

## Lời Mở Đầu

Trong nền sản xuất công nghiệp hiện nay các nhà máy xí nghiệp có quy mô lớn với quy trình công nghệ sản xuất tiên tiến hiện đại phát triển ngày càng nhiều. Từ các dây chuyền cán thép, đúc phôi thép có dây truyền dài đến vài trăm mét đến hệ thống dây chuyền đóng gói sản phẩm liên hoàn..., Trong hầu hết các xí nghiệp nhà máy đều cần phải có các cơ cấu di chuyển dùng để di chuyển các máy chạy trên đường ray, hoặc không có đường ray, các cơ cấu nâng hạ. Trong xu thế phát triển hiện nay các nhà máy xí nghiệp ứng dụng kỹ thuật robot trong công nghiệp để nâng cao năng suất dây truyền công nghệ, nâng cao chất lượng và khả năng cạnh tranh của sản phẩm, đồng thời cải thiện điều kiện lao động. Sự cạnh tranh hàng hoá đặt ra một vấn đề thời sự là làm sao để hệ thống tự động hoá sản xuất phải có tính linh hoạt nhằm đáp ứng với sự biến động thường xuyên của thị trường hàng hoá. Các cơ cấu di chuyển và nâng hạ công nghiệp là bộ phận cấu thành không thể thiếu trong hệ thống sản xuất tự động linh hoạt đó.

Trong quá trình hiện đại hóa nền công nghiệp hiện nay của nước ta, rất nhiều máy móc và dây truyền hiện đại được nhập về. Trong đó được các nhà máy xí nghiệp quan tâm nhiều nhất là các cơ cấu di chuyển và các cơ cấu nâng hạ để nâng cao năng suất của dây truyền công nghệ. Hầu hết các hệ thống này đều sử dụng thiết bị điều khiển khả trình PLC, nó có khả năng tự động hóa và tối ưu điều khiển rất cao. Thiết bị điều khiển khả trình PLC đã và đang được áp dụng rãi trong các dây chuyền sản xuất, nó làm giảm giá thành công nghệ, giảm độ phức tạp của mạch điều khiển, có khả năng làm việc trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Tuy nhiên nó cũng đòi hỏi đội ngũ kỹ sư và công nhân kỹ thuật lành nghề để vận hành hệ thống an toàn cho con người và cho thiết bị cũng như đạt năng suất và hiệu quả cao nhất.

Sau quá trình học tập tại trường em được giao đề tài tốt nghiệp: **“Thiết kế tủ PLC điều khiển mô phỏng quá trình di chuyển của tay máy theo chu trình đặt trước.”**

***Đề án bố cục gồm 4 chương :***

Chương 1 : Tổng quan về cơ cấu di chuyển

Chương 2 : Giới thiệu tổng quát về PLC và ngôn ngữ lập trình của PLC S7-200 của SIEMENS

Chương 3 : thiết kế bộ điều khiển trượt cho tay máy robot 2 bậc tự do

Chương 4 : Mô hình mô phỏng quá trình di chuyển của tay máy

# CHƯƠNG 1

## TỔNG QUAN VỀ CÁC CƠ CẤU DI CHUYỂN

### 1.1 Tổng quan về các cơ cấu di chuyển

#### 1.1.1 Giới thiệu

Cơ cấu di chuyển dùng để di chuyển các máy trục chạy trên đường ray hoặc không có đường ray, loại này có thể di chuyển trên mặt đất.

Thông thường các cơ cấu di chuyển gồm các bộ phận chính sau :

- Động cơ điện.
- Hệ thống phanh.
- Hộp giảm tốc.
- Các bánh xe.
- Các trục truyền động và khớp nối từ hộp giảm tốc ra các bánh xe di chuyển.

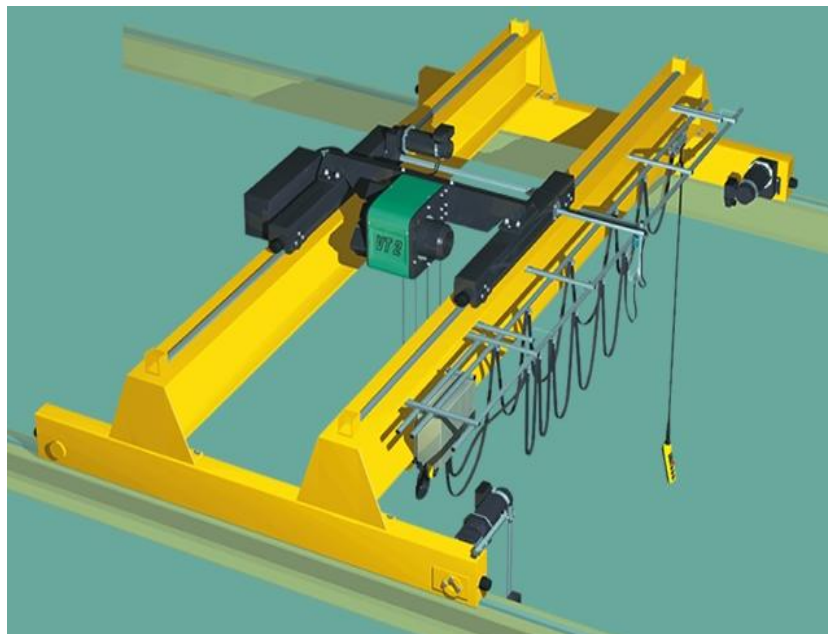
Cơ cấu di chuyển không cần đường ray



Hình 1.1. Máy xúc gàu ngược di chuyển bằng xích



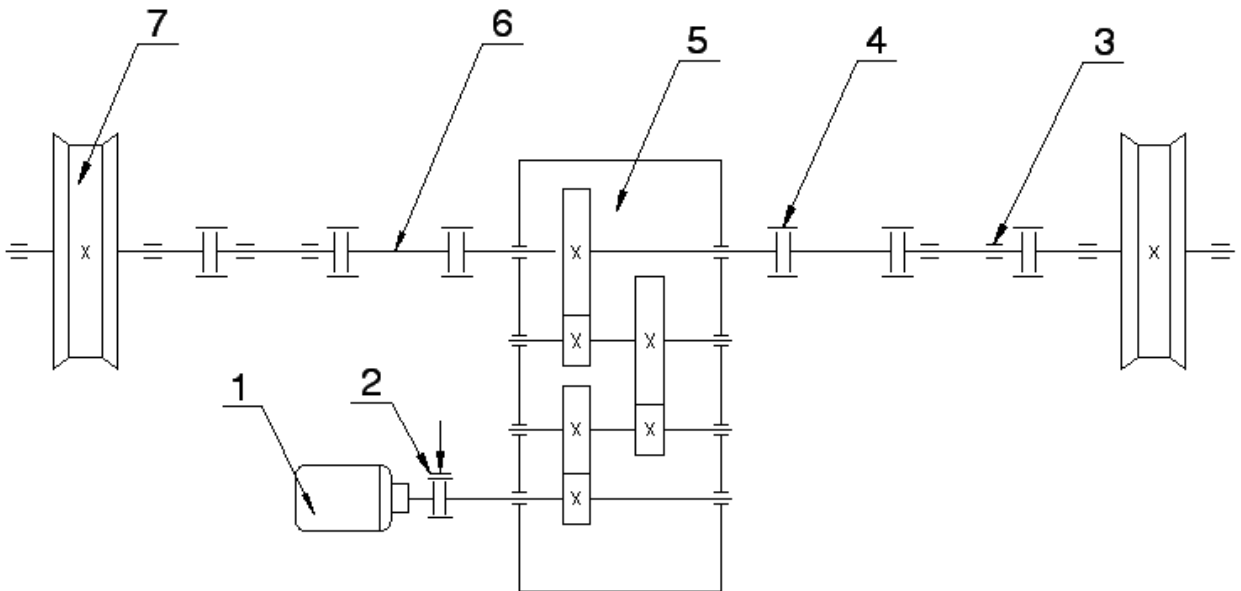
Hình 1.2. Máy xúc gàu ngược di chuyển bằng bánh lốp  
Cơ cấu di chuyển trên đường ray.



