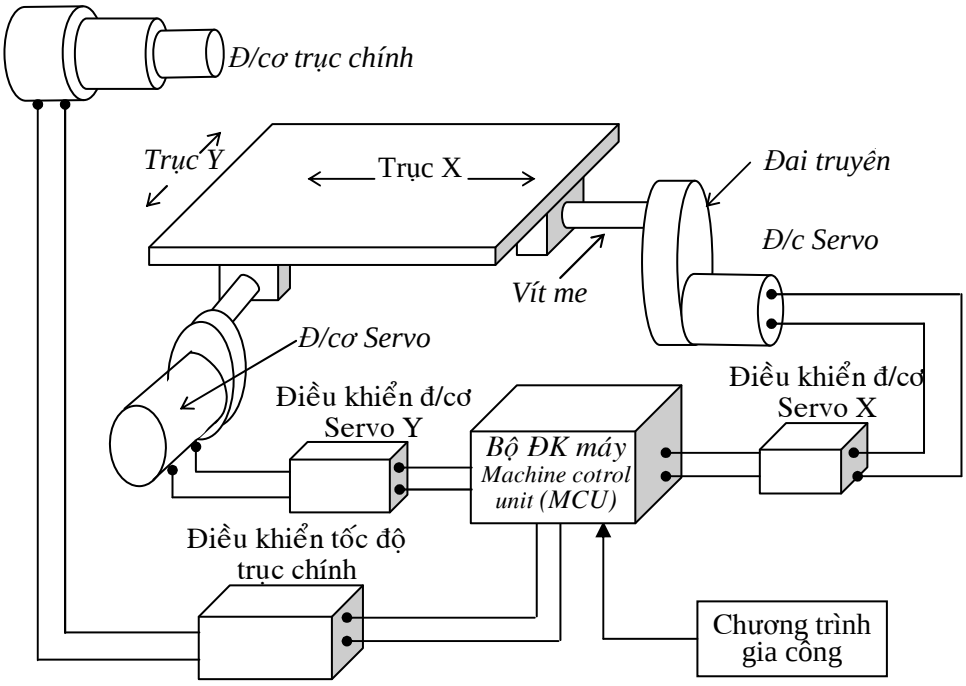
Nếu phân loại dựa theo phương pháp mà hệ điều khiển xác định và kiểm tra vị trí, người ta chia hệ thống điều khiển thành 4 loại sau:

- Điều khiển chu trình hở (open loop)
- Điều khiển theo chu trình nửa kín (semi-closed loop)
- Điều khiển chu trình kín (closed loop)
- Điều khiển hỗn hợp (hybrid loop)

Phần lớn các máy công cụ CNC có độ chính xác cao được trang bị bộ điều khiển chu trình đóng và nó kiểm soát vị trí dịch chuyển dụng cụ cắt chính xác hơn, do đó chất lượng gia công chi tiết tốt hơn. Tuy nhiên điều khiển theo chu trình hở vẫn còn sử dụng ở các máy CNC có độ chính xác vị trí thấp hoặc các máy có mômen cản sinh ra trên động cơ dẫn động bàn máy là nhỏ và giá trị ổn định (ví dụ máy gia công tia lửa điện điện cực dây hoặc điện cực định hình) để giảm giá thành chế tạo.

a) Hệ thống điều khiển chu trình hở

Ở hệ thống điều khiển chu trình hở, dữ liệu chương trình gia công nhập được đưa vào bộ điều khiển MCU (machine control unit) (xem hình 3.8). Nó giải mã thông tin và lưu trữ trong bộ nhớ cho đến khi người vận hành bấm nút bắt đầu chạy chương trình. Từng lệnh của chương trình được chuyển đổi sang các xung điện một cách tuần tự và tự động để gửi tới bộ điều khiển, kích hoạt và điều khiển các động cơ servo. Lượng dịch chuyển của động cơ hay nói cách khác là bàn máy phụ thuộc vào số xung điện (electric pulses) mà động cơ nhận được.

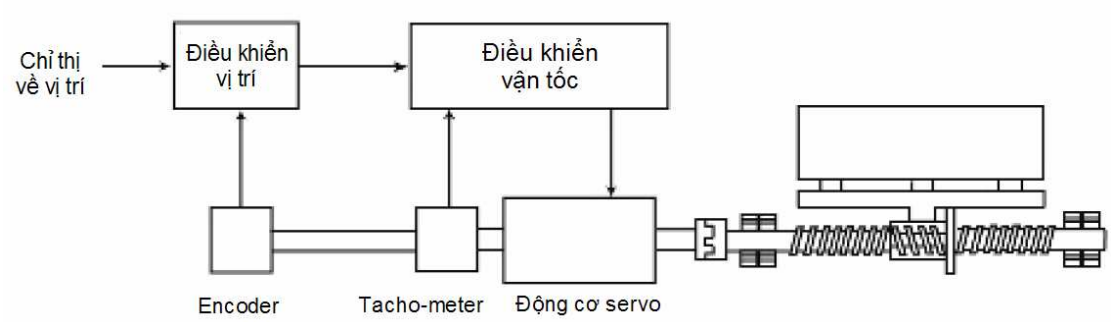


Hình 3.8 Hệ thống điều khiển theo chu trình hở

Hệ thống này khá đơn giản vì không có mạch hồi tiếp (feedback), tuy nhiên không có cách nào để kiểm tra xem động cơ servo có dịch chuyển (quay) đúng theo lệnh đã được yêu cầu hay không, tức là chúng không có mối liên hệ ngược. Do vậy hệ thống điều khiển chu trình hở không thể áp dụng cho các máy CNC gia công cơ có độ chính xác lớn hơn 0,02 mm hoặc có lực cắt trong quá trình gia công lớn. Đối với loại điều khiển này động cơ servo là các động cơ một chiều kiểu động cơ bước (stepper motor). Độ chính xác gia công chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác chuyển động của động cơ bước, vítme và hệ thống truyền động. Khi mômen quay nhỏ và ít thay đổi thì độ chính xác dịch chuyển khá cao, do vậy các máy gia công tia lửa điện hiện nay vẫn sử dụng điều khiển theo chu trình hở.

b) Bộ điều khiển chu trình nửa kín

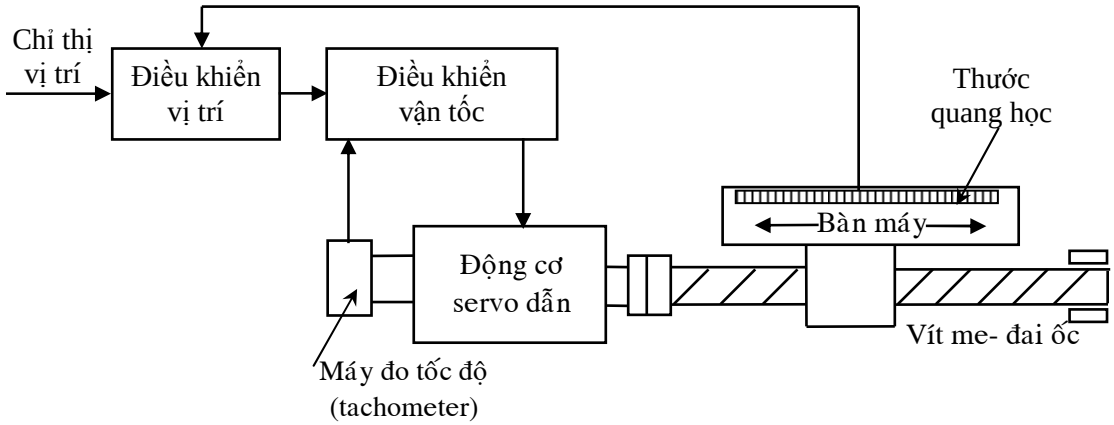
Điều khiển chu trình nửa kín là loại hệ thống điều khiển phổ biến có cấu trúc như hình 3.9. Với loại này, thiết bị kiểm tra vị trí được lắp vào trục của động cơ servo và chúng kiểm tra góc quay. Độ chính xác cuối cùng (chuyển động của bàn máy) phụ thuộc khá lớn và độ chính xác của trục vitme. Vì thế, trục vít me bi có độ chính xác cao được dùng trong hệ truyền động cho bàn máy. Khi cần thiết, một số máy hệ NC còn cho phép bù trừ sai số của bước vít me và khe hở của trục vitme để tăng độ chính xác. Bù trừ sai số bước vít me bằng cách hiệu chỉnh chỉ thị đến hệ dẫn động servo nhằm loại bỏ sai số tích lũy. Bù trừ sai số khe hở khi chiều chuyển động đổi dấu, một lượng xung tương ứng với khe hở được gửi đến hệ điều khiển động cơ servo để hiệu chỉnh.



Hình 3.9 Điều khiển chu trình nửa kín

c) Điều khiển chu trình kín (closed loop system)

Mặc dù bộ điều khiển chu trình nửa kín có thể thể bù trừ sai số bước vitme và he hở vitme nhưng nói chung khó đạt được độ chính xác cao khi ảnh hưởng của khe hở sẽ thay đổi theo khối lượng của chi tiết gia công. Độ mòn của trục vít me cũng khác nhau tại các vị trí khác nhau. Khe hở của vitme cũng thay đổi theo nhiệt độ. Thêm vào đó, chiều dài của trục vitme cũng bị giới hạn so với các máy có yêu cầu hành trình lớn. Khi đó cơ cấu bánh răng thanh răng được sử dụng đối với các máy có kích thước lớn. Tuy nhiên, độ chính xác của cơ cấu bánh răng thanh răng thường kém. Do vậy, điều khiển chu trình kín sử dụng trong trường hợp này sẽ khắc phục được sai số của vitme hoặc bánh răng thanh răng (hình 3.10)



Hình 3.8. Hệ thống điều khiển theo chu trình kín (có hồi tiếp vị trí và tốc độ)

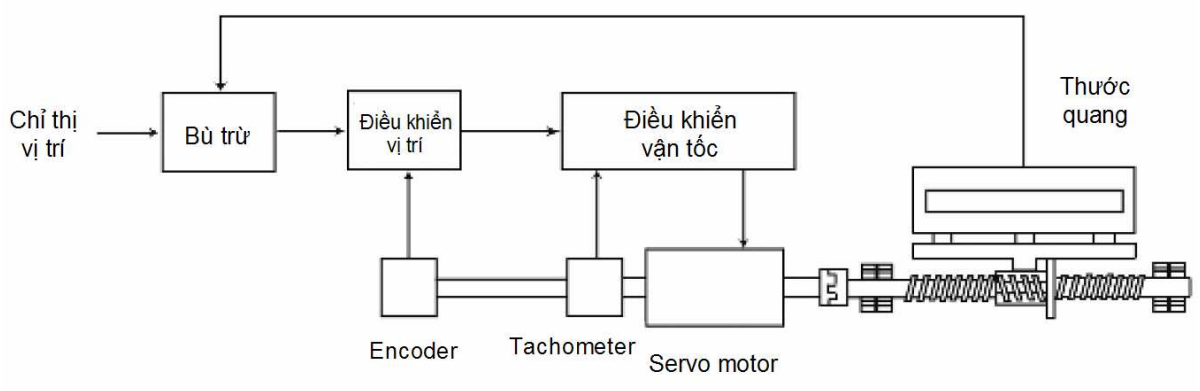
Trong hệ thống điều khiển chu trình kín, thiết bị giám sát vị trí được lắp trên bàn máy và vị trí thực của bàn máy được hồi tiếp về hệ điều khiển. Chu trình kín và chu trình nửa kín khá giống nhau ngoại trừ vị trí của thiết bị giám sát vị trí (gọi là linear scale) được lắp ở bàn máy hay ở trục của động cơ và độ chính xác của thiết vị nhận biết vị trí của hệ điều khiển chu trình kín rất cao.

Tuy vậy, hiện tượng cộng hưởng trong dao động của khung máy, hiện tượng dính trượt v.v.. gây nên thiết hụt chuyển động bởi vì bản thân cả thân máy cũng dính liền với đối tượng giám sát (bàn máy) có ảnh hưởng đến đặc tính của hệ servo. Hệ điều khiển chu trình kín luôn cố làm giảm sai số giữa vị trí cần đến trong lệch dịch chuyển và vị trí thật. Để giảm các sai số do các hiện tượng nói trên gây ra, bộ điều khiển phải nhạy (dập được ảnh hưởng của dao động rung của khung máy) và đôi khi dẫn đến mất ổn định trong điều khiển. Vì vậy, nếu tần số cộng hưởng của máy thấp hơn tần số đáp ứng của hệ điều khiển chu trình kín thì hệ điều khiển vị trí trở nên mất ổn định. Vì thế người ta cố gắng tăng độ cứng vững của khung máy nhằm tăng tần số dao động cộng hưởng của máy. Đồng thời cố gắng giảm hệ số ma sát và loại bỏ các nguyên nhân gây ra thiếu hụt chuyển động.

d) Hệ điều khiển chu trình hỗn hợp

Trong trường hợp khó tăng được độ cứng vững của máy khi khối lượng chi tiết gia công lớn hoặc khó loại bỏ được hiện tượng thiếu hụt chuyển động do hiện tượng dính hoặc trượt chuyển động trong các máy CNC hạng nặng, người ta sử dụng bộ điều khiển chu trình hỗn hợp nhằm bảo đảm độ chính xác vị trí mà không làm mất tính ổn định điều khiển (hình 3.9).

Trong chu trình hỗn hợp, có hai vòng lặp điều khiển: vòng nửa kín giám chuyển động của động cơ, vòng kín sử dụng thước quang để giám sát vị trí của bàn máy. Trong vòng lặp nửa kín, có thể dùng thuật toán điều khiển có độ nhạy cao bởi vì vòng lặp này không bị ảnh hưởng của toàn bộ khung máy. Còn trong vòng lặp kín, độ chính xác điều khiển được tăng lên nhờ phương pháp bù trừ sai số mà vòng lặp nửa kín không thực hiện được. Vì vòng lặp kín chỉ bù trừ sai số thuộc về vị trí nên hoạt động tốt ở chế độ nhạy thấp hơn. Sự kết hợp giữa vòng lặp kín và nửa kín cho phép đảm bảo độ chính xác điều khiển trong mọi trường hợp.



Hình 3.9 Bộ điều khiển chu trình hỗn hợp

3. Nguyên lý về điều chỉnh vị trí kiểu chu trình kín của máy công cụ CNC

Mục này giới thiệu vắn tắt nguyên lý chung của điều khiển chu trình kín nói chung (mở rộng ra cho cả 3 loại, nửa kín, kín và hỗn hợp).