Hình 1.3. Cầu trục hai dầm kiểu hộp di chuyển trên ray

## 1.1.2 Một số sơ đồ động của cơ cấu di chuyển thường dùng trong máy trục.

a. Cơ cấu di chuyển với trục truyền động quay chậm.



Hình 1.3 Cơ cấu di chuyển với trục truyền động quay chậm

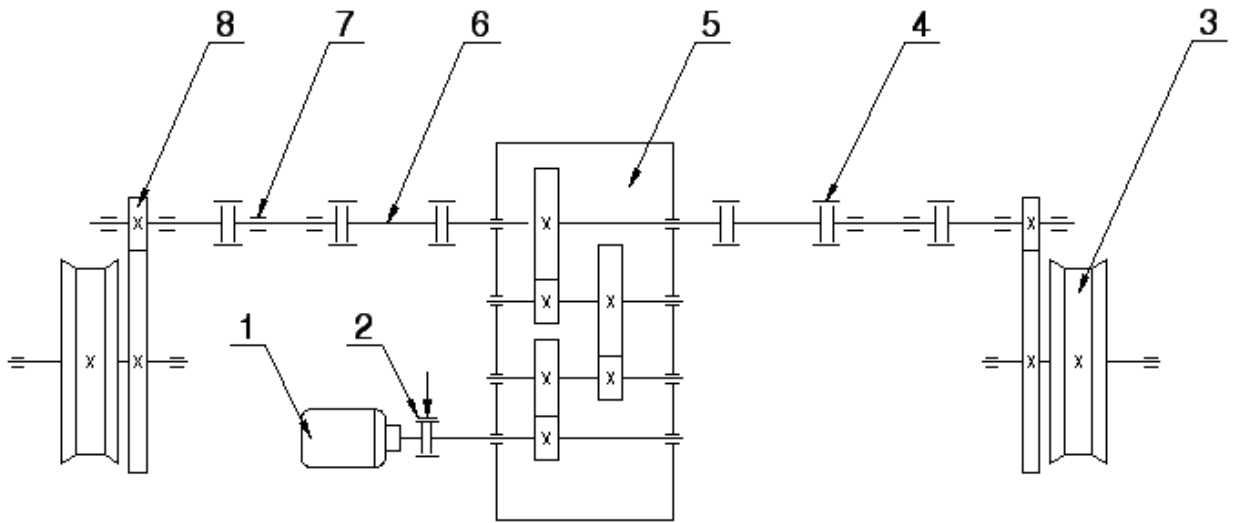
1. Động cơ điện.
2. Hệ thống phanh và khớp nối.
3. Gối đỡ trung gian
4. Khớp nối.
5. Hộp giảm tốc
6. Trục truyền động
7. Bánh xe

Ưu điểm :

- Mômen xoắn lớn.
- Yêu cầu chế tạo, lắp ráp trục truyền động không cần độ chính xác cao.

Nhược điểm :

- Trục truyền to, nặng.
- b. Cơ cấu di chuyển với trục truyền động quay trung bình.



Hình 1.4 Cơ cấu di chuyển với trục truyền động quay trung bình

1. Động cơ điện.
2. Hệ thống phanh và khớp nối.
3. Bánh xe .
4. Khớp nối.
5. Hộp giảm tốc.
6. Trục truyền động.
7. Gối đỡ trung gian.
8. Cặp bánh răng phụ.

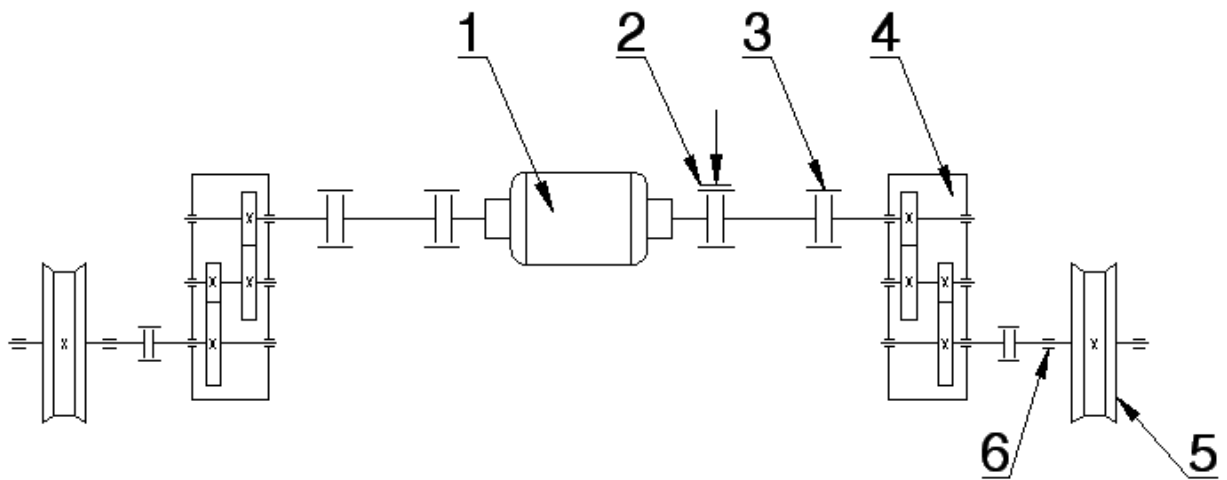
Ưu điểm :

- Trọng lượng trục truyền, khớp nối và các gối đỡ trục giảm hơn so với sơ đồ trên.

Nhược điểm :

- Có thêm cặp bánh răng phụ hoặc hộp giảm tốc tại các bánh xe nên công. việc lắp đặt gặp khó khăn hơn.
- Tăng giá thành sản xuất do có thêm nhiều chi tiết hơn.

- Giảm hiệu suất truyền động tới các bánh xe.
- c. Cơ cấu di chuyển với trục truyền động quay nhanh.



Hình 1.5 Cơ cấu di chuyển với trục truyền động quay nhanh

1. Động cơ điện.
2. Hệ thống phanh và khớp nối.
3. Khớp nối.
4. Hộp giảm tốc.
5. Bánh xe.
6. Gối đỡ trung gian.

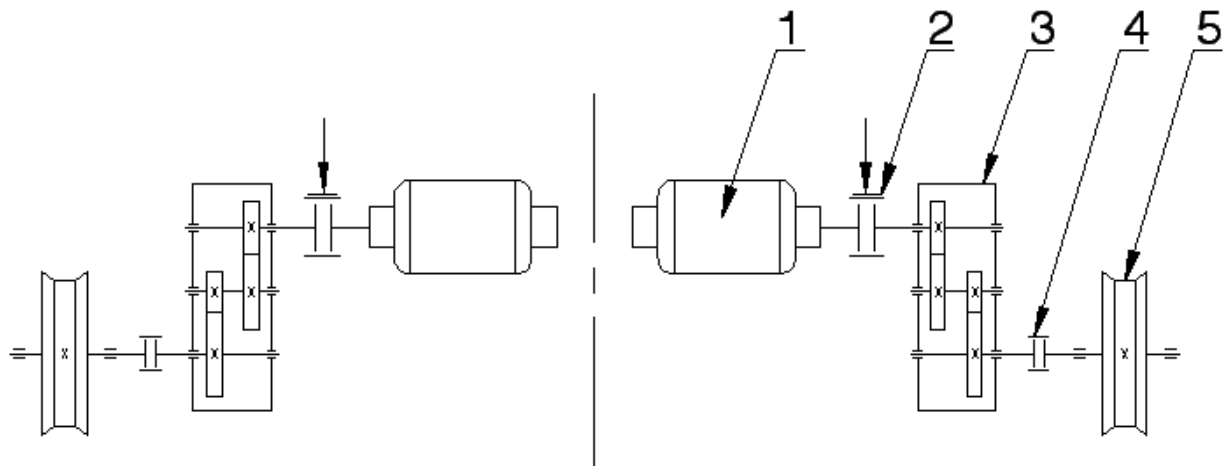
Ưu điểm :

- Đường kính trục truyền nhỏ hơn 2-3 lần so với 2 trường hợp trên.
- Khối lượng trục truyền nhỏ hơn 4-6 lần so với 2 trường hợp trên.