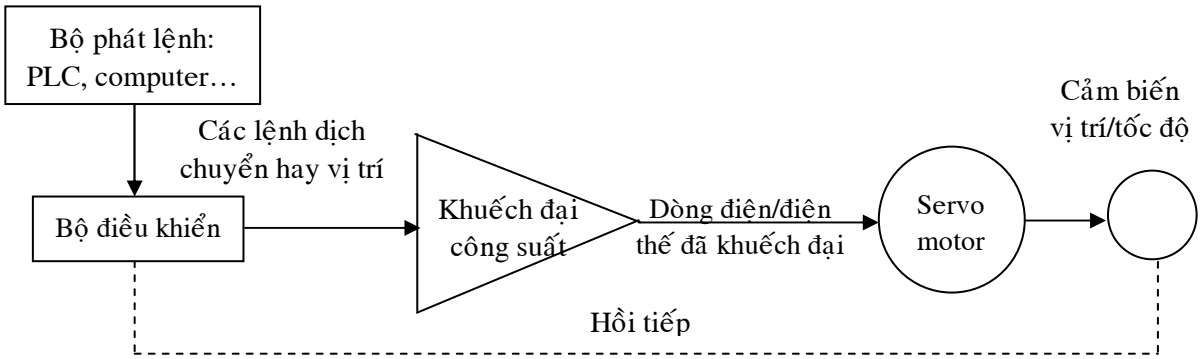
Đối với các máy công cụ CNC gia công cắt gọt hiện nay đều phải dùng phương pháp điều khiển vị trí theo kiểu kín chứ không thể dùng mạch hở bởi ta biết rằng mômen cản trên các trục vít me sẽ thay đổi liên tục và có giá trị rất lớn để chống lại lực cản cắt kim loại. Thậm chí trên cùng một đường chuyển dao, lực cắt cũng thay đổi do độ cứng vật gia công thay đổi cũng như chiều dày cắt thay đổi. Lực cản thay đổi làm cho tốc độ động cơ dẫn động thay đổi và do vậy với cùng một xung điện do MCU phát ra thì bàn máy không thể luôn luôn dịch chuyển được những khoảng cách luôn bằng nhau . Ví dụ để dịch chuyển từ điểm A đến điểm B thì bộ điều khiển đông cơ servo phát ra một số lượng X xung điều khiển nào đó trong điều kiện chuẩn không đổi. Tuy nhiên khi điều khiển cắt thay đổi, nếu bộ điều khiển động cơ servo phát ra X xung điện thì

bàn máy vẫn chưa đến hoặc vượt quá vị trí B. Do vậy để đến đúng vị trí B thì trong quá trình dịch chuyển nó phải luôn luôn giám sát vị trí hiện tại của nó để quyết định khoảng dịch chuyển còn lại. Việc làm này gọi là điều chỉnh vị trí.

Chức năng và nguyên lý hoạt động của thiết bị điều chỉnh vị trí như sau:

Từ bộ nội suy, mỗi giá trị vị trí cần đạt đến được bộ điều khiển MCU đưa vào mạch điều chỉnh vị trí. Trong bộ điều chỉnh vị trí giá trị vị trí thực được nhận biết qua hệ thống đo vị trí. Lấy giá trị vị trí thực này trừ đi giá trị vị trí cần sẽ được một sai lệch điều chỉnh. Sai lệch điều chỉnh là đại lượng điều chỉnh và đối tượng điều chỉnh ở đây là động cơ servo.

Điều chỉnh kiểu mạch chính động cơ servo trong tất cả các trường hợp chung với bộ mã hoá kiểu xoay sử dụng hồi tiếp vị trí/ tốc độ có sơ đồ như hình 3.10.



Hình 3.10 Sơ đồ khối của điều khiển chu trình kín động cơ servo

Bộ điều chỉnh vị trí luôn phải ra lệnh chỉ dẫn cho động cơ servo dịch chuyển cho đến khi hai tín hiệu từ bộ điều khiển và tín hiệu hồi tiếp vị trí được xem là "bằng nhau", tức là sai số điều chỉnh "bằng không". Để đạt độ chính xác điều chỉnh cao, khắc phục được các đại lượng nhiễu, bộ điều chỉnh cần phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Có bộ khuyếch đại tốc độ cao để giữ cho sai lệch điều chỉnh là thấp nhất (tốt nhất là bằng không).
- Có độ giảm chấn và tần số dao động riêng cao để khắc phục được hiện tượng dao động tại vị trí đích.
- Mômen quán tính của các bộ phận chuyển động có giá trị nhỏ.
- Bộ truyền động cơ có hằng số thời gian trễ nhỏ.
- Các chi tiết truyền động cơ khí có độ bền cao, khe hở lắp ghép nhỏ

4. Các thiết bị và hệ thống đo và giám giát vị trí

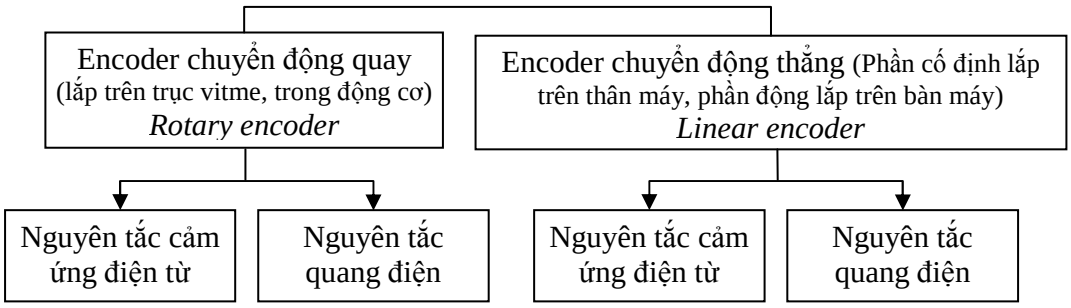
4.1 Các thiết bị đo và giám sát vị trí (encoders)

Trong mục 2 có đề cập vai trò của các thiết bị giám sát và đo đạc vị trí hay tốc độ trong các vòng lặp điều khiển từ chu trình nửa kín cho đến chu trình kín và chu trình hỗn hợp. Mục này sẽ giới thiệu cụ thể hơn nguyên lý làm việc, đặc điểm và cấu tạo của các thiết bị này.

Thiết bị dùng để kiểm tra vị trí nhằm mục đích giám sát và điều khiển vị trí có tên gọi là encoder. Thông thường nó được lắp vào đầu cuối của hệ thống trục truyền động hoặc lắp vào trục của động cơ servo. Để điều khiển tốc độ, tốc độ được kiểm tra bằng một sensor gọi là tachometer hoặc được tính thông qua dữ liệu vị trí do encoder cung cấp. Phương pháp kiểm tra vận tốc bằng encoder là cách đếm số xung tạo ra trên một thời gian, tức là đồng nghĩa với chuyển vị trên một đơn vị thời gian, hay nói cách khác chính là đo vận tốc.

(Trong hệ thống trục chính của máy cộng cụ, hồi tiếp vận tốc thường được áp dụng để duy trì tốc độ quay của trục chính. Thông tin phản hồi thường được thực hiện bằng một trong hai cách sau: dùng tachometer, là một thiết bị tạo ra hiệu điện thế cảm ứng (tín hiệu tương tự chứ không phải tín hiệu số). Gần đây người ta thường dùng encoder dựa trên nguyên tắc quang học, sinh ra tín hiệu hồi tiếp dạng xung số, để thay cho tachometer.)

Hiện nay người ta sử dụng các loại encoder sau (hình 3.11):



Hình 3.11: Phân loại các thiết bị giám sát vị trí (encoder) trong máy CNC

Thiết bị đo vị trí sử dụng một trong các nguyên lý cơ bản sau:

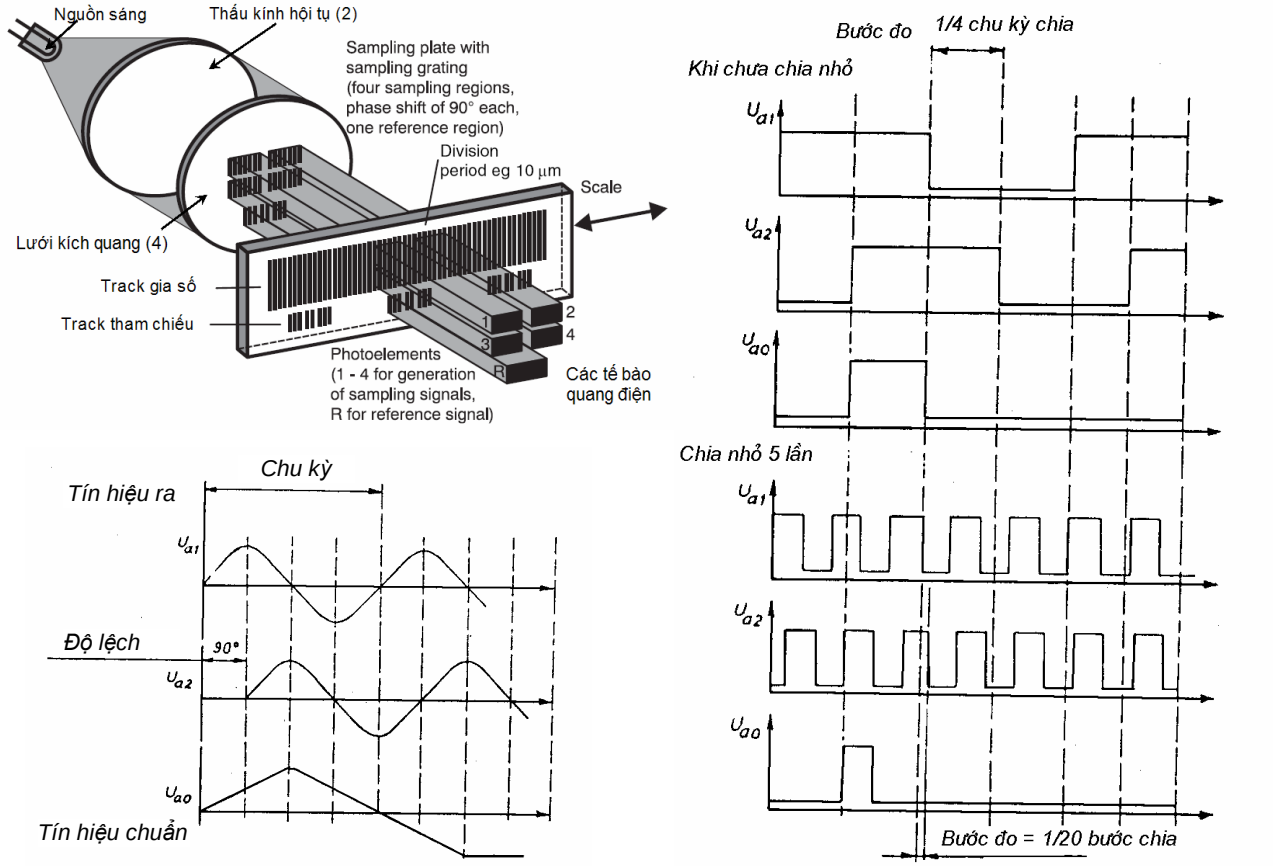
- Nguyên lý cảm ứng điện từ
- Nguyên lý quang điện
- Nguyên lý biến trở (ít dùng).

a) Theo nguyên lý cảm ứng điện từ, người ta sử dụng một thước đo (thực tế là một cuộn dây có dòng điện xoay chiều chạy qua, do đó hình thành một trường điện từ biến thiên. Từ trường biến thiên này làm xuất hiện trên một thước dẫn điện khác (đặt trong phạm vi của nó) một điện áp. Điện áp cảm ứng phụ thuộc vào cường độ từ trường tức là phụ thuộc vào khoảng cách giữa hai vật dẫn. Như vậy thông qua đo điện áp có thể xác định được khoảng cách (vị trí).

b) Thiết bị đo vị trí kiểu quang điện

Gồm có hai loại:

- Hệ thống đo vị trí (đo hành trình) quang điện chuyển động quay
- Hệ thống đo vị trí (đo hành trình) quang điện chuyển động thẳng



Hình 3.12: Nguyên lý đo hành trình kiểu quang điện chuyển động thẳng

Hình 3.13 Hình dáng thật của thước quang điện chuyển động thẳng (optical scale)

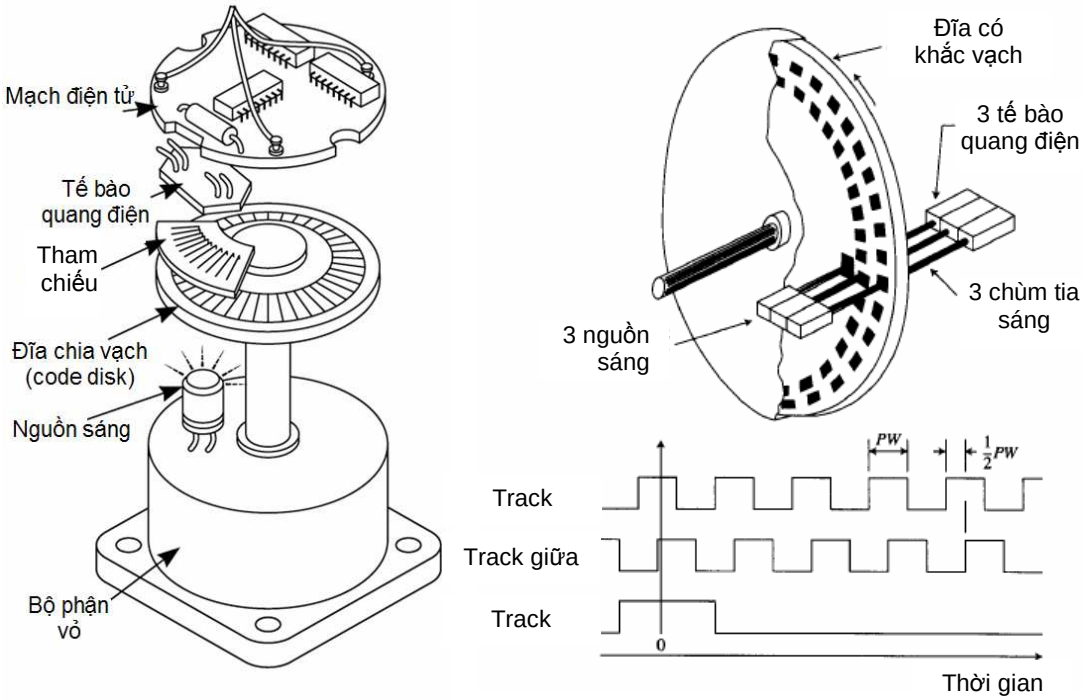
Nguyên lý đo kiểu quang điện như sau:

Xét hệ thống đo quang điện chuyển động thẳng (hình 3.12).

Thiết bị gồm có một nguồn sáng 1, một thấu kính hội tụ 2, thước đo có khắc vạch thành các khe hẹp để ánh sáng có thể lọt qua lưới kích quang 4 và các tế bào quang điện 5. Khi lưới kích quang có chuyển động tương đối với thước đo, nguồn sáng xuyên qua các khe hở của thước đo và lưới kích tác động lên các tế bào quang điện tạo ra các xung điện hình sin. Người ta bố trí các tế bào quang điện cách đều nhau và có tới hai lớp xếp bố trí lệch nhau ¼ khoảng cách chia nên sẽ nhận được hai tín hiệu hình sin lệch pha nhau 90° với mục đích giúp cho hệ điều khiển nhận biết được chiều chuyển động. Các tín hiệu hình sin này được chuyển thành các xung hình chữ nhật thông qua một mạch điện tử khác để từ đó đưa vào các cơ cấu đếm để xác định vị trí của bàn máy.