Nhược điểm :

- Trục quay nhanh nên momen xoắn nhỏ.
- Chế tạo lắp ráp phải chính xác.
- Các gối đỡ phải đủ cứng vững.
- Dùng nhiều gối đỡ nên giảm hiệu suất truyền động.

d. Cơ cấu di chuyển gồm hai dẫn động riêng biệt, không có trục truyền động.



Hình 1.6 Cơ cấu di chuyển gồm hai dẫn động riêng biệt

1. Động cơ điện.
2. Khớp nối và phanh.
3. Hộp giảm tốc.
4. Khớp nối.
5. Bánh xe.

Ưu điểm :

Sử dụng khi tầm rộng lớn.

Đảm bảo độ cứng vững của máy.

Kết cấu nhỏ gọn.

Tăng hiệu suất truyền động do không qua nhiều khớp và gối đỡ.

Nhược điểm :

Mômen xoắn nhỏ.

Dễ bị lệch khỏi mặt phẳng ngang.

Yêu cầu lắp ráp phải chính xác.

Thông qua việc phân tích các loại sơ đồ động của cơ cấu di chuyển, trong luận văn này chọn sơ đồ (d) làm sơ đồ thiết kế cơ cấu di chuyển.



## 1.2 Xác định kích thước bánh xe

### 1.2.1 Khái niệm và phân loại bánh xe

#### a. Khái niệm

Bánh xe là bộ phận giúp toàn bộ hệ thống máy di chuyển trên đường ray. Yêu cầu cơ bản của bánh xe là khi làm việc không trật khỏi đường. Để đảm bảo điều đó, các bánh xe có thể có hai gờ ở hai bên hay có một gờ. Tác dụng của gờ là dẫn cho bánh xe chạy trên đường ray mà không bị trật khỏi đường ray. nếu bánh xe có một gờ thì để cho bánh xe không trượt trật khỏi đường ray, các gờ bánh xe trên hai đường ray nên đặt đối xứng nhau. Trong trường hợp bánh xe không có gờ thì để bánh xe không trật khỏi ray người ta đặt các con lăn dọc hai bên của đường ray.

#### b. Phân loại

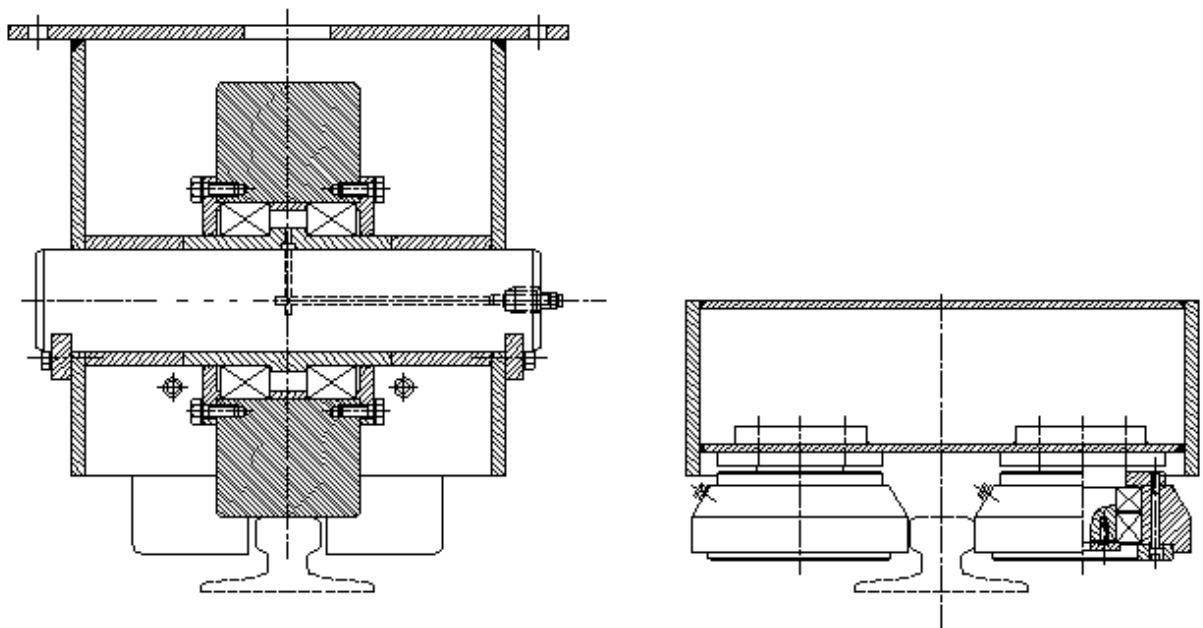
- Theo nhiệm vụ có thể chia ra bánh xe dẫn và bánh xe bị dẫn. Bánh xe dẫn được truyền chuyển động từ cơ cấu di chuyển và lăn được trên ray nhờ lực bám giữa bề mặt bánh xe và bề mặt ray. Bánh xe bị dẫn chỉ làm nhiệm vụ tựa và quay quanh trục của nó.
- Theo hình dáng bề mặt lăn có thể chia làm ba loại : hình trụ, hình nón, hình trống. Bánh xe hình trụ được sử dụng rộng rãi nhất trong các máy trục chạy trên đường thẳng như các xe lăn và cầu trục. Tuy nhiên khi chuyển động các gờ sẽ tự động điều chỉnh xe lăn, cầu trục khỏi bị lệch nghiêng khỏi đường ray, do đó các gờ bánh xe làm tăng lực cản lăn và làm bánh xe nhanh mòn. Với các máy trục chạy trên đường cong nên dùng các bánh xe dẫn động hình nón để tăng tính linh hoạt di chuyển và để giảm nhỏ lực cản di chuyển. Còn các bánh xe hình trống chủ yếu dùng cho xe con chạy trên cạnh đường ray chữ I. Các bánh xe bị dẫn bao giờ cũng làm có dạng hình trụ.
- Đối với các bánh xe, bề mặt lăn và mặt trong của gờ cần đảm bảo độ bóng khi gia công không thấp hơn  $\nabla 5$ . Với mục đích bù trừ sai lệch khi lắp ráp, bề rộng làm việc của bánh xe thường lấy lớn hơn bề rộng ray : đối với bánh xe hai gờ hình trụ lớn hơn 30 mm và hình nón 40 mm ; đối với bánh xe xe lăn 15-20 mm; đối với bánh xe một gờ 30 mm.
- Khi làm việc bánh xe chịu tải rất lớn nên rất mau mòn. Vì thế để đảm bảo độ bền lâu các bánh xe được chế tạo bằng thép cacbon 45, 55 hay thép hợp kim. bề mặt lăn của bánh xe cần được nhiệt luyện đạt độ cứng 300-350 HB với độ sâu 15 mm. Các

bánh xe lăn bằng gang đúc không thấp hơn gang GX 15-32 và chỉ dùng trong các cơ cấu di chuyển dẫn động bằng tay. Các bánh xe có đường kính lớn để tiết kiệm kim loại tốt, chỉ dùng vòng thép mỏng ghép vào vành bánh xe.

- Để giảm lực cản lăn, tăng độ ổn định và tiện lợi trong sử dụng, các bánh xe của xe lăn và máy trục thường dùng ổ lăn, ít dùng ổ trượt. đường kính lớn nhất của bánh xe không nên lớn hơn 1000 mm.

### 1.2.2 Chọn loại và kích thước bánh xe

Trong luận văn này nghiên cứu sử dụng loại bánh xe không có gờ bên, các bánh xe được dẫn hướng nhờ hai con lăn ở hai bên má ray.



Hình 1.7. Bánh xe và cụm con lăn dẫn hướng

Theo ГОСТ 3569-60. Đường kính bánh xe sơ bộ chọn  $D_{bx}=630$  mm . Căn cứ kích thước bánh xe theo ГОСТ 3569-60, tương ứng với  $D_{bx}=630$  mm chọn thép vuông 100 x 100 để làm ray cho máy di chuyển.

Tải trọng tác dụng lên bánh xe : Do đặc thù của máy dùng để cào liệu, vì vậy tải trọng tác dụng lên bánh xe chủ yếu là trọng lượng bản thân máy tác dụng lên. trọng lượng của vật cào bé hơn rất nhiều lần so với trọng lượng máy nên trong tính toán ta bỏ qua thành phần này. Khi máy cào không làm việc xem như tải trọng phân bố đều trên các bánh xe. Khi máy làm việc do quá trình nâng hạ cần cào nên trọng tâm của máy thay

đôi. Trường hợp xấu nhất là tải trọng chỉ tập trung lên hai bánh xe của cùng một đường ray. Khi đó áp lực lớn nhất tác dụng lên một bánh xe tính theo :

$$P_{\max} = G_0 + Q_2 = 5000002 = 250000N$$

Trong đó

$G_0 + Q$  Trọng lượng bản thân máy và bộ phận mang vật.

Chọn sơ bộ 500000 N

Tải trọng tương đương tác dụng lên bánh xe tính theo công thức 3.65[1] :

$$P_{bx} = \gamma \cdot k_{bx} \cdot P_{\max} = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 250000 = 240000N$$

Trong đó :

$$\gamma = 0,8 \quad \text{bảng 3.13 [1]}$$

$$k_{bx} = 1,2 \quad \text{bảng 3.12 [1]}$$

Sức bền dập của bánh xe :

Bánh xe được chế tạo bằng thép đúc 55Л. Để đảm bảo lâu mòn, vành bánh xe được tôi bề mặt đạt độ cứng 300-350 HB.

Ứng suất dập theo công thức (2-67[1]) :

$$\sigma_d = 190 P_{bx} b \cdot r = 190 \cdot 250000 \cdot 100 \cdot 315 = 535 N/mm^2$$

Ứng suất dập cho phép theo bảng 2-19.[1] là :  $\sigma_d = 750 N/mm^2$

Vậy kích thước bánh xe đã chọn là an toàn.

### 1.3 Tính và chọn động cơ điện

#### 1.3.1 Phân loại và phạm vi sử dụng

Chọn động cơ điện để dẫn động máy móc hoặc các thiết bị công nghệ là giai đoạn đầu tiên trong quá trình tính toán thiết kế máy. Nó có phạm vi ảnh hưởng rất lớn đến khả năng và chế độ làm việc của máy. Muốn chọn đúng động cơ cần hiểu rõ đặc tính và phạm vi sử dụng của từng loại, đồng thời cần chú ý đến các yêu cầu làm việc của thiết bị cần được dẫn động.

Các loại động cơ điện :

Động cơ điện một chiều (kích từ mắc song song, nối tiếp hoặc hỗn hợp) và hệ thống động cơ - máy phát (dùng dòng điện kích từ điều chỉnh) cho phép thay đổi trị số của mômen và vận tốc góc trong một phạm vi rộng (3 : 1 đến 4 : 1 đối với động cơ điện

một chiều và 100 :1 đối với động cơ - máy phát), đảm bảo khởi động êm, hãm và đảo chiều dễ dàng, do đó được dùng rộng rãi trong các thiết bị vận chuyển bằng điện, thang máy, máy trục và các thiết bị thí nghiệm v.v .... Nhược điểm của chúng là giá thành cao, riêng loại động cơ điện một chiều lại khó kiếm và phải tăng thêm vốn đầu tư để đặt các thiết bị chỉnh lưu.

Động cơ điện xoay chiều bao gồm hai loại : một pha và ba pha.

Động cơ điện một pha có công suất tương đối nhỏ, có thể mắc vào mạng điện chiếu sáng, do vậy dùng thuận tiện cho các dụng cụ gia đình, nhưng hiệu suất thấp.

Trong công nghiệp sử dụng rộng rãi động cơ ba pha. Chúng gồm hai loại: đồng bộ và không đồng bộ.

Động cơ ba pha đồng bộ có vận tốc góc không đổi, không phụ thuộc vào trị số của tải trọng và thực tế không điều chỉnh được.

Động cơ ba pha không đồng bộ gồm hai kiểu: rôto dây quấn và rôto ngắn mạch.

Động cơ ba pha không đồng bộ rôto dây quấn cho phép điều chỉnh vận tốc trong một phạm vi nhỏ (khoảng 5%), có dòng điện mở máy nhỏ nhưng hệ số công suất ( ) thấp, giá thành cao, kích thước lớn và vận hành phức tạp, dùng thích hợp khi cần điều chỉnh trong một phạm vi hẹp để tìm ra vận tốc thích hợp của dây chuyền công nghệ đã được lắp đặt.

Động cơ ba pha không đồng bộ rôto ngắn mạch có ưu điểm: kết cấu đơn giản, giá thành tương đối hạ, dễ bảo quản, làm việc tin cậy, có thể mắc trực tiếp vào lưới điện ba pha không cần biến đổi dòng điện. Nhược điểm của nó là hiệu suất thấp (so với động cơ ba pha đồng bộ), không điều chỉnh được vận tốc (so với động cơ một chiều và động cơ ba pha không đồng bộ rôto dây quấn). Nhờ những ưu điểm cơ bản, động cơ xoay chiều ba pha không đồng bộ rôto ngắn mạch được sử dụng rất phổ biến trong các ngành công nghiệp. Để dẫn động các thiết bị vận chuyển, băng tải, xích tải, thùng trộn v.v ... nên sử dụng loại động cơ này.

Khi chọn động cơ điện sử dụng trong máy trục cần phải thỏa mãn hai yêu cầu sau :

+ Khi làm việc thời gian dài với chế độ ngắt đoạn lặp đi lặp lại, với cường độ cho trước, động cơ không được nóng quá giới hạn cho phép, để không làm hỏng vật liệu cách điện trong động cơ.

+ Công suất động cơ điện phải đủ để đảm bảo mở máy với gia tốc cho trước.

### 1.3.2 Tính và chọn động cơ điện.

Lực cản tĩnh chuyển động của máy cào : gồm có lực cản do ma sát, lực cản do độ dốc đường ray, và lực cản do gió.

Lực cản do ma sát tính theo công thức (3-40.[1]) :

$$W1=Q+G02.\mu+f.dDbx=5000002.0,6+0,015.150630=2580 \text{ N}$$

Trong đó :

$\mu$  - hệ số ma sát lăn, lấy theo bảng 3-7.[1].

$f$  - hệ số ma sát trượt, lấy theo bảng 3-8.[1].

$d$  - đường kính ngang trục tại đó lắp ổ bi

Lực cản do độ dốc đường ray theo công thức (3-41.[1]) :

$$W2=\alpha G0+Q=0,001.500000=500 \text{ N}$$

Trong đó :

$\alpha$ - độ dốc đường ray, lấy theo bảng 3-9 [1] .

Lực cản do gió : máy di chuyển với vận tốc thấp, làm việc trong nhà xưởng

$$W3=kk.q.F0+FV=1,2.400.7+0=3360 \text{ N}$$

Trong đó

$kk$ - hệ số cản khí động, lấy = 1,2

$q$  - áp lực gió tính toán, lấy  $q = 400 \text{ N/mm}^2$

$F0$ - diện tích chịu gió tính toán của hệ thống máy, lấy  $F0=7 \text{ mm}^2$

$$FV=0$$

Vậy tổng lực cản tĩnh tính theo công thức (3-39. [1])

$$Wt=kt.W1+W2+W3=2,1.2580+500+3360=9278 \text{ N}$$

Trong đó :

$kt=2,1$ : hệ số tính đến ma sát thành bánh xe, lấy theo bảng 3-6.[1].