Để tăng độ phân giải của phép đo (tăng độ chính xác điều khiển) người ta có thể dùng hai cách :

- Tăng số vạch chia trên thước (lúc đó việc chế tạo thước khó hơn)
- Biến đổi các xung chữ nhật thành các xung có chu kỳ nhỏ hơn (5 lần hoặc 25 lần) (xem hình 3.12)

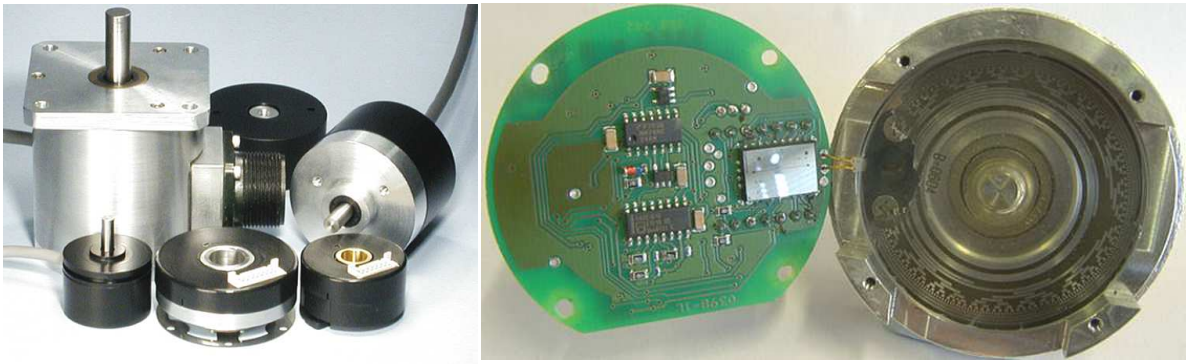


Hình 3.14 Nguyên lý hoạt động và nguyên lý cấu tạo của encoder quang chuyển động quay

Đối với thiết bị đo vị trí quang điện chuyển động quay, thay vì dùng thước khắc vạch, người ta sử dụng đĩa khắc vạch có các vòng lỗ gọi là track, nguyên tắc đo cũng tương tự thước chuyển động thẳng (nguyên lý xác định vị trí con trỏ trên màn hình máy tính khi sử dụng con chuột). Track bên ngoài dùng để xác định vị trí. Track giữa dùng để xác định hướng chuyển

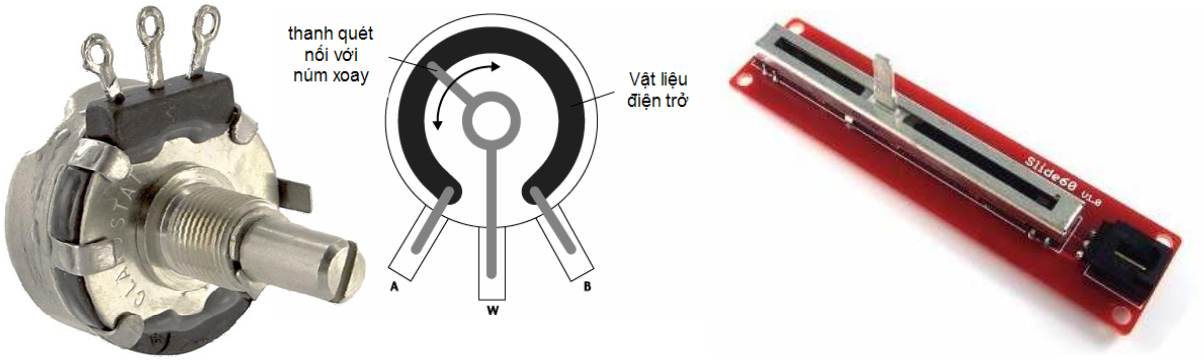
động. Track trong cùng dùng để xác định kết thúc một vòng quay. Mạch tích phân dùng để đếm số các cạnh tăng và giảm của các xung.

Đĩa được khắc rất nhiều vạch từ 200-18000 vạch nhờ kỹ thuật khắc hoá. Số vạch càng nhiều thì độ phân giải đo càng cao. Độ chính xác của thước quang rất cao với sai số ± 5μm/m. Cấu trúc thật của encoder quang học chuyển động quay như trên hình 3.15.



Hình 3.15: Thước quang chuyển động quay (optical rotary encoder): cấu trúc thật bên ngoài

c) Nguyên lý biến trở: Sử dụng Potentiometers, Là loại vật liệu có điện trở tỷ lệ thuận với chiều dài. Vị trí cần xác định cũng chính là vị trí của con chạy, được tính toán dựa vào tỉ số điện áp (ở đây điện áp bằng cường độ dòng điện không đổi nhân với điện trở tỷ lệ thuận với chiều dài của vật liệu làm potentiometers), hình 3.16.

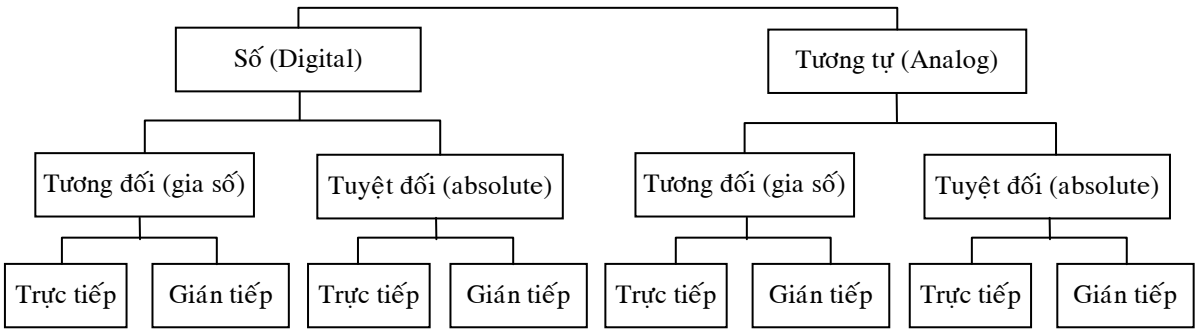


Hình 3.16. Potentiometers chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến

4.2 Các thệ thống đo hành trình và giám sát vị trí

Tất cả các máy công cụ điều khiển theo chu trình kín đều phải cỏ có hệ thống đo hành trình để giám sát chuyển động thật của bàn máy, xe dao, trục chính tại vị trí hiện tại so với vị trí yêu cầu.

a) Phân loại



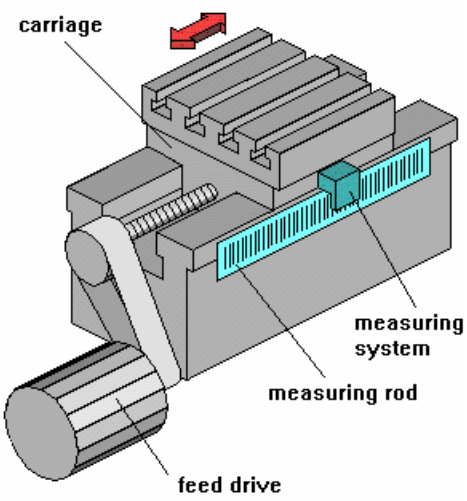
Hình 3.17 Phân loại các phương pháp đo vị trí

Hệ thống phân loại hệ thống đo hành trình được trình bày trên hình 3.17

- Phân loại theo phương pháp đo: tuyệt đối (absolute) và tương đối (hay gia số – incremental)
- Phân loại theo vị trí đo: trực tiếp và gián tiếp
- Phân loại theo chuyển động của thiết bị đo: thiết bị chuyển động thẳng và chuyển động quay
- Phân loại theo tín hiệu đo: tương tự (analog) và số (digital)

Đo vị trí trực tiếp:

Là phương pháp giám sát vị trí cần đo, không cần qua các dẫn động cơ khí trung gian. Hệ thống đo được ghép trực tiếp với chuyển động cần đo, cụ thể là thước đo gắn trực tiếp lên bàn máy, hệ thống đọc gắn lên thân máy cố định (ví dụ hình 3.18). Phương pháp đo trực tiếp có độ chính xác vị trí cao vì nó loại trừ được sai số do khe hở và biến dạng của bộ truyền động cơ khí.

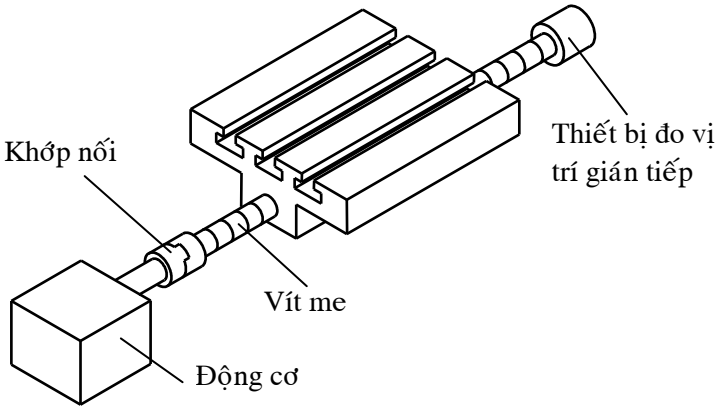


Hình 3.18 Hệ thống đo trực tiếp

Đo gián tiếp:

Thay vì đo trực tiếp chuyển động tịnh tiến của bàn máy ta gián tiếp đo chuyển động quay của vít me để từ đó thông qua bước vít của vít me để biết vị trí hay độ dịch chuyển của bàn máy (xem hình 3.19).

Các sai số mắc phải do sai lệch bước vít me cũng như khe hở của bộ truyền sẽ đưa vào trong sai số của phép đo. Sai số này phải nằm trong phạm vi cho phép thông qua việc chế tạo bộ truyền có độ chính xác đủ lớn hoặc được bù lại thông qua các yếu tố hiệu chỉnh được cài đặt trong chương trình điều khiển. Thiết bị đo gián tiếp được sử dụng rộng rãi hiện nay vì các bộ truyền được chế tạo khá chính xác và bộ điều khiển cũng có khả năng hiệu chỉnh khe hở bước vít me. Việc bảo vệ thiết bị đo gián tiếp khỏi bụi, phoi và nước làm mát dễ hơn so với thiết bị đo trực tiếp.



Hình 3.19 Hệ thống đo vị trí gián tiếp

Trong thực tế thiết bị hồi tiếp vị trí kiểu gián tiếp được lắp đặt vào đầu cuối của trục động cơ servo (xem hình 2.17) nhằm đồng bộ với động cơ và thuận tiện trong việc che kín, bảo vệ và gọn nhẹ về kết cấu.

Phương pháp đo vị trí tuyệt đối

Trong phương pháp đo này, mỗi giá trị đo đều được so sánh với điểm O của thước đo.

- Đối với phương pháp đo vị trí theo kiểu tương tự / tuyệt đối, ứng với mỗi vị trí trong phạm vi đường dịch chuyển là một mức điện áp đặt biệt.
- Đối với phương pháp đo vị trí số hoá / tuyệt đối, mỗi một gia số vị trí được đánh dấu riêng bằng các mã nhị phân cho trước.
- Ưu điểm của phương pháp đo tuyệt đối là tại mỗi thời điểm đo hay cả khi mất điện, vị trí tuyệt đối so với điểm O đều nhận biết ngay.
- Nhược điểm của hệ thống đo tuyệt đối là phức tạp về cấu trúc nên giá thành đắt, vì vậy các máy mới hiện nay ít dùng vì lý do cạnh tranh về giá cả.

Phương pháp đo vị trí kiểu gia số (tương đối)

Toàn bộ phạm vi dịch chuyển được chia thành các bước tăng (increments) có độ lớn như nhau. Vị trí hiện tại được tính bằng tổng các bước tăng đã đi qua. Các gia số vượt qua đều cộng

lại với nhau hoặc trừ đi cho nhau để xác định vị trí thật tuỳ theo chiều chuyển động. Giá thành của hệ thống đo gia số không đắt lắm nên được dùng nhiều.

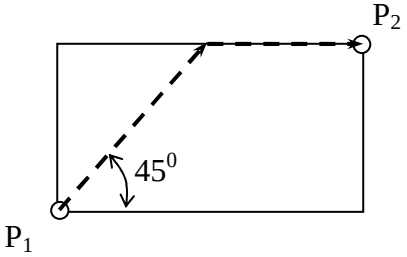
Nhược điểm của nó là khi khởi động máy, vị trí thật của bàn máy lúc đó không nhận biết được, do vậy sau khi mở máy, bộ điều khiển bắt người vận hành phải đưa các trục của máy về home (điểm 0) của nó (referrent zero point) để lấy điểm gốc ban đầu nếu như không có nguồn nuôi dự phòng.

5. Phương pháp dịch chuyển và định vị dụng cụ cắt trên máy CNC

Các hệ điều khiển CNC có thể có hai phương pháp định vị và dịch chuyển dụng cụ cắt đó là:

- Dịch chuyển từ điểm đến điểm (point-to- point).
- Dịch chuyển theo đường (contouring path).

a) Dịch chuyển từ điểm đến điểm

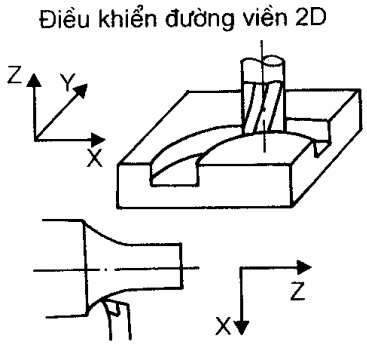


Hình 3.20: Sơ đồ định vị theo điểm

Đối với phương pháp này, các điểm lập trình được nối với nhau bằng các đường thẳng. Phương pháp này dùng để định vị chính xác vị trí của trục chính (dụng cụ cắt) tại một hoặc một vài điểm cho trước trong các thủ tục gia công như: khoan, khoét, doa, taro, đột lỗ. Trong quá trình dịch chuyển từ điểm này đến điểm kia, dụng cụ cắt nhấc lên khỏi chi tiết một khoảng an toàn và dịch chuyển nhanh đến điểm tiếp theo. Máy khoan sử dụng phương pháp dịch chuyển và định vị này là rất tốt. Khi ga công xong một lỗ, nó chuyển từ điểm lập trình này đến điểm lập trình kia với vận tốc nhanh nhất có thể để giảm thời gian chạy không (v=5-20 m/phút). Cả hai trục (X và Y) dịch chuyển đồng thời với cùng một tộc độ chạy dao. Điều này có nghĩa là chúng chỉ dịch chuyển theo các hướng song song với các trục toạ độ hoăc dịch chuyển theo hướng 45°so với phương X và Y.

Ví dụ: khi chuyển hai điểm ở hai đỉnh chéo của hình chữ nhật chúng sẽ dịch chuyển như hình (3.20)

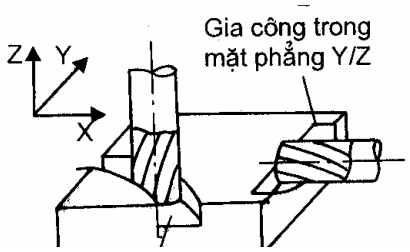
b) Điều khiển dịch chuyển theo đường contour



Hình 3.21 Sơ đồ định vị theo đường kiểu 2D

Đối với máy phay và máy tiện buộc phải có hệ điều khiển theo đường contour. Dao cắt luôn luôn tiếp xúc với phôi để tạo ra các đường cong hoặc đường thẳng tuỳ theo ý trong mặt phẳng hay trong không gian. Điều này có được nhờ chuyển động đồng thời của bàn máy theo nhiều phương (nhiều trục) khác nhau theo các quan hệ hàm số: (tuyến tính) theo đường thẳng và phi tuyến theo đường cong.

Tuỳ theo số trục được điều khiển đồng thời (cùng một lúc) mà hệ điều khiển theo đường được chia thành các loại điều khiển như: 2D, 2 ½ D, 3D, 4D, 5D và tối đa có thể là 6D hoặc 7D v.v... Số trục được điều khiển đồng thời càng nhiều thì giá thành của bộ điều khiển tăng lên rất nhanh do mức độ phức tạp về mặt cơ khí cũng như về mặt điều khiển tăng lên khi tăng số trục.



Hình 3.22 Sơ đồ định vị theo đường 2 ½ D

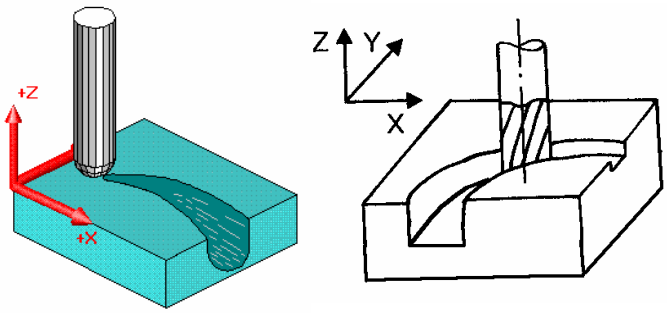
Điều khiển 2D

Điều khiển 2D cho phép gia công một đường cong phẳnh hay đường thẳng trong mặt phẳng X-Y (hình 3.22). Trục thứ 3 (để xác định chiều sâu) được điều khiển độc lập với hai trục kia tức là khi trục X và Y dịch chuyển thì bắt buộc trục thứ 3 (trục Z) phải đứng yên. Hoặc là trục thứ 3 được điều khiển bằng tay (có động cơ dẫn động

riêng biệt nhưng không được điều khiển bởi bộ điều khiển trung tâm.

Điều khiển 2 ½ D

Không thể gia công được đường cong trong không gian nhưng nó có khả năng gia công được đường cong trong 3 mặt phẳng toạ độ XY, XZ, hoặc ZX bằng cách xoay trục chính của máy vuông góc với các mặt phẳng này hoặc hệ điều khiển có khả năng chuyển đổi mặt phẳng nội suy đường cong từ mặt X-Y sang hai mặt còn lại và ngược lại (xem hình 3.22).



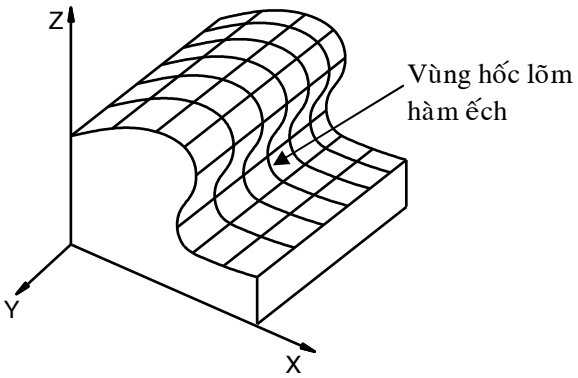
Hình 3.23 Sơ đồ định vị theo đường 3 D

Điều khiển 3D

Mũi dao có thể chuyển động theo đường cong trong không gian do vậy điều khiển 3D có thể gia công được mặt cong trong không gian. Tuy nhiên nó có hai hạn chế:

- Vết nhấp nhô để lại khi gia công mặt cong có độ cong lớn là lớn khi gia công bằng dao phay ngón đầu phẳng

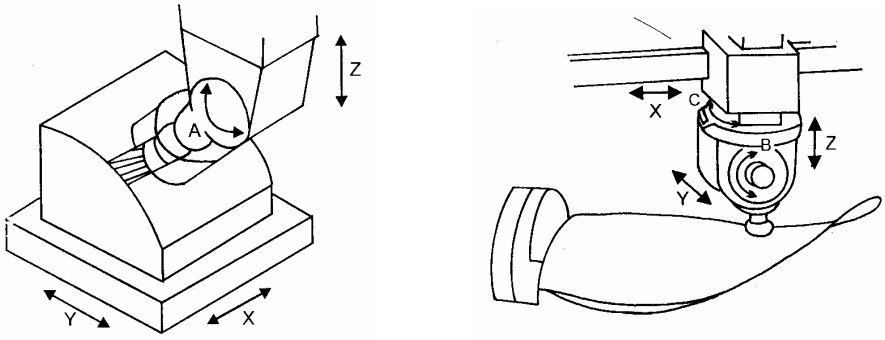
- Không gia công được các mặt tạo các hốc kiểu hàm ếch (hình 3.24) hoặc các bề mặt như mặt cách tua bin và một số bề mặt khác.



Hình 3.24 Những bề mặt mà máy điều khiển theo đường 3D không gia công được

Điều khiển 4D và 5D (được xếp vào loại nhiều trục (multi axes))

Đối với hệ điều khiển này, ngoài các trục tịnh tiến X, Y, Z thì chúng còn điều khiển các trục quay (bàn quay lắp trên bàn máy hoặc đầu trục chính xoay được). Nhờ vây mà nó có khả năng gia côn g được các mặt gia công phức tạp có độ bóng cao hơn vơi cùng một thời gian gia công so với máy 3D bởi vì trong quá trình gia công hướng của trục chính luôn xoay cùng với hướng pháp tuyến của mặt cong tại điểm gia công nên vết nhấp nhô do các lưỡi cắt để lại là nhỏ (hình 3.25). Hơn nữa, điều khiển 5D trở lên có khả năng gia công được nhiều mặt trên chi tiết chỉ cần một lần gá.



a) Điều khiển 4D (X,Y,X,A) *b) Điều khiển 5D* (X,Y,X,A,B)

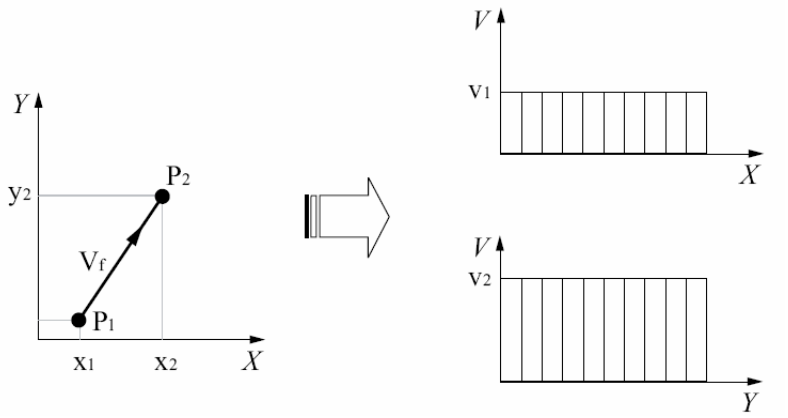
Hình 3.25 Điều khiển 4D và 5D

6. Nội suy trong điều khiển số CNC

Nội suy đóng vai trò sinh ra dữ liệu vị trí để dịch chuyển các trục từ các block dữ liệu tạo ra bởi bộ thông dịch. Nó là một trong những bộ phận quan trọng phản ánh độ chính xác của hệ điều khiển. Trong mục này, các loại nội suy khác nhau được giới thiệu một cách cơ bản. Ưu điểm và nhược điểm của chúng cũng được đề cập.

6.1. Tổng quan

Mỗi máy CNC nói chung luôn có ít nhất 2 trục được điều khiển để gia công được các hình dáng phức tạp. Hai phương pháp điều khiển dịch chuyển dụng cụ cắt (hay các trục) là "điểm đến điểm" và theo đường như đã trình bày ở mục 5. Để thực hiện các phương pháp dịch chuyển này, chuyển động của dụng cụ cắt phải được chia thành các thành phần theo các trục. Ví dụ để dụng cụ cắt dịch chuyển từ điểm P_1 đến P_2 với vận tốc V_f trong mặt phẳng XY như trên hình 3.26, bộ nội suy chia toàn bộ quãng đường thành các thành phần dịch chuyển theo trục X và trục Y theo một tốc độ dịch chuyển xác định trước. Cuối cùng tốc độ dịch chuyển V_1 và V_2 cho cả hai trục X và Y minh họa trên hình 3.26. Rõ ràng $V_2 > V_1$ vì $(y_2-y_1) > (x_2-x_1)$.



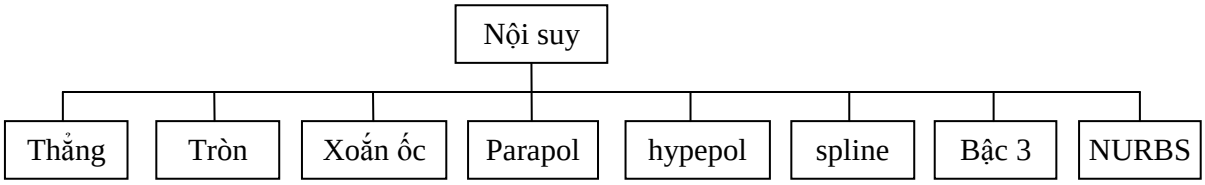
Hình 3.26 Khái niệm cơ bản về nội suy

Các đặc điểm yêu cầu đối với bộ nội suy để nó có thể thực hiện tốt việc tính toán các vị trí trung gian và tốc độ dịch chuyển của các trục từ dữ liệu hình dáng của đường cần gia công và tốc độ ăn dao:

1. Dữ liệu từ bộ nội suy phải trùng với hình dáng (đường) cần gia công
2. Bộ nội suy phải xem xét về giới hạn tốc độ tùy theo cấu trúc của máy và đặc tính của động cơ servo trong quá trình tính toán vận tốc.
3. Cần phải tránh sai số tích lũy trong quá trình nội suy để hình dáng gia công được trùng (gần giống nhất co thể) so với lệnh về vị trí trong chương trình gia công.

Nếu phân chia nội suy theo loại đường cần nội suy, hiện nay người ta dùng các phương pháp nội suy sau (hình 3.27):

- Nội suy thẳng dùng để gia công các đường thẳng đi qua các điểm.
- Nội suy tròn dùng để gia công cung tròn hoặc các đường tròn khép kín.
- Nội suy xoắn ốc dùng để gia công ren hoặc gia công các rãnh xoắn ốc.
- Nội suy bậc 2, bậc 3, paraplol, hypepol và spline sử dụng trong công nghệ chế tạo các chi tiết phức tạp như các chi tiết trong máy bay, khuôn dập khung hay vỏ của ôtô.



Hình 3.27 Các phương pháp nội suy trong điều khiển máy CNC

Nếu phân chia bộ nội suy theo thiết bị và phương pháp thực hiện, bộ nội suy được phân loại thành nội suy phần cứng (hardware interpolator) và nội suy phần mềm (software interpolator). Bộ nội suy bằng phần cứng bao gồm các loại thiết bị điện tử khác nhau, được dùng cho đến khi CNC được phát triển. Tuy nhiên, ngày nay, nội suy bằng phần mềm được sử dụng phổ biến trong các hệ CNC. Khái niệm nội suy phần mềm bắt nguồn từ nội suy phần phần cứng và nội suy phần cứng chỉ giới hạn trong các hệ thống điều khiển đơn giản.

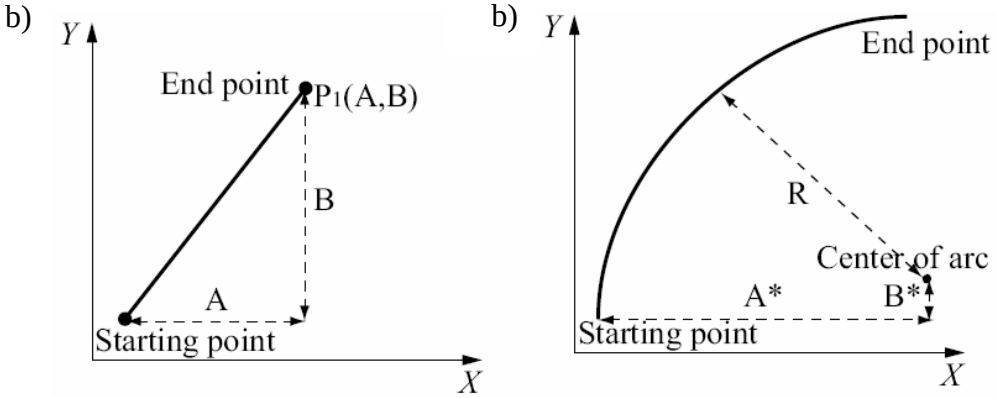
6.2 Nội suy bằng phần cứng

Bộ nội suy phần cứng thực hiện việc nội suy và tạo ra các xung bằng mạch điện tử. Nó cho phép nội suy với tốc độ cao nhưng khó thích nghi trong việc sửa đổi hoặc thay thế các thuật toán nội suy mới. Phương pháp nội suy phần cứng điển hình nhất là sử dụng bộ phân tích vi phân số DDA (Digital Differential Analyzer).

a) Nội suy thẳng

Nội suy thẳng nghĩa là điều khiển chuyển động theo chuyển động tuyến tính từ vị trí xuất phát đến vị trí đích. Nói chung, nội suy thẳng thực hiện việc điều khiển các trục chuyển động đồng thời (2 trục trong mặt phẳng 2D và 3 trục cho không gian 3D).

Khi thực hiện nội suy thẳng, điều quan trọng nhất là sự động bộ của 2 trục (xét nội suy trong mặt phẳng) tương ứng với cả vận tốc và chuyển vị. Gọi BLU (basis length unit) là chiều dài bé nhất mà mỗi trục có thể dịch chuyển được. Khi động cơ được cung cấp 1 xung, nó sẽ tạo ra một dịch chuyển bằng BLU. Khi Ví dụ, giả sử trục X dịch chuyển A BLU và trục Y dịch chuyển B BLU như trên hình 3.28 (a). Trong trường hợp này bộ nội suy DDA phần cứng sẽ tạo ra "A" xung để dịch chuyển trục X và "B" xung để dịch chuyển trục Y. Tỉ số giữa vận tốc giữa trục X và trục Y phải giữ bằng hằng số.

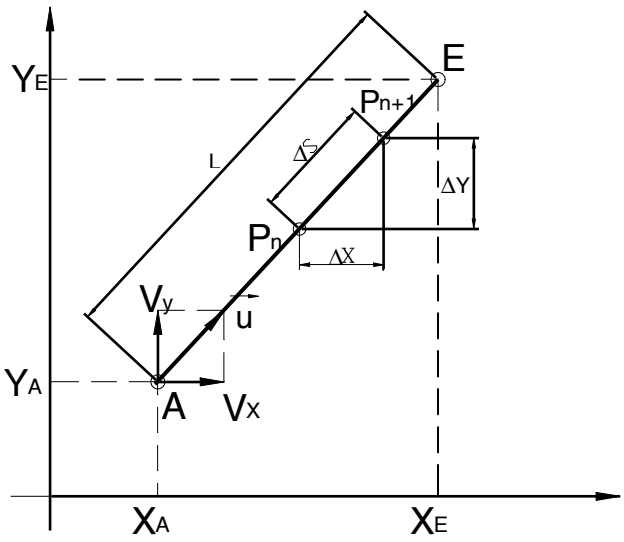


Hình 3.28 Ví dụ về nội suy thẳng và nội suy tròn

Nguyên lý tính toán các điểm trung gian trong nội suy thẳng:

Giả sử dao cần chuyển từ điểm bắt đầu PA đến điểm kết thúc PE theo một đường thẳng với một tốc độ chạy dao $\vec{u} = Const$ xác định trước (hình 3.29). Toàn bộ những đoạn L được phân chia thành những đoạn ΔS. Khoảng thời gian toàn bộ để dao dịch chuyển từ hai điểm lập trình A và E là $T = \dfrac{L}{\Delta L}$

Các giá trị trung gian về vị trí mà dao phải cắt cần phải đi qua được tính theo hàm



Hình 3.29: Sơ đồ tính toán nội suy thẳng

số theo thời gian:

$$x(t) = x_A + \int_0^T v_x dt = x_A + \int_0^T \frac{x_E - x_A}{T} dt$$

$$y(t) = y_A + \int_0^T v_y dt = y_A + \int_0^D \frac{y_E - y_A}{T} dt$$

Nếu chia thời gian T thành các khoảng $\Delta t = \frac{T}{N}$ đủ nhỏ phép tích phân sẽ được thay thành phép cộng số và nó được thực hiện trong bộ cộng tích phân của phần cứng.

$$x(t) = x_A + \left(\frac{x_E - x_A}{T} \cdot \Delta t\right) n = x_A + \left(\frac{x_E - x_A}{N}\right) n = x_A + \sum_1^n \frac{x_E - x_A}{N}$$

$$y(t) = y_A + \left(\frac{y_E - y_A}{T} \cdot \Delta t\right) n = y_A + \left(\frac{y_E - y_A}{N}\right) n = y_A + \sum_1^n \frac{y_E - y_A}{N}$$

(với n = 1,2,3,…..,N)

Với mỗi bước cộng, giá trị về vị trí lại tăng thêm một bước bằng hằng số. Để đảm bảo độ chính xác về biên dạng nội suy so với biên dạng yêu cầu, các bước cộng $\Delta x = \frac{x_E - x_A}{N}$ và $\Delta y = \frac{y_E - y_A}{N}$ phải nhỏ hơn hoặc bằng 0.001 mm. Mỗi bước cộng được gọi là basic length unit (BLU). Thông thường BLU = 0.001 mm hoặc 0.0001 mm.

b) Nội suy đường tròn

Giả sử cần cắt một biên dạng là một cung tròn có bán kính R, điểm đầu P_A điểm, cuối P_E. Để cung tròn được xác định là duy nhất, cần có thêm một thông số nữa là tọa độ của tâm cung tròn so với điểm điểm đầu (xem hình 3.28 (b)).