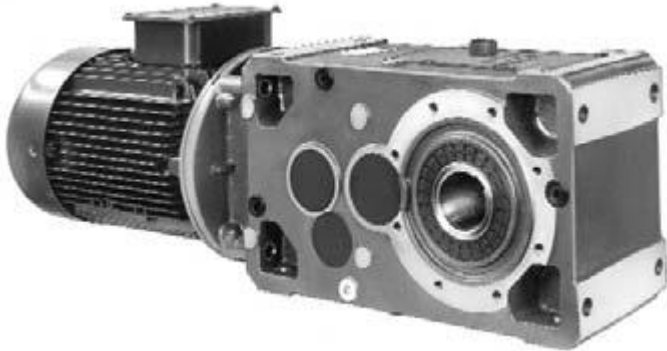
Chọn động cơ : Công suất tĩnh yêu cầu đối với động cơ điện tính theo công thức (3-60 [1]) :

$$Nt=Wt.VX60.1000.\eta_{dc}=9278.3060.1000.0,85=5,45 \text{ KW}$$

Trong đó :

$\eta_{dc}=0,85$  - hiệu suất cơ cấu di chuyển, lấy theo bảng 1-9[1].

Tương ứng với chế độ làm việc của cơ cấu là trung bình có CĐ 25%, và để dễ dàng cho công tác chế tạo, lắp đặt ở đây ta chọn động cơ liền hộp giảm tốc. Động cơ bao gồm phanh ở bên trong nó.



Hình 1.8. Động cơ liền hộp giảm tốc

Sơ bộ ta chọn động cơ liền hộp giảm tốc loại MR C2I 140 132S có đặc điểm sau :

➤ Động cơ điện xoay chiều 3 pha :

- Công suất danh nghĩa :  $N_{dc} = 5,5 \text{ KW}$
- Số vòng quay danh nghĩa :  $n_{dc} = 1445 \text{ vòng/phut}$
- Hệ số quá tải :  $T_{max} T_{dn} = 3,4$
- Mômen vô lăng của rôto :  $(G_i \cdot D_i^2)_{roto} = 0,024 \text{ Kgm}^2$
- Khối lượng :  $m_{dc} = 68 \text{ Kg}$
- Mômen phanh :  $M_P = 100 \text{ Nm}$

➤ Hộp giảm tốc :

- Số vòng quay của trục ra :  $n_2 = 52,8 \text{ vòng/phut}$
- Mômen xoắn của trục ra :  $M_2 = 8320 \text{ lb in} = 958568 \text{ Nmm}$
- Tỷ số truyền :  $i = 32,2$

#### 1.4 Xác định tỷ số truyền chung

Số vòng quay của bánh xe cần có để đảm bảo vận tốc di chuyển xe :

$$n_{bx} = v_{bx} \pi \cdot D_{bx} = 30.600003,14.630.60 = 15,17 \text{ vòng/phut}$$

Tỷ số truyền chung cần có đối với bộ truyền của cơ cấu di chuyển xe :

$$i_x = n_{dc} n_{bx} = 1445 \cdot 15,17 = 95,25$$

#### 1.5 Tính toán và chọn phanh

## 1.5.1 Khái niệm và phân loại phanh

### a. Khái niệm

Phanh là loại thiết bị không thể thiếu được trong các loại máy truyền động. Phanh dùng để hãm hoặc điều chỉnh tốc độ của cơ cấu, có khả năng triệt tiêu động năng của các khối lượng chuyển động quay hoặc tịnh tiến trong máy xây dựng, máy trục, máy vận chuyển liên tục.

Quá trình phanh được thực hiện bằng cách đưa vào cơ cấu các lực cản phụ dưới dạng lực ma sát.

### b. Phân loại

Phanh có nhiều chủng loại khác nhau nhưng được chia ra các loại như sau :

- Theo công dụng : phanh dừng, phanh thả ( phanh hạn chế tốc độ )
- Theo kết cấu : phanh má, phanh đai, phanh đĩa, phanh nón, phanh áp trực, phanh ly tâm.
- Theo nguyên tắt hoạt động : phanh được điều khiển và oanh tự điều khiển.
- Theo trạng thái làm việc : phanh thường mở, phanh thường đóng.

**Phanh dừng:** dùng để dừng máy và giữ vật ở tư thế treo. Phanh này sử dụng vào thời điểm cuối cùng của thời kỳ chuyển động.

**Phanh thả :** dùng để điều chỉnh tốc độ khi hạ vật. nó có thể điều chỉnh tốc độ hạ trong thời gian nhất định, nhưng không giữ được vật nâng.

**Phanh má:** thường được dùng trong các loại tời và cơ cấu máy trục có truyền động điện độc lập.

**Phanh đai:** thường được dùng trong các loại tời và cơ cấu máy trục có bộ phận truyền động chung cho từng nhóm cơ cấu.

**Phanh đĩa:** được sử dụng rộng rãi trong các palăng điện.

**Phanh thường đóng:** là loại phanh có bộ phận ma sát ở trạng thái luôn hở, không tiếp xúc với nhau khi cơ cấu không làm việc. Khi cần phanh thì phải dùng ngoại lực để đóng phanh sẽ sinh ra lực ma sát ở bộ phận phanh.

**Phanh thường mở:** là loại phanh có bộ phận sát ở trạng thái luôn tiếp xúc với nhau khi cơ cấu không làm việc. Khi không cần phanh thì phải dùng ngoại lực để mở phanh ra, tức là làm cho lực ma sát ở bộ phận phanh mất đi.

Phanh thường đóng: an toàn hơn phanh thường mở

Phanh thường mở: có ưu điểm là quá trình phanh êm hơn. Loại cơ cấu này thường dùng trong cơ cấu di chuyển và cơ cấu quay của cần trục, cũng như trong cơ cấu nâng của cần trục làm việc với gầu xúc hai dây.

Phanh thường đóng chủ yếu sử dụng trong cơ cấu nâng của máy trục để đảm bảo an toàn cho cả khi có sự cố hư hỏng đột xuất xảy ra trong liên kết động học của cơ cấu máy này.

Trong những cơ cấu nâng đặt biệt quan trọng người ta thường dùng hai phanh: một phanh nhỏ đặt trên trục dẫn, một phanh lớn đặt trên trục tang.

Hai phanh này phối hợp làm việc với nhau bằng điện, phanh nhỏ thường đóng làm việc trước, còn phanh lớn chỉ đóng sau khi máy đã dừng để giữ vật nâng hoặc trong giai đoạn cuối của quá trình phanh.

### 1.5.2 Tính toán, chọn phanh và kiểm tra sự làm việc của phanh

#### a. Tính toán và chọn phanh

Khi máy di chuyển, tương ứng với tỷ lệ số bánh dẫn so với tổng số bánh xe là 50% và hệ số bám  $\varphi = 0,12$ . Ta chọn  $J_{ph0} = 0,45 \text{ m/s}^2$

Thời gian phanh khi di chuyển sẽ là:

$$t_{ph0} = v_{x60} / J_{ph0} = 3060 / 0,45 = 1,1 \text{ s}$$

Với phanh đặt ở trục của động cơ ta có:

$$\begin{aligned} M_{ph} &= -W t_0 \cdot D_{bx} \cdot i_x \cdot \eta_{dc} + G_0 \cdot D_{bx} \cdot n_l \cdot \eta_{dc} \cdot i_x^2 \cdot t_{ph0} + \beta (G_i \cdot D_i^2) \cdot l \cdot n_l \cdot i_x^2 \cdot t_{ph0} \\ &= -9278 \cdot 0,632 \cdot 95,25 \cdot 0,85 + 500000 \cdot 0,632 \cdot 1445 \cdot 0,85 \cdot 375 \cdot 95,25 \cdot 2 \cdot 1,1 + 1,2 \cdot 0,24 \cdot 144 \\ & \quad 5375 \cdot 1,1 \\ &= 30 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Căn cứ vào mômen phanh đã tính toán ở trên ta chọn loại động cơ liên hợp giảm tốc có phanh bên trong động cơ là phù hợp.

#### b. Kiểm tra sự làm việc của phanh

Hệ số an toàn bám tính theo công thức ta có:

$$\begin{aligned} k_b &= G_d \cdot \varphi / W t_0 - G_d \cdot f \cdot d_{D_{bx}} + G_0 \cdot j_0 m_g \geq 1,2 \\ &= 500000 \cdot 0,29278 - 500000 \cdot 0,015150630 + 5000000 \cdot 0,329,81 \end{aligned}$$



$$=4,2 \geq 1,2$$

Trong đó :

$G_d$  : tổng áp lực lên các bánh dẫn khi không có vật liệu.