Xây dựng một trục toạ độ Đề-các có góc toạ độ là tâm cung tròn. Trục X và trục Y trùng với các trục tương ứng trong hệ điều khiển (các trục trên bàn máy). Theo quan hệ hình học ta có:

$$x = R.\cos\varphi$$

$$y = R.\sin\varphi$$

Ta có thêm một số tính toán khác:

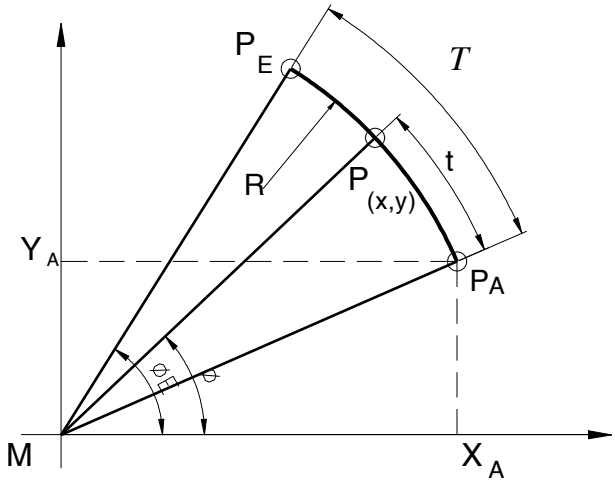
$$\varphi_A = \text{arctg}\frac{y_A}{x_A}$$

$$\varphi_E = \text{arctg}\frac{y_E}{x_E}$$

Chiều dài của cung : $P_AP_E = R(\varphi_E - \varphi_A)$.

Gọi T : thời gian đi hết cung P_AP_E

t : thời gian đi từ điểm P_A đến điểm $P_{(x,y)}$ trung gian nào đó trên cung tròn.



Hình 3.30: Sơ đồ tính toán nội suy tròn

Tốc độ tiến dao trong nội suy tròn luôn hướng tiếp tuyến với cung tròn và hệ điều khiển luôn luôn cố gắng đều chỉnh sao cho nó bằng hằng số $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = const$.

Dựa vào các yếu tố trên, góc φ được xác định như sau: $\phi = \phi_A + (\phi_E - \phi_A)\frac{t}{T}$

Vậy φ được xác đinh hoàn toàn tại thời điểm t. Khi đó:

$$\begin{cases} x = R\cos\left[\varphi_A + (\varphi_E - \varphi_A)\dfrac{t}{T}\right] \\ y = R\sin\left[\varphi_A + (\varphi_E - \varphi_A)\dfrac{t}{T}\right] \end{cases}$$

Đạo hàm hai vế theo thời gian *t* ta được tốc độ thành phần trên các trục

$$V_x = \frac{dx}{dt} = -R\frac{\varphi_E - \varphi_A}{T}\sin\left[\varphi_A + (\varphi_E - \varphi_A)\frac{t}{T}\right] = -R\frac{\varphi_E - \varphi_A}{T}y(t)$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = R\frac{\varphi_E - \varphi_A}{T}\cos\left[\varphi_A + (\varphi_E - \varphi_A)\frac{t}{T}\right] = R\frac{\varphi_E - \varphi_A}{T}x(t)$$

Với độ chính xác đủ dùng khi chia nhỏ thời gian $\Delta t = \dfrac{T}{N}$ toạ độ điểm P được xác định qua phép cộng gia số các dịch chuyển thay cho phép lấy tích phân.

$$x(t) = x_A + V_x t = x_A - R\frac{\varphi_E - \varphi_A}{N}\sum_{i=0}^{n} y(i.\Delta t)$$

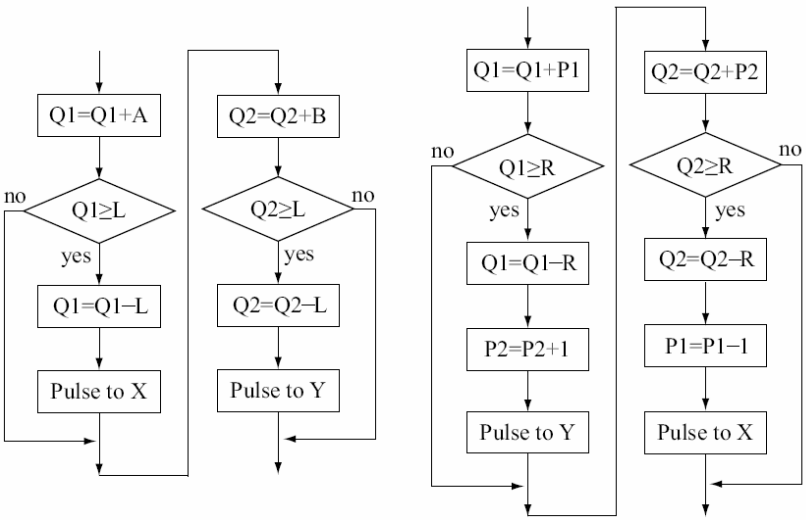
$$y(t) = y_A + V_y t = y_A + R\frac{\varphi_E - \varphi_A}{N}\sum_{i=0}^{n} x(i.\Delta t)$$

6.3 Nội suy bằng phần mềm

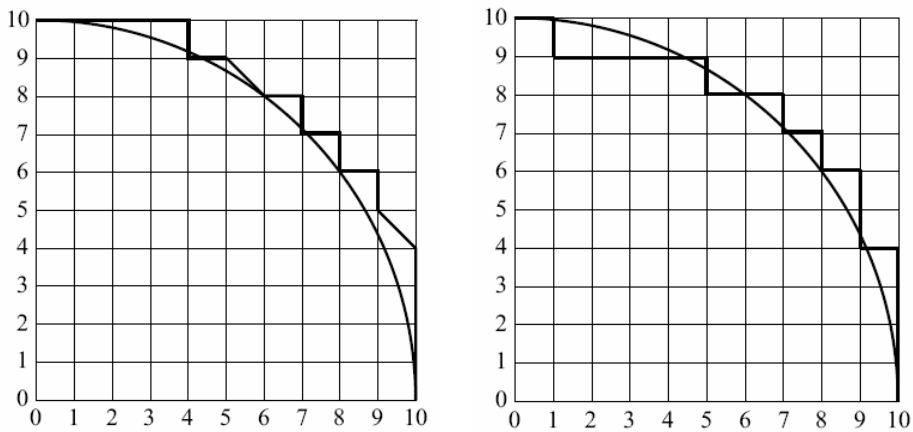
Nhờ giá cả cũng như kích thước của máy tính PC giảm dần, phương pháp nội suy bằng phần mềm xuất hiện. Phương pháp nội suy này dùng chương trình máy tính thay vì sử dụng bộ phần cứng logic và toán học như ở nội suy phần cứng. Hiện nay có nhiều phương pháp nội suy bằng phần mềm khác nhau. Trong phạm vi khuôn khổ của tài liệu này chỉ giới thiệu 3 phương pháp nội suy dùng phần mềm đó là: nội suy phỏng theo DDA, nội suy bậc thang và nội suy NURBS.

a) Nội suy phỏng theo DDA.

Phương pháps nội suy này bắt nguồn từ phương pháp nội suy bằng phần cứng và có đặc tính giống nội suy DDA dùng phần cứng. Hình 3.31 trình bày lưu đồ thuật toán của nội suy thẳng và nội suy tròn dùng DDA và phần mềm. Trên hình 3.31 a), biến L là chuyển vị tuyến tính và A, B tương ứng là chuyển vị của các trục X và Y. Giá trị ban đầu của Q1 và Q2 bằng không. Trên hình 3.31 b), giá trị ban đầu của các biến tương tự như nội suy thẳng, biến R là bán kính của đường tròn, biến P1 và P1 cho biết vị trí tâm của đường tròn (cung tròn) so với điểm ban đầu của cung tròn khi điểm ban đầu của cung được lấy làm gốc tọa độ.



Hình 3.31. Lưu đồ thuật toán nội suy thẳng (a) và nội suy tròn (b) theo phương pháp DDA bằng phần mềm



(a) (b)

Hình 3.32 Kết quả nội suy đường tròn theo phương pháp DDA (a) và phương pháp bậc thang (b)

Sau đây là một ví dụ sử dụng nội suy DDA bằng phần mềm, chiều dài đơn vị của chương trình gia công được lấy bằng BLU và vận tốc lấy bằng BLU/giây.

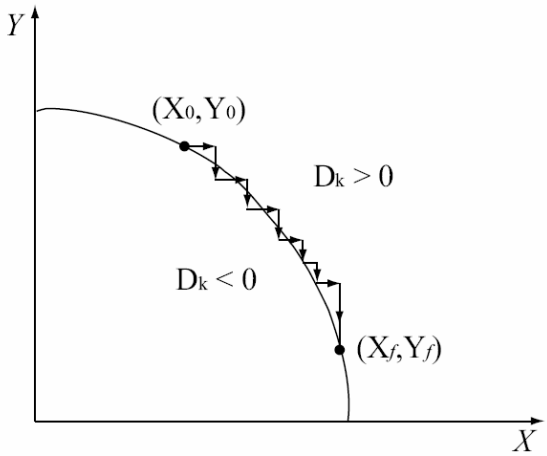
G01 X0.Y10.F10 *(nội suy thẳng, chạy đến điểm (X,Y) = (0,10))*

G02 G90 X10. Y0. I0. J-10. F10 *(Nội suy tròn cùng chiều kim đồng hồ), điểm đầu là (0,10), điểm cuối của cung là (10,0), vị trí tương đối của tâm so với điểm đầu là (0,10).* Kết quả nội suy thể hiện trên hình 3.32 (a).

b) Nội suy bậc thang

Thuật toán nội suy bậc thang xác định hướng của các bước nhảy bằng chiều dài đơn vị BLU và gửi tín hiệu xung đến các trục tương ứng. Mục này chỉ giới thiệu nội suy bậc thang áp dụng cho nội suy cung tròn và thuật toán áp dụng cho nội suy thẳng dễ dàng suy ra từ nội suy tròn.

Hình 3.33 cho thấy nguyên lý làm việc của nội suy tròn theo chiều kim đồng hồ ở góc phần tư thứ nhất của hệ trục tọa độ. Giả sử dụng cụ cắt cần đến điểm (X_k,Y_k) sau *i* bước lặp. Trong phép nội suy này, biến số D_k được tính theo phương trình sau:



Hình 3.33 Đặc tính của nội suy bậc thang

$$D_k = X_k^2 + X_k^2 - R^2$$

Hướng của mỗi bước nhảy được xác định dựa trên D_k, hướng của cung tròn, và góc phần tư mà của hệ tọa độ, Giả sử chuyển động theo cung tròn xoay theo chiều kim đồng hồ ở góc phần tư thứ nhất, thuật toán như sau:

1. $D_k < 0$: Trường hợp này nghĩa là vị trí (X_k,Y_k) nằm trong đường tròn và phải nhảy theo chiều dương của trục X
2. $D_k > 0$: Trường hợp này nghĩa là vị trí (X_k,Y_k) nằm trong đường ngoài và phải nhảy theo chiều âm của trục X
3. $D_k = 0$: Một trong hai trường hộ trên có thể chọn và áp dụng ngẫu nhiên hai trường hợp trên. Sau khi một bước được hoàn tất, vị trí (X_{k+1},Y_{k+1}) được cập nhật và thủ tục cứ thế tiến hành cho đến khi đạt đến điểm đích tron câu lệnh về vị trí (X_f ,Y_f).

Thuật toán này chỉ cần một số phép tính toán nhỏ và cần ít bộ nhớ, tuy nhiên số lần lặp lớn. Số lần lặp có thể được tính theo công thức:

$$N = \left|X_0 - X_f\right| + \left|Y_0 - Y_f\right|$$

Trong đó (X_0,Y_0) là điểm xuất phát

Ví dụ, khi nội suy ¼ đường tròn với bánh kính R, số lần lặp sẽ là N=2R. Để duy trì lệnh vận tốc chạy dao F (BLU/giây), bộ nội suy phải lặp với tần số f_0 được tính theo công thức:

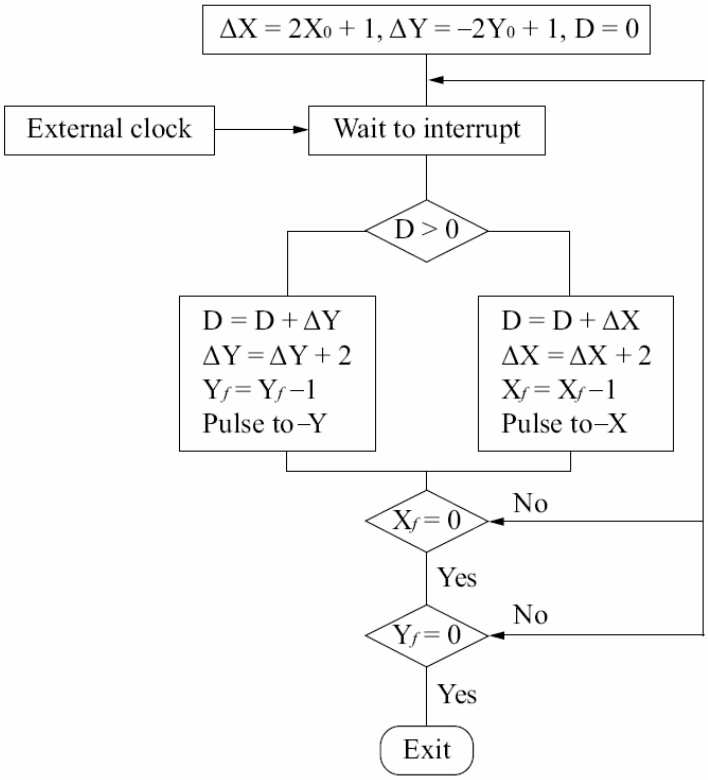
$$\frac{f_0}{F} = \frac{2R}{\pi R/2} = \frac{4}{\pi}$$

Hình 3.34 minh họa sơ đồ thuật toán của phương pháp nội suy bậc thang.

Dưới đây là minh họa nội suy bậc thang cho trường hợp giống nội suy DDA, kết quả nội suy được trình bày trên hình 3.32b).