$\varphi$  : hệ số bám của bánh xe vào ray, đối với máy trục làm việc trong nhà  $\varphi = 0,2$ .

$W_t^0$  : tổng lực cản tĩnh chuyển động của công trục khi không có vật liệu

$G_0$  : khối lượng toàn bộ máy cào.

$f$  : hệ số ma sát trong ổ trục,  $f = 0,015$ .

$d$  : đường kính ngỗng trục.

$D_{bx}$  : đường kính bánh xe.

$g$  : gia tốc trọng trường.

$j_0m$  : gia tốc xuất hiện khi mở máy.

Như vậy ta luôn có  $kb \geq 1,2$ . Phanh đã chọn phù hợp và thỏa mãn điều kiện bám.

Thời gian phanh :

$$t_{ph} = \beta G_i \cdot D_i^2 \ln I_{375Mph} + M_t^* + G_0 \cdot D_{bx}^2 \cdot n \cdot \eta_{dc} \cdot 375Mph + M_t^* \cdot ix^2$$

$$= 1,2 \cdot 0,24 \cdot 1445 \cdot 375 \cdot 30 + 10 + 500000 \cdot 0,632 \cdot 1445 \cdot 0,85 \cdot 375 \cdot 30 + 10 \cdot 95,252$$

$$= 1,8 \text{ s}$$

Trong đó :

$$M_t^* = W_1 \cdot D_{bx}^2 \cdot ix \cdot \eta_{dc} = 2580 \cdot 0,632 \cdot 95,25 \cdot 0,85 = 10 \text{ Nm}$$

Gia tốc hãm sẽ là :

$$j_{ph} = v_x \cdot 60 \cdot t_{ph} = 3060 \cdot 1,8 = 0,3 \text{ m/s}^2$$

Nằm trong khoảng thường dung ( $0,3 \div 0,6 \text{ m/s}^2$ ) đối với các máy trục thông thường.

Vậy phanh đã chọn là hợp lý.

Trong trường hợp cần chế tạo lấy, ta có thể dung các kích thước và số liệu cơ bản như phanh TKT 300/200, và tiến hành một số tính toán như sau :

Lực đóng phanh cần có tính theo công thức:

$$P = \frac{M_{ph}}{D \cdot f \cdot \eta} \cdot \frac{l_1}{l} = \frac{102,75}{0,3 \cdot 0,35 \cdot 0,9} \cdot \frac{240}{605} = 431 \text{ N}$$

Trong đó :

$D = 300 \text{ mm}$  - đường kính bánh phanh.

$f = 0,35$  - hệ số ma sát giữa vật liệu làm bánh phanh ( thép đúc 45II ) và vật liệu lót phanh ( vải amiăng loại Б theo ГОСТ ) 1198 – 55 ), lấy theo bảng 2-8[1].

$\eta = 0,9$  - hiệu suất hệ thống các khớp bản lề.

$l_1, l$  – các kích thước của phanh.

Dựa theo phanh TKT 300/200 ta chọn nam châm điện M0 200 B có các đặt tính sau đây ( $CD = 25\%$ ) :

- Mômen nam châm hút :  $M_n = 40 Nm$ .
- Tay đòn đặt lực :  $a = 40 Nm$
- Mômen trọng lượng ngàm nam châm :  $M_{ng} = 3,6 Nm$ .

Nam châm có thể phát lực đẩy :

$$P_n = M_n a = 400,04 = 1000 N$$

Khi mở phanh, lò xo chính bị ép thêm một khoảng  $h_1 = 12 \cdot h = 2,1 mm$ , do đó lực sẽ tăng thêm 10% so với ban đầu, nghĩa là cần có lực đẩy  $\approx 1,1 p = 471,1 N$ .

Lực lò xo khi đóng phanh :

$$P_0 = P + P_0 + M_{ng} a = 431 + 40 + 360040 = 561 N.$$

Lực lò xo chính lớn nhất có thể giả thiết lớn hơn 10% tức là lực

$$P_{cmax} = 1,1 \cdot P_c = 617,1 N. \text{ Đó là số liệu để tính lò xo.}$$

Áp lực má phanh lên bánh phanh :

$$N = M_{ph} D \cdot f = 102,750,3 \cdot 0,35 = 979 N$$

Áp suất trung bình :

$$P = N \pi \cdot D \cdot B \cdot B_0 3600 = 9799,81 \cdot 300 \cdot 120 \cdot 7003600 = 0,014 N/mm^2$$

Áp suất theo bảng 2-11[1] là  $[P] = 0,2 N/mm^2$

Lực K tại đầu các tay đòn xác định theo công thức :

$$K = N \cdot a a + b$$

Trong đó :

$$N = P / 2f$$

$$P = 2 \cdot M_{ph} D$$

Lực K này tạo ra bởi lò xo số 1, ngoài ra lò xo còn chịu tác dụng của một lực nhỏ ở lò xo phụ 4, nên lực tính toán chung của lò xo chính được lấy bằng :

$$K_{lx} = 1,1 \div 1,15 K$$

Lò xo tính theo xoắn như sau :

$$\tau_x = 8 \cdot k \cdot K_{lx} \cdot D \pi \cdot d^3 \leq \tau_x, [Nmm^2]$$

Trong đó :

- D - Đường kính trung bình của lò xo.
- d - Đường kính sợi lò xo.
- K - Hệ số phụ thuộc vào tỷ số  $Dd$ .

Với thép làm lò xo là 65Γ thì :  $\tau_x=450N/mm^2$ .

Mômen tính toán của nam châm điện cần có được xác định theo công thức :

$$M_{nc}=klx.e$$

Trong đó :

e – cánh tay đòn của lực K

Hành trình h của của thanh 2 được xác định trên cơ sở so sánh tỷ lệ với hành trình của má phanh  $\varepsilon$  gắn trên tay đòn trái và phải.

$$h=1,1.2.\varepsilon.(a+b)a=2,2.\varepsilon.(a+b)a.$$

Trong đó :

$\varepsilon$  - hành trình của má phanh hay khoảng cách má phanh rời khỏi phanh.

1,1 - hệ số tính đến hành trình chết của các bản lề và biến dạng của các tay đòn.

## 1.6 Xác định bộ truyền động

### 1.6.1 Khái niệm và phân loại

#### a. Khái niệm

Trong các hệ dẫn động cơ khí thường sử dụng các bộ truyền bánh răng hoặc trục vít dưới dạng một tổ hợp biệt lập, được gọi là hộp giảm tốc.

Hộp giảm tốc là cơ cấu truyền động bằng ăn khớp trục tiếp, có tỉ số truyền không đổi và được dùng để giảm vận tốc góc và tăng mômen xoắn. Một loại cơ cấu tương tự nhưng được dùng để tăng vận tốc góc và giảm mômen xoắn được gọi là hộp tăng tốc.

#### b. Phân loại

Tùy theo tỉ số truyền chung của hộp giảm tốc, người ta phân ra : hộp giảm tốc một cấp và hộp giảm tốc nhiều cấp. Khi cần tỉ số truyền nhỏ ( $i < 8 \div 10$ ) thường dùng hộp giảm tốc một cấp để giảm kích thước bao. Tuy nhiên hộp giảm tốc hai cấp và hộp giảm tốc trục vít bánh vít được sử dụng rộng rãi hơn khi  $i > 10$ . Khi cần tỉ số truyền lớn cần hộp giảm tốc ba cấp, hộp giảm tốc trục vít bánh vít.

Tùy theo loại truyền động trong hộp giảm tốc phân ra: hộp giảm tốc bánh răng trụ, hộp giảm tốc bánh răng côn hoặc côn - trụ, hộp giảm tốc trục vít, trục vít - bánh răng hoặc trục vít bánh - vít, hộp giảm tốc bánh răng hành tinh, hộp giảm tốc bánh răng sóng và động cơ - hộp giảm tốc.

Chọn loại và sơ đồ nào của hộp giảm tốc để sử dụng trước hết phải xuất phát từ điều kiện làm việc và yêu cầu cụ thể của từng cơ cấu máy, sự thuận tiện trong việc bố trí thiết bị của hệ thống dẫn động, đồng thời cần căn cứ vào đặc điểm kết cấu cũng như ưu nhược điểm từng loại, đặc biệt là các thông số cơ bản của hộp giảm tốc như tỉ số truyền  $i$ , mômen xoắn  $M_x$  và công suất  $N$ .

### 1.6.2 Tính toán và xác định bộ truyền động

Để đảm bảo cho máy di chuyển đúng với tốc độ đặt ra ban đầu, ngoài hộp giảm tốc gắn liền động cơ đã chọn ở trên, ta phải thiết kế thêm bộ truyền bánh răng ngoài.

Tỷ số truyền của bộ truyền bánh răng ngoài :

$$i_{br} = n_2/n_1 = 52,8/15,17 = 3,5$$

Tính toán bộ truyền bánh răng ngoài :

Yêu cầu của bộ truyền bánh răng

- $T_1 = 958568 \text{ Nmm}$
- $n_1 = 52,8 \text{ vong/phut}$
- $u_1 = 3,5$
- $P_1 = 5,5 \text{ KW}$
- Tuổi thọ  $L = 5$  năm, quay 2 chiều, làm việc 1 ca, mỗi ca 8 giờ, năm làm việc 300 ngày, ngày làm 8 giờ.
- Tải trọng va đập nhẹ.

a) Chọn vật liệu làm bánh răng

Do đặc thù của bộ truyền hở là làm việc trong môi trường tiếp xúc với nhiều tác nhân gây ăn mòn, bụi bẩn như: nước, axit (trong nước mưa), kiềm, cát bụi... trong khi điều kiện bôi trơn kém do không được bôi trơn trong dầu nhớt.

Do đó, để đảm bảo điều kiện làm việc cũng như tuổi thọ của bộ truyền đáp ứng yêu cầu làm việc thì cần chọn loại thép có khả năng chống ăn mòn tốt. Tốt nhất nên chọn loại thép hợp kim có chứa Crôm thì sẽ thoả mãn yêu cầu chống ăn mòn.

Chọn vật liệu làm bánh răng là thép mác 45X tôi cải thiện có độ rắn HB = 230–280, giới hạn bền 850MPa, giới hạn chảy 550MPa.

Việc sử dụng các loại thép có Crôm đảm bảo cho bánh răng một tuổi thọ cao, khả năng chống ăn mòn tốt, giảm công bảo dưỡng trong khi vận hành, tăng tuổi thọ cho bộ truyền.

b) Xác định ứng suất tiếp xúc và ứng suất uốn cho phép.

Chọn độ rắn trung bình cho bánh răng dẫn và bánh bị dẫn lần lượt là HBI=270,

HBII=250

Số chu kỳ làm việc cơ sở :

$$NHOI=30HBI^{2,4}=30.270^{2,4}=2,1.10^7$$

$$NHBI=30HBII^{2,4}=30.250^{2,4}=1,7.10^7$$

$$NFOI=NFOII=5.10^6$$

Số chu kỳ làm việc tương đương :

$$NHEI=60.cn.Lh=60.1.52,8.300.24.8=182476800=0,18.10^9$$

$$NHEII=NHEIu^{12}=0,18.1093,5=0,5.10^8$$

$$NFEI=60.cn.Lh=60.1.52,8.300.24.8=182476800=0,18.10^9$$

$$NFEII=NFEIu^{12}=0,5.1093,5=0,14.10^9$$

Vì NHEI>NHOI, NHEII>NHOII, NFEI>NFOI, NFEII>NFOII

$$\Rightarrow KHLI=KHLII=KFLI=KFLII=1$$

Giới hạn mỏi tiếp xúc và uốn của các bánh răng

$$\sigma_{OH\ lim I}=2HBI+70=2.270+70=610\ MPa$$

$$\sigma_{OH\ lim II}=2HBII+70=2.250+70=570\ MPa$$

$$\sigma_{OF\ lim I}=1,75HBI=1,75.270=473\ MPa$$

$$\sigma_{OF\ lim II}=1,75.HBII=1,75.250=438\ MPa$$

Ứng suất tiếp xúc cho phép :

$$\sigma_H=\sigma_{OH\ lim} .ZR.ZV.KL.KXSH=0,9.\sigma_{OH\ lim}SHKHL$$

Tôi cải thiện SH=1

$$\sigma_{H1}=0,9.610=549\ MPa$$

$$\sigma_{H2}=0,9.570=513\ MPa$$

Ứng suất cho phép tính toán :

$$\sigma_H=\sigma_{H2}=513\ MPa$$

Ứng suất uốn cho phép :

$$\sigma_F = \sigma_{Flim} \cdot Y_R \cdot Y_S \cdot K_{FC} \cdot K_{XF} \cdot K_{FLSF} = \sigma_{Flim} S_{FKFL}$$

Chọn  $S_F = 2$

$$\sigma_{F1} = 47321 = 237 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F2} = 43821 = 219 \text{ MPa}$$

Ứng suất cho phép tính toán :

$$\sigma_F = \sigma_{F2} = 219 \text{ MPa}$$

b) Xác định số răng, môđun của bánh răng

Do bánh răng lớn được lắp đồng trục với bánh xe, nên đường kính của bánh răng lớn phải có đường kính sao cho việc lắp ghép với bánh xe là hợp lí nhất.

Chọn đường kính vòng chia của bánh răng lớn là 600mm, môđun của bánh răng là 10.

Số răng của bánh răng lớn là :

Chọn số răng của bánh răng nhỏ là  $Z_1 = 18$

$$\text{Khi đó : } Z_2 = u \cdot Z_1 = 3,5 \cdot 18 = 63$$

Chọn môđun bánh răng  $m = 10$

Hệ số dạng răng :  $Y_{F1} = 4$ ,  $Y_{F2} = 3,59$  bảng 6.18 tc-lu

Tỷ số :

$$[\sigma_{F1}] Y_{F1} = 2374 = 59,25$$

$$[\sigma_{F2}] Y_{F2} = 2193,59 = 61$$

→ Tính bánh răng theo bánh răng dẫn.

Chọn hệ số chiều rộng vành răng  $\Psi_{bd} = 0,4$  bảng 6.16 hl

Hệ số ảnh hưởng của sự phân bố tải trọng không đều theo chiều rộng vành răng

$$K_{F\beta} = 1,28 \text{ bảng 6.4 hl}$$

Môđun bánh răng dẫn : 6.79b hl

Số răng của bánh răng lớn là :

$$Z_2 = d_2 / m = 600 / 10 = 60 \text{ răng}$$

Chọn số răng  $Z_2 = 60$  răng

Đường kính vòng đỉnh của bánh răng lớn :

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 600 + 2 \cdot 10 = 620 \text{ mm}$$

Chiều cao răng :

$$h = 2,25m = 2,25 \cdot 10 = 22,5 \text{ mm}$$

Bề rộng răng :

$$b_2 = b_1 + 10 = 100 + 10 = 110 \text{ mm}$$

Số răng của bánh răng nhỏ là :

$$Z_1 = Z_2 u_{12} = 603,5 = 17,14$$

Chọn số răng  $Z_1 = 18$  răng

Đường kính vòng chia của bánh răng nhỏ :

$$d_1 = m \cdot Z_1 = 10 \cdot 18 = 180 \text{ răng}$$

Đường kính vòng đỉnh bánh răng nhỏ :

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 180 + 2 \cdot 10 = 200 \text{ mm}$$

Chiều cao răng  $h = 2,25 \text{ m} = 2,25 \cdot 10 = 22,5 \text{ mm}$

Bề rộng răng :

$$b_1 = \Psi_{ba} \cdot a = 0,25 \cdot 390 = 97,5 \text{ mm. Chọn } b_1 = 100 \text{ mm}$$