G01 X0.Y10.F10

G02 G90 X10. Y0.(BLU) I0. J-10.(BLU) F10(BLU/giây)



Hình 3.34 Lưu đồ thuật toán phương pháp nội suy bậc thang dùng phần mềm

Bảng 1. Kết quả nội suy đường tròn theo phương pháp bậc thang

step	D	Δx	Δy	ΔX_f	ΔY_f	X	Y
0	0	1	–19	10	10	0	10
1	1	3	–19	9	10	1	10
2	–18	3	–17	9	9	1	9
3	–15	5	–17	8	9	2	9
4	–10	7	–17	7	9	3	9
5	–3	9	–17	6	9	4	9
6	6	1	–17	5	9	5	9
7	–11	11	–15	5	8	5	8
8	0	13	–15	4	8	6	8
9	13	15	–15	3	8	7	8
10	–2	15	–13	3	7	7	7
11	13	17	–13	2	7	8	7
12	0	17	–11	2	6	8	6
13	17	19	–11	1	6	9	6
14	6	19	–9	1	5	9	5
15	-3	19	–7	1	4	9	4
16	16	21	–7	0	4	10	4
17	9	21	–5	0	3	10	3
18	4	21	–3	0	2	10	2
19	1	21	–1	0	1	10	1
20	0	21	1	0	0	10	0

c) Nội suy NURBS

Đối với các máy CNC tốc độ cao hoặc các máy gia công có độ chính xác cao, nhiều phương pháp nội suy hình học được áp dụng như spline, đường thân khai, nội suy xoắn ốc. Khi gia công các đường cong tự do, các đường này có thể xấp xỉ gần đúng bằng tập hợp các đoạn thẳng hoặc các cung tròn. Tuy nhiên, để đạt được độ chính xác xấp xỉ cao thì các đoạn thẳng hoặc cung tròn này phải thật ngắn. Các đoạn chuyển động rất ngắn này gây ra hiện tượng không đồng nhất về tốc tộ cắt và làm giảm chất lượng gia công bề mặt. Thêm vào đó điều này cũng dẫn đến số dòng lệnh của chương trình quá nhiều trong khi chỉ gia công một đường cong ngắn. Để khắc phục nhược điểm trên, phương pháp nội suy NURBS ra đời. Trong nội suy NURBS, hệ điều khiển CNC trực tiếp chuyển dữ liệu của đường cong NURBS từ chương trình gia công thành các đoạn nhỏ. Theo cách này, dung lượng của chương trình gia công giảm đi và có thể gia công cao tốc vì lệnh tốc độ ăn dao phụ thuộc vào nội suy.

Có nhiều mô hình toán học như spline bậc 3, Bezier, B-spline và NURBS dùng để biểu diễn các đường cong tự do. Trong số các loại này, NURBS (non uniform rational B-spline) là mô hình tổng quát nhất bao hàm các loại đường khác. Với đường cong NURBS hoặc mặt cong, người thiết kế có thể dựng các mặt cong phức tạp nhưng lượng dữ liệu mô tả là ít. NURBS được dùng phổ biến trong các hệ thống CAD/CAM ngày nay. Để biết chi tiết về phương trình tổng quát của đường cong NURBS, có thể xem tài liệu tham khảo [ ].

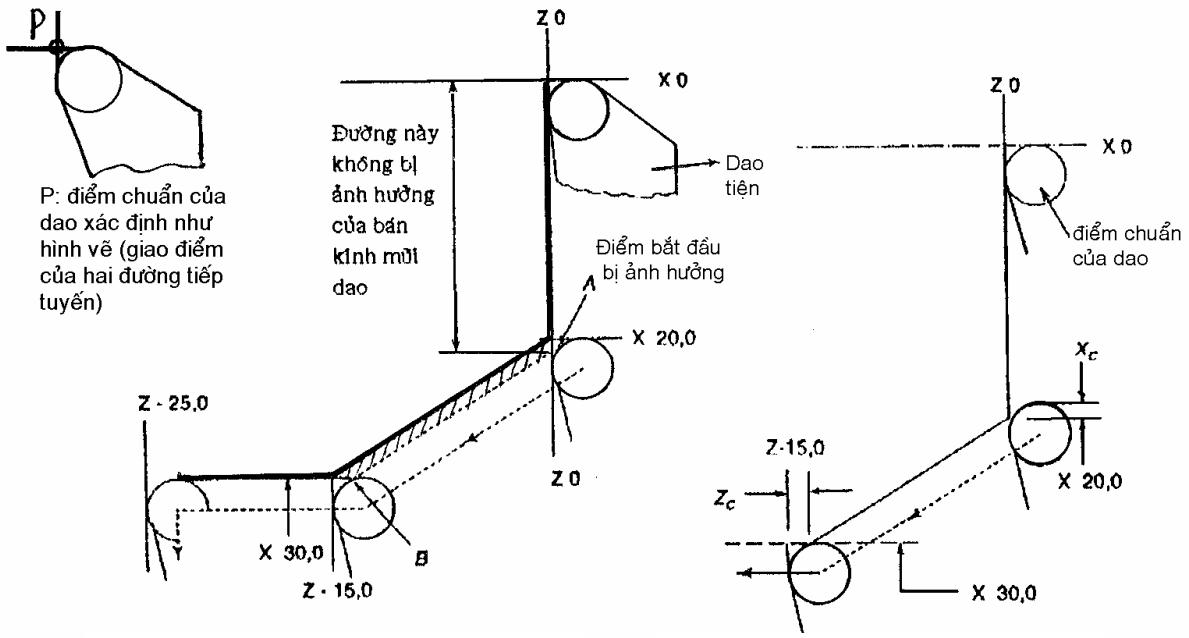
7) Hiệu chỉnh dụng cụ cắt trên máy công cụ CNC :

a) Hiệu chỉnh bán kính mũi dao (dao tiện) và đường kính dao (dao phay)

** Hiệu chỉnh bán kính mũi dao (đối với dao tiện):*

Nếu lưỡi dao tiện có bán kính R hoặc lưỡi cắt là các mảnh hợp kim hình tròn có bán kính R thì trong quá trình gia công, hệ điều khiển cho phép hiệu chỉnh dụng cụ cắt, nếu không sẽ gây ra sai khác trong đường biên dạng lập trình và đường biên dạng thực thu được sau khi cắt .

Xét ví dụ trên hình (3.35) về hai trường hợp: không và có hiệu chỉnh bánh kính mũi dao.



a) Không hiệu chỉnh bán kính mũi dao b) Có hiệu chỉnh bán kính mũi dao

Hình 3.35 Hiệu chỉnh bán kính mũi dao (khi tiện)

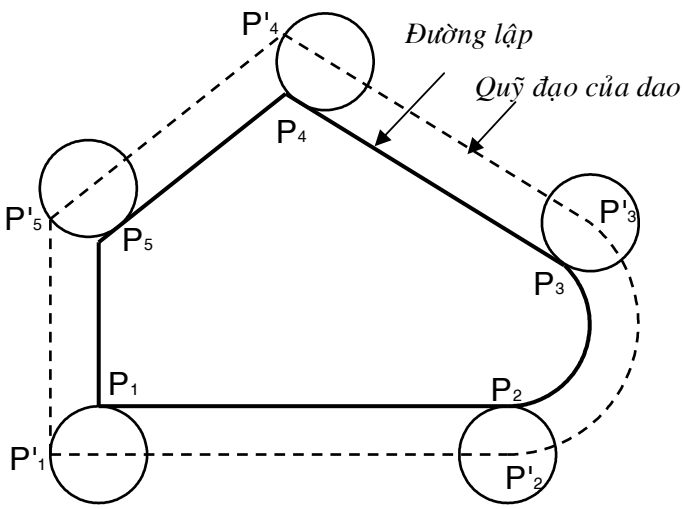
Bởi vì đối với dao tiện, mũi dao sẽ chạy theo đường biên dạng đã lập trình. Mà khi đó với dao có bán kính mũi dao thì điểm mũi dao P được xác định như hình vẽ 3.35. Khi gia công, nếu không hiệu chỉnh bán kính mũi dao thì sẽ gây ra sai khác biên dạng của đoạn AB (phần gạch chéo) hình 3.35 (a) bởi vậy hệ điều khiển CNC cho phép đưa vào thông số hiệu chỉnh (nhập vào bộ nhớ hiệu chỉnh của máy bán kính R của dao), lúc đó bộ điều khiển sẽ tính toán lại đường chạy dao. Cụ thể ở ví dụ trên hình 3.35 nó sẽ tự động lùi điểm A về phía trên môt đoạn Xc và dời điểm B sang trái một đoạn Zc tính theo quan hệ lượng giác giữa độ nghiêng của đường AB và bán kính mũi dao.

** Hiệu chỉnh bán kính dao (đối với dao phay):*

Khi gia công một đường biên nào đó bằng dao phay ngón, người gia công có thể dùng các con dao có bán kính khác nhau. Khi đó, nếu bộ điều khiển không có khả năng tự động hiệu chỉnh đường chạy dao theo các bán kính khác nhau thì người lập trình phải hiệu chỉnh bằng tay. Điều này nhiều khi phiền phức trong việc tính toán. Do vậy, bộ điều khiển CNC cho phép hiệu chỉnh hiệu chỉnh bán kính mũi dao. Ví dụ khi gia công một đường công khép kín đi qua các điểm P1 đến P5 (hình 3.36) bằng dao phay có d = 10 mm, người lập trình và gia công có thể chọ một trong hai cách :

- Thay đổi đường lập trình bằng cách offset đường biên thật ra bên ngoài 5mm bởi quỹ đạo dao cắt là quỹ đạo tâm của dao và xác định lại các điểm các điểm P_1' đến P_5'. Việc làm này là không đơn giản nếu tính bằng tay vì một số điểm P'_i có toạ độ lẻ cho dù P_i là không lẻ.

- Cách thứ hai là sử dụng chức năng hiệu chỉnh đường kính (bán kính) dụng cụ cắt (tool radius compensation) có trong các hệ điều khiển CNC. Đường lập trình và đường biên thật là như nhau, ta chỉ cần nhập vài bộ nhớ hiệu chỉnh bán kính dao trực tiếp trên máy có giá trị bằng 5.



Hình 3.36 Hiệu chỉnh bán kính dao phay

b) Hiệu chỉnh chiều dài dao

Máy công cụ CNC là máy tự động có khả năng thay dụng cụ cắt để thực hiện nhiều nguyên công khác nhau, trong khi đó trong khi đó chiều dài của các dao khác nhau là khác nhau. Do vậy, cần phải hiệu chỉnh chiều dài của các dao khi thay dao. Phương pháp và thủ tục hiệu chỉnh chiều dài dao được trình bày ở chương 4 của tài liệu này.

c) Hiệu chỉnh độ mòn dao.

Sau một thời gian làm việc dao sẽ mòn đi. Đối với dao tiện, lưỡi cắt mòn sẽ làm cho đường kính chi tiết gia công tăng. Đối với dao phay, dao mòn làm cho đường kính dao giảm đi, chiều dài dao ngắn lại. Để hiệu chỉnh lượng mòn này, một số hệ điều khiển sẽ cho phép hiệu chỉnh độ mòn của dao theo độ bền của dao, để đảm bảo độ chính xác gia công của máy, sản phẩm chế tạo được đồng nhất.

d) Hiệu chỉnh khe hở và sai lệch bước vítme.

Hệ điều khiển CNC cho phép hiệu chỉnh lại sai lệch bước của vítme đai ốc cũng như khe hở xuất hiện trong vít me sau một thời gian làm việc mà nó bị mòn đi. Để thực hiện hiệu chỉnh này, điểm tham chiếu ban đầu phải được đưa vào máy. Hệ thống sẽ dịch chuyển bàn dao hay bàn máy đến hai vị trí đầu cuối của trục vít. Trong quá trình dịch chuyển, hệ thống đo lường sẽ so sánh sai lệch bước vít với điểm gốc ban đầu để hiệu chỉnh lại sai lệch này.

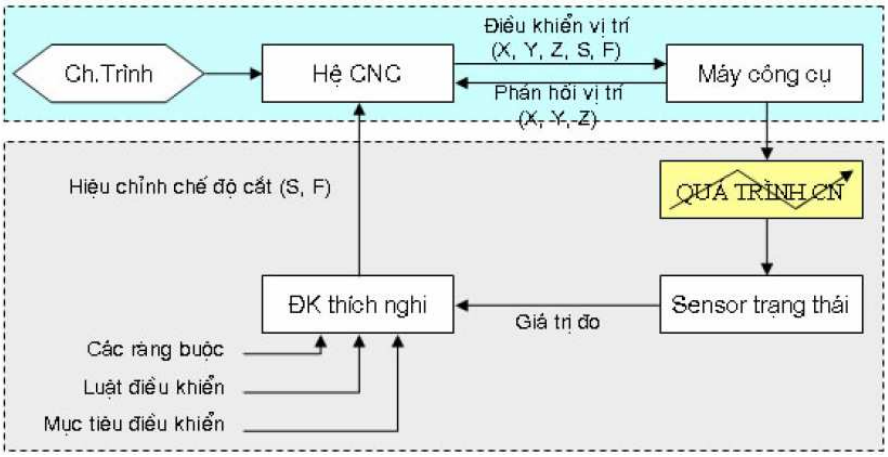
8. Điều khiển thích nghi (*Adaptive Control*)

Khi lập trình NC, điều cần thiết là ta luôn nhập tốc độ trục chính và lượng chạy dao cho từng dụng cụ cắt và cho từng thủ tục gia công để gia công một chi tiết nào đó. Trong quá trình gia công, khi đã cho máy chạy thật, nếu cần thiết ta có thể chủ động tăng hoặc giảm tốc độ trục chính và lượng chạy dao bằng các nút điều khiển trên panel điều khiển khi cảm thấy chế độ cắt mình đã lập trình là lớn hoặc bé. Có thể là dao bị mòn cần phải giảm chế độ cắt để tránh vỡ dao hoặc là chiều dài đúc thay đổi làm tăng chiều dày cắt, hoặc độ cứng của vật gia công thay đổi theo vùng. Tuy nhiên đây là việc can thiệp của con người vào quá trình làm việc của máy để đảm bảo cho nó hoạt đông tốt nhất tránh các hư hỏng cho máy nâng cao năng suất và độ chính xác chi tiết gia công. Công việc này chỉ có những người vận hành có kinh nghiệm mới thực hiện được. Xuất phát từ yêu cầu về tính tự động hoá và khả năng điều khiển tối ưu mà các hệ điều khiển CNC có khả năng điều khiển thích nghi tức là tự động thay đổi các thông số gia công theo ảnh hưởng ngẫu nhiên không thể dự kiến trước trong suốt quá trình gia công mà không cần tác động của người vận hành máy. Các ảnh hưởng ngẫu nhiên đó là:

- Trong nhiều trường hợp, chiều sâu cắt thực tế thay đổi chứ không phải là hằng số, nhất là gia công thô.
- Vật liệu của phôi có thể không đồng đều, cơ tính của nó có thể thay đổi theo quy luật biết trước hoặc ngẫu nhiên.
- Độ mòn của dao thay đổi làm lực cắt thay đổi.
- Sự rung động hoặc biến dạng của các thành phần trong hệ thống công nghệ.

Trong công nghệ cắt gọt kim loại, điều khiển thích nghi được hiểu là hệ thống có khả năng thường xuyên giám sát sự thay đổi của các thông số ra của quá trình, căn cứ vào đó để thay đổi các thông số công nghệ sao cho chúng luôn đạt giá trị cao nhất có thể mà vẫn không phá vỡ các điều kiện ràng buộc, đảm bảo cho hệ thống hoạt động bình thường.

Trên hình 3.37 là sơ đồ máy CNC có điều khiển thích nghi (AC). Hệ khiển thích nghi được ghép thêm vào hệ CNC bình thường, nó có nhiệm vụ đo các thông số trạng thái và hiệu chỉnh S, F theo các ràng buộc, mục tiêu và luật điều khiển định trước. Trong khi CNC chỉ nhận tín hiệu phản hồi vị trí của dao, không có khả năng tự động hiệu chỉnh tốc độ cắt S và lượng chạy dao F thì AC thường xuyên giám sát sự biến động của kích thước và cơ tính của phôi thông qua lực cắt hoặc momen, từ đó hiệu chỉnh S, F cho phù hợp. Khác với gia công CNC thông thường, trong đó năng suất gia công tăng chủ yếu nhờ giảm thời gian không gia công (thời gian chạy không, định vị, thay đổi chế độ cắt, gá đặt phôi, thay dao, đo kiểm,...), CNC có AC tăng năng suất gia công bằng cách giảm thời gian gia công (thời gian chính) nhờ tốc độ cắt và lượng chạy dao luôn được tốt ưu. Mục tiêu của hầu hết các hệ AC là tăng khối lượng cắt gọt trong gia công thô. Một số công trình nghiên cứu cho thấy, năng suất gia công có AC tăng 20-80%, còn chi phí gia công chỉ bằng 40-50% so với gia công CNC thông thường. Lợi ích rõ nhất của AC thấy được khi gia công với chiều sâu cắt thay đổi trong phạm vi rộng.



Hình 3.37 Sơ đồ nguyên lý điều khiển thích nghi trên máy CNC

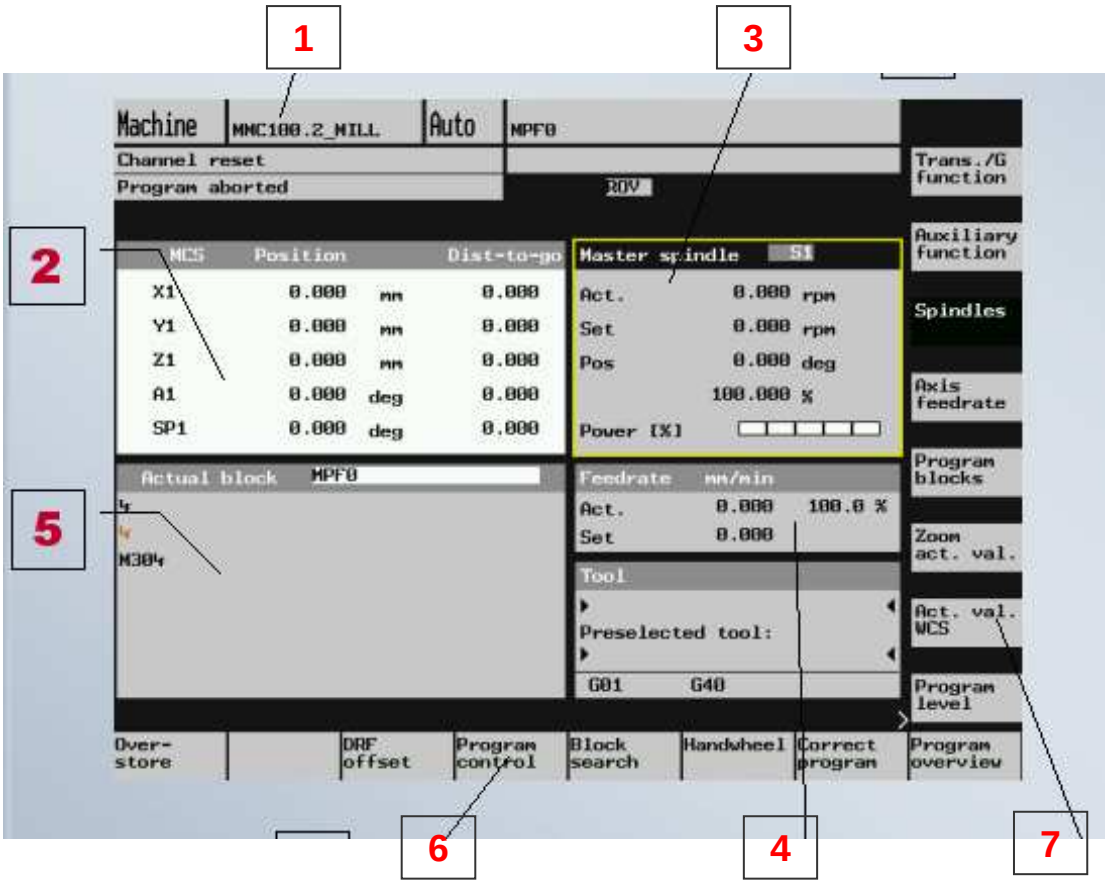
Điều khiển thích nghi phổ biến nhất hiện nay là dựa vào mômen (điều khiển mômen) trong đó mômen của lực cản trên trục chính cũng như trên trục vít me được tính toán tại trục động cơ dẫn động. Ban đầu momen được đo khi trục chính và bàn máy chuyển động nhưng không tham gia cắt gọt, giá trị này được lưu vào bộ nhớ của máy tính. Khi máy bắt đầu gia công cắt gọt, lấy giá trị momen đo được hiện tại trừ đi momen không tải sẽ được momen thuần nhất chỉ do lực cắt tác dụng, giá trị này được đem so sánh với momen giới hạn được lập trình sẵn trong bộ điều khiển. Nếu momen của lực cắt gọt lớn hơn giới hạn momen được lập trình thì bộ điều khiển sẽ hạn chê tốc độ cắt và lượng chạy dao, bật dung dịch trơn nguội nếu chưa bật hoặc thậm chí có thể dừng quá trình gia công. Chế độ cắt cũng tự động giảm xuống khi công suất cắt lớn hơn công suất được lập trình có sẵn trong máy.

Ngoài ra, một số nghiên cứu dùng sensor lực để đo các thành phần lực trên các trục. Tín hiệu do các sensor lực áp điện với tín hiệu ra là điện áp. Thông qua bộ biến đổi AD, tín hiệu tương tự này sẽ chuyển sang tín hiệu số sau đó được xử lý và tính toán trong điều khiển AC. Ngoài thay đổi chế độ cắt, một số máy và hệ điều khiển thích nghi còn cho phép quyết định thay dụng cụ cắt cùng loại khi cảm thấy dao đang gia công bị cùn (lực cắt và momen cắt tăng) và quá trình gia công lại tiếp diễn.

9. Bàn phím và màn hình trên máy CNC

a) Màn hình

Màn hình là thiết bị hiển thị rất quan trọng mà mọi máy CNC đều phải có. Màn hình có thể là màn hình màu hoặc đơn sắc, loại tinh thể lỏng (LCD) hoặc loại ống phóng tia âm cực (CRT). Công dụng của màn hình trên máy CNC là:



1) Hiển thị trạng thái 2) .Hiển thị vị trí 3) Hiển thị các thông tin về trục chính và lượng chạy dao 4) Hiển thị các thông tin về lượng chạy dao 5.Hiển thị dòng lệnh đang thực hiện 6). Tên của các phím mềm (softkey) nằm ngang hiện tại 7) Tên của các phím mềm (softkey) theo chiều dọc hiện tại

Hình 3.27: Màn hình cơ bản của hệ điều khiển SIEMENS Sinmerik 840D

- Hiển thị tất cả các ký tự và ký số nhập từ bàn phím để người lập chương trình kiểm tra chương trình nhập.
- Cho phép người vận hành kiểm tra các tham số và thông số đã cài đặt cho máy.
- Hiển thị các tọa độ hiện hành khi máy đang làm việc, hiển thị các thông số công nghệ như tốc độ cắt, lượng chạy dao thực tế… và dòng lệnh hiện hành mà máy đang thực hiện.
- Mô phỏng quá trình gia công dưới dạng đồ họa.

Màn hình cơ bản của hệ điều khiển máy công cụ có thay đổi theo các hệ điều khiển khác nhau (FANUC, SIEMENS, HEIDENHAIN…) nhưng nhìn chung có cấu trúc như hình 3.27.

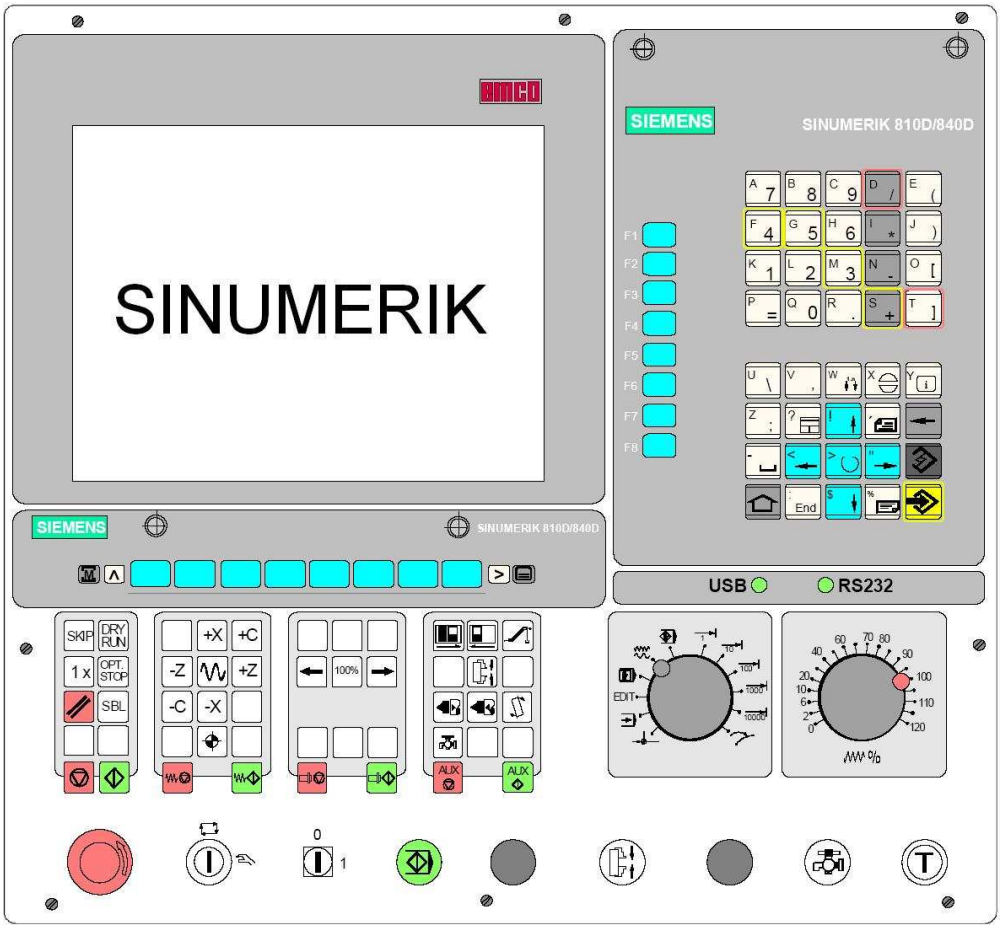
b) Bộ bàn phím

Bàn phím là thiết bị nhập quan trọng không thể thiếu được trên các máy công cụ CNC hiện nay. Nhờ bộ bàn phím, ta có thể nhập tất cả các loại dữ liệu cần thiết cho quá trình gia công cũng như cài đặt các các tham số điều khiển liên quan đến sự hoạt động của máy.

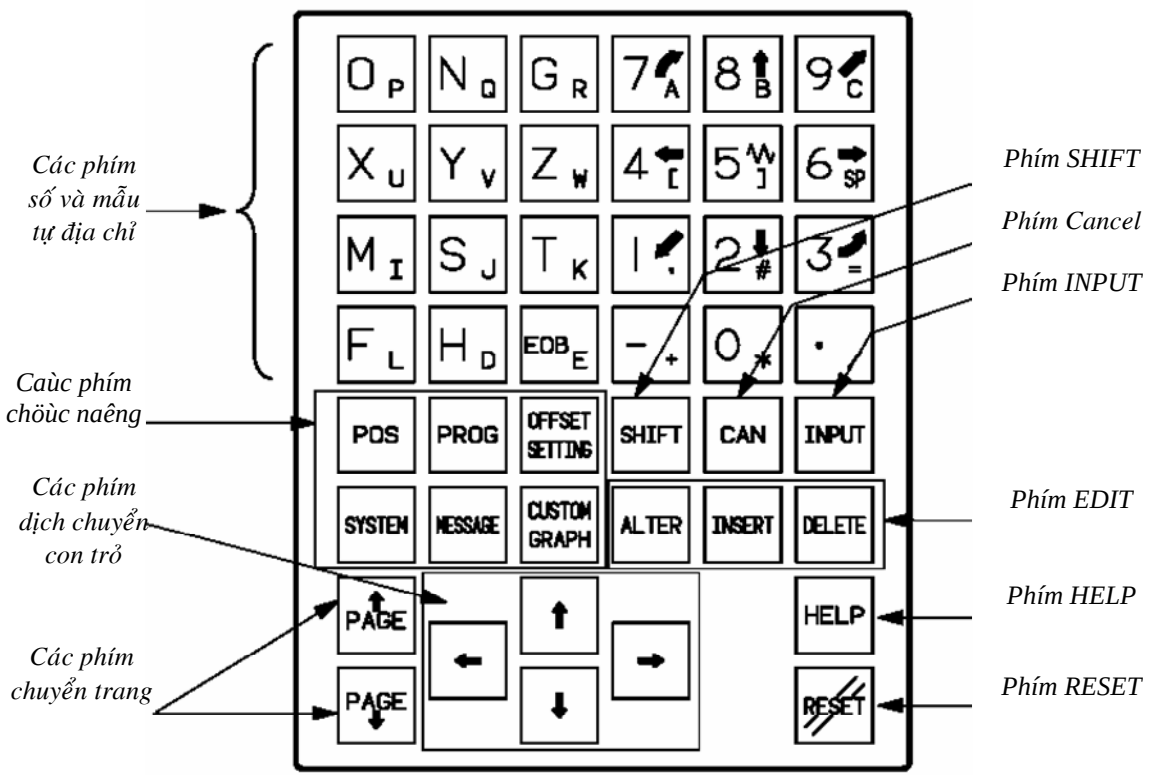
Bộ bàn phím của máy CNC thường gồm 2 panel riêng biệt, một panel nằm cạnh ngay dưới màn hình và một panel nằm ở bên phải màn hình. Panel bên phải chủ yếu dùng để lập trình, soạn thảo chương trình và cài đặt các tham số cho máy (hình 3.28 và 3.29).

Bộ bàn phím lập trình tùy theo hãng chế tạo, tùy theo ngôn ngữ (Anh, Pháp, Đức, Nga, Tung, Hàn quốc…) và tùy theo các hệ điều khiển khác nhau có thể có bố trí khác nhau. Trên hình 3.30 và 3.31 trình bày một kiểu bố trí bàn phím lập trình của hệ điều khiển FANUC áp dụng trên máy phay dưới hai dạng là tiếng Anh và dạng ký hiệu.

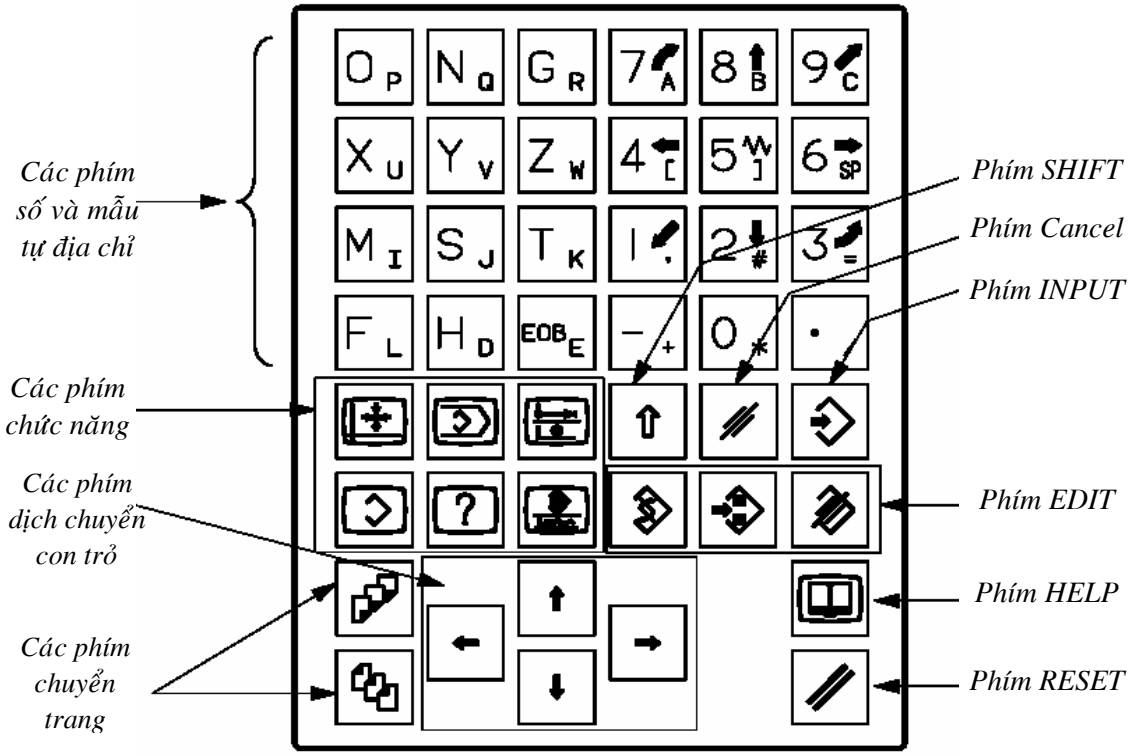
Hình 3.28: Panel điều khiển trên máy tiện (hệ điều khiển Fanuc 21i T)



Hình 3.29: Panel điều khiển trên máy tiện (Hệ điều khiển SINUMERICK 810D/840D)



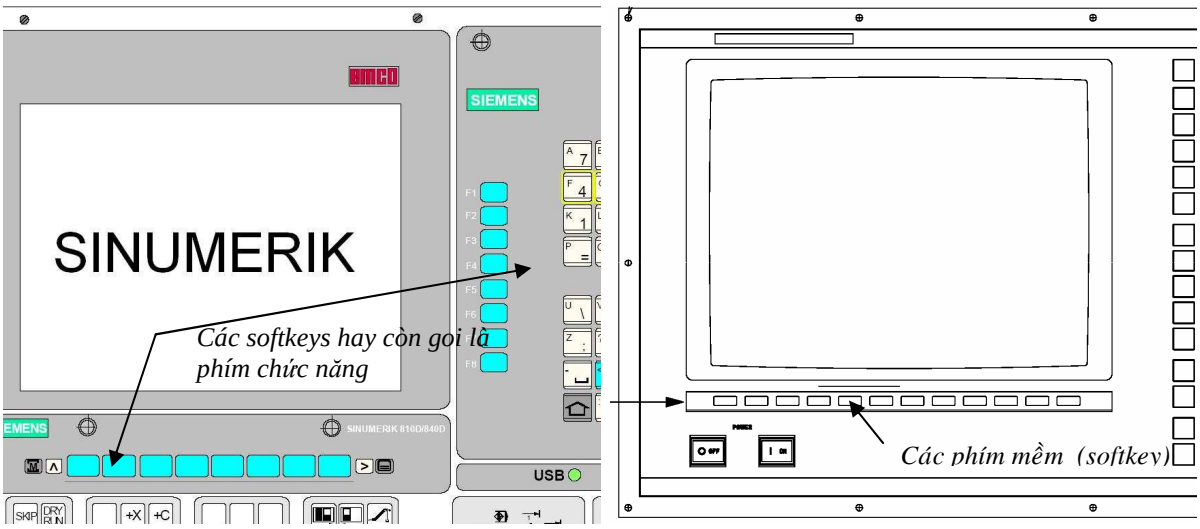
Hình 3.30: Sắp xếp các phím theo hệ điều khiển FANUC, kiểu tiếng Anh



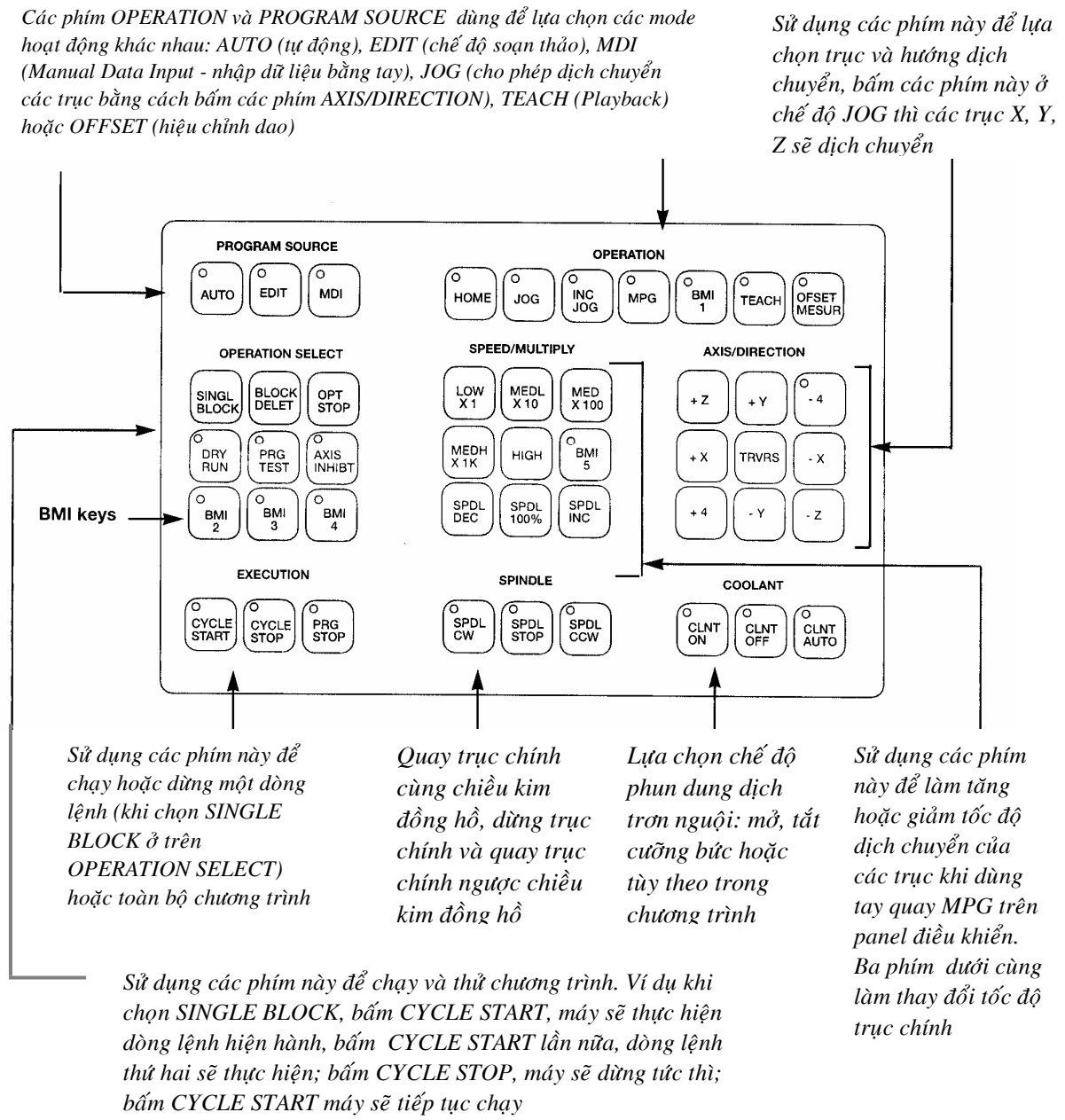
Hình 3.31: Sắp xếp các phím soạn thảo chương trình theo hệ điều khiển FANUC (kiểu ký hiệu)

Ngay kề sát phía dưới mà hình có một dãy phím gọi là phím mềm (softkey) hoặc function keys, (hình 3.32), đây là các phím không được in tên vì chức năng của nó thay đổi theo ngữ cảnh và tên chức năng của các phím này hiện lên trên màn hình ngay sát vị trí của nó (giống như các phím không tên sát màn hình trong các máy rút tiền tự động). Chúng có rất nhiều chức năng liên quan đến hệ điều khiển và lựa chọn các thư mục khác nhau trong cấu trúc của hệ điều khiển

Panel phím phía dưới dùng dùng để điều khiển máy trong quá trình gia công cũng như lựa chọn chế độ hoạt động của bộ điều khiển, lựa chọn chiều chuyển động của các trục khi chạy dao bằng tay, thay đổi tốc độ trục chính khi máy đang chạy chương trình.v.v.. được mô tả ở hình 3.33.



Hình 3.32: Các phím softkeys hoặc function keys trên panel điều khiển.



Hình 3.33: Bộ phím điều khiển trên panel điều khiển ở phía dưới màn hình (hệ điều khiển FANUC)

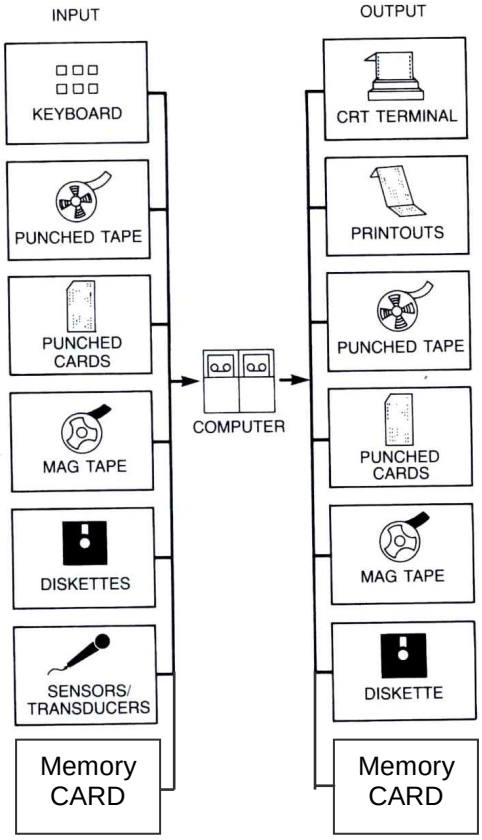
10. Thiết bị nhập dữ liệu (*Input Media*)

Cũng như những gì đã trình bày ở mục hệ thống điều khiển (phần phân loại), các thiết bị và phương pháp nhập dữ liệu được trình bày trên (hình vẽ 3.34). Các phương tiện này mang chương trình hay còn gọi là mang tin (băng đục lỗ, bìa đột lỗ, băng từ, đĩa từ, thẻ nhớ…). Bàn phím không mang chương trình nhưng nó là thiết bị tạo ra chương trình gia công cũng như nhập các dữ liệu vào máy rất linh hoạt nhờ khả năng soạn thảo, xoá, sửa rất thuận lợi cũng giống như bàn phím của máy tính PC.

Nhiều năm trước đây, phương tiện chính để mang và nạp dữ liệu vào máy là một băng giấy đục lỗ có 8 hàng lỗ, có chiều rộng là 1 inch (25,4 mm). Hiện nay băng đục lỗ không còn được dùng nữa, chỉ dùng phổ biến tăng dần theo thứ tự băng từ , đĩa từ và PCMCIA Card. Thẻ nhớ PCMCIA Card là một thiết bị lưu chương trình tiện lợi có dung lượng lớn hơn 8 Mbyte, làm việc theo cơ chế của bộ nhớ ghi đọc điện tử, có khả năng chống chịu được rung động khi lắp vào máy công cụ.

Các máy CNC hiện đại đều sử dụng bàn phím sử dụng mã chuẩn ASCII (American Standard Code for Information Interchange) để nhập trực tiếp thông tin và chương trình vào bộ điều khiển.

Ngoài các thiết bị nhập bằng bàn phím, đĩa từ hay thẻ nhớ, phương pháp Direct Numerical Control (DNC) sử dụng một máy tính PC hoặc một server computer và một phần mềm giao tiếp (communication software) hiện đang trở thành phương pháp truyền dữ liệu xuống máy tính CNC. Với DNC, chương trình gia cộng được truyền từ một máy tính chủ đến một hay nhiều máy CNC để gia công. Ngược lại, tất cả các dữ liệu về tham số (paremeters) và file chương trình gia công chứa trong máy CNC đều có thể truyền ngược về máy tính chủ qua cáp truyền RS232 để lưu trữ, dự phòng và sử dụng khi cần thiết.

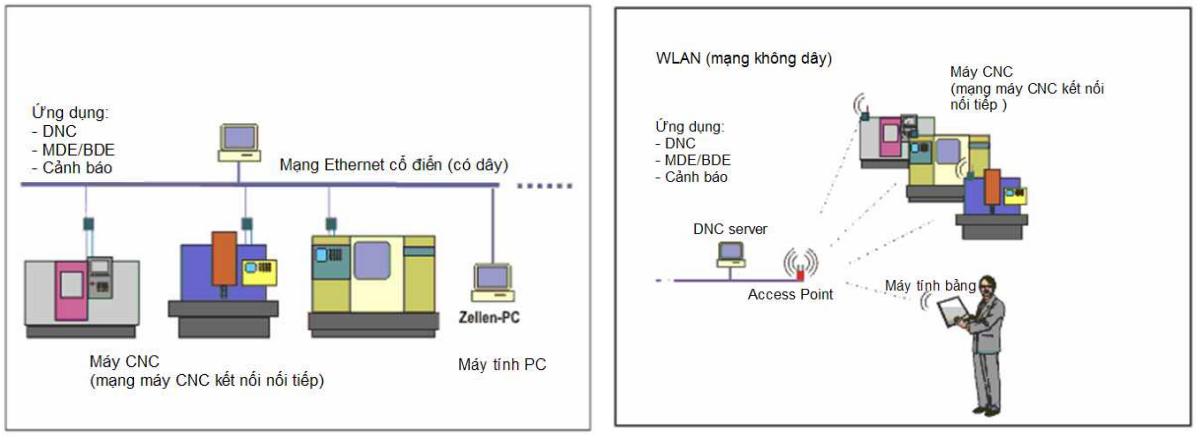


Hình 3.34 Các thiết bị nhập và xuất trên máy công cụ CNC

11. CNC data interface và Direct numerical control

Direct numerical control (DNC), còn được gọi là distributed numerical control (cũng viết tắt là DNC), là một thuật ngữ trong ngành chế tạo máy có sử dụng các máy CNC kết thành mạng lưới. Ở một số máy CNC, bộ nhớ của máy rất nhỏ. Chúng không thể chứa được các chương trình gia công phức tạp có nhiều dòng lệnh. Trong trường hợp này, chương trình gia công được chứa trên một máy tính khác và được gửi một cách trực tiếp xuống máy CNC, mỗi block lệnh được gửi mỗi lần. Nếu một máy tính được nối với nhiều máy CNC khác nhau, máy tính đó có thể chia sẻ và phân bổ các chương trình gia công đến các máy CNC khi có yêu cầu.

Giao tiếp giữa máy tính PC và máy CNC theo phương pháp DNC có thể thực hiện qua chuẩn giao tiếp nối tiếp (serial interface) RS-232, RS-422 và RS-423. Ngoài ra còn có thể kết nối theo kiểu mạng LAN có dây hoặc không dây như hình 3.35



Hình 3.35: Sơ đồ điều khiển DNC (Direct Numerical Control) thông qua mạng LAN