$\Psi_{ba} = 0,25$ , bảng 6.15 hl

Khoảng cách trục giữa hai bánh răng :

$$A = m(Z_1 + Z_2) = 10(18 + 60) = 390 \text{ mm}$$

Tính toán kiểm nghiệm ứng suất cho phép

Ứng suất uốn :

$$\sigma_F = Y_F F_t K_F b w_1 m \leq [\sigma_F]$$

Vận tốc vòng :

$$V_1 = \pi d_1 n / 60 = \pi \cdot 180 \cdot 52,86 / 60 = 0,5 \text{ m/s}$$

$$F_{t1} = F_{t2} = 2 \cdot T_1 m \cdot Z_1 = 2 \cdot 958568 \cdot 10 \cdot 18 = 10650 \text{ N}$$

$$K_F = K_F \beta \cdot K_{FV} = 1,04 \cdot 1,02 = 1,06$$

$K_F \beta$ , bảng 6.4 hl

$K_{FV}$ , bảng 6.6 hl

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} F_{t1} K_{F1} b w_1 m = 4 \cdot 10650 \cdot 1,06 \cdot 100 \cdot 10 = 45 \text{ Mpa} < [\sigma_{F1}]$$

$$\sigma_{F2} = Y_{F2} F_{t2} K_{F2} b w_2 m = 3,59 \cdot 10650 \cdot 1,06 \cdot 110 \cdot 10 = 36,8 \text{ Mpa} < [\sigma_{F2}]$$

Các bánh răng thỏa mãn điều kiện bền uốn

Ứng suất tiếp xúc : 6.63 hl

$$\sigma_H = Z_M Z_H Z_{\epsilon} d_w^{1/2} \cdot T_1 \cdot K_H \cdot (u+1) b w \cdot u \leq [\sigma_H]$$

ZM : Hệ số xét đến hình dạng của bề mặt tiếp xúc 6.64 hl

$$ZM=2\sin 2\alpha_w=2\sin 2.20=1,76$$

Zε : Hệ số xét đến ảnh hưởng của tổng chiều dài tiếp xúc

$$Z\varepsilon=4-\varepsilon\alpha^3=4-1,53=0,9$$

ZH=275MPa<sup>1/2</sup> : Hệ số xét đến cơ tính vật liệu (vật liệu thép)

KH=1 : Hệ số tải trọng tính, bảng 6.14 hl

$$\sigma_H=1,76.275.0,91802.10650.1.(3,5+1)100.3,5=40 \text{ MPa} \leq [\sigma_H]$$

Cặp bánh răng thỏa mãn điều kiện bền tiếp xúc



## CHƯƠNG 2

# GIỚI THIỆU TỔNG QUÁT VỀ PLC VÀ NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH CỦA PLC S7-200 CỦA SIEMENS

### 2.1. Tổng quan về PLC

#### 2.1.1. Giới thiệu về PLC

PLC viết tắt của *Programmable Logic Controller*, là thiết bị điều khiển lập trình được (khả trình) cho phép thực hiện linh hoạt các thuật toán điều khiển logic thông qua một ngôn ngữ lập trình. Người sử dụng có thể lập trình để thực hiện một loạt trình tự các sự kiện. Các sự kiện này được kích hoạt bởi tác nhân kích thích (ngõ vào) tác động vào PLC hoặc qua các hoạt động có trễ như: Thời gian định kì hay các sự kiện được đếm. Một khi sự kiện được kích hoạt thật sự, nó bật ON hay OFF thiết bị điều khiển bên ngoài được gọi là thiết bị vật lý. Một bộ điều khiển lập trình sẽ liên tục “lập” trong chương trình do “người sử dụng lập ra” chờ tín hiệu ở ngõ vào và xuất tín hiệu ở ngõ ra tại các thời điểm đã lập trình.

Để khắc phục những nhược điểm của bộ điều khiển dùng dây nối (bộ điều khiển bằng Relay) người ta đã chế tạo ra bộ PLC nhằm thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Lập trình dễ dàng, ngôn ngữ lập trình dễ hiểu.
- Gọn nhẹ, dễ dàng bảo quản, sửa chữa.
- Dung lượng bộ nhớ lớn để có thể chứa được những chương trình phức tạp.
- Hoàn toàn tin cậy trong môi trường công nghiệp.
- Giao tiếp được với các thiết bị thông minh khác như: máy tính, nối mạng, các modul mở rộng.
- Giá cả có thể cạnh tranh được trên thị trường.

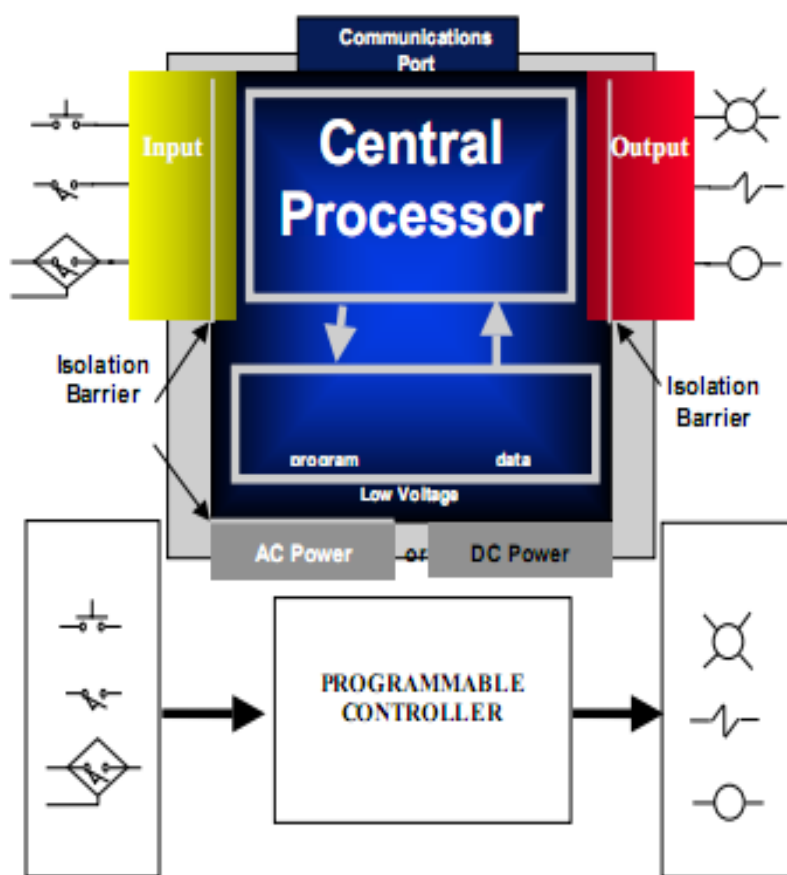
Các thiết kế đầu tiên là nhằm thay thế cho các phần cứng Role dây nối và các logic thời gian. Tuy nhiên, bên cạnh đó việc đòi hỏi tăng cường dung lượng nhớ và tính dễ dàng cho PLC mà vẫn bảo đảm tốc độ xử lý cũng như giá cả... Chính điều này đã gây ra sự quan tâm sâu sắc đến việc sử dụng PLC trong công nghiệp. Các tập lệnh

nhANH chóng đi từ các lệnh logic đơn giản đến các lệnh đếm, định thời, thanh ghi dịch..., sau đó là các chức năng làm toán trên các máy lớn... Sự phát triển các máy tính dẫn đến các bộ PLC có dung lượng lớn, số lượng I/O nhiều hơn.

Trong PLC, phần cứng CPU là đơn vị cơ bản cho quá trình điều khiển hoặc xử lý hệ thống theo một chương trình được nạp sẵn vào bộ nhớ của PLC. Như vậy nếu muốn thay đổi hay mở rộng mỗi quy trình công nghệ, ta chỉ cần thay đổi chương trình bên trong bộ nhớ của PLC. Việc thay đổi hay mở rộng chức năng sẽ được thực hiện một cách dễ dàng mà không cần một sự can thiệp vật lý nào so với các bộ dây nối hay hệ thống Relay.

## 2.1.2. Cấu trúc, nguyên lý hoạt động của PLC

### 2.1.2.1. Cấu trúc của PLC :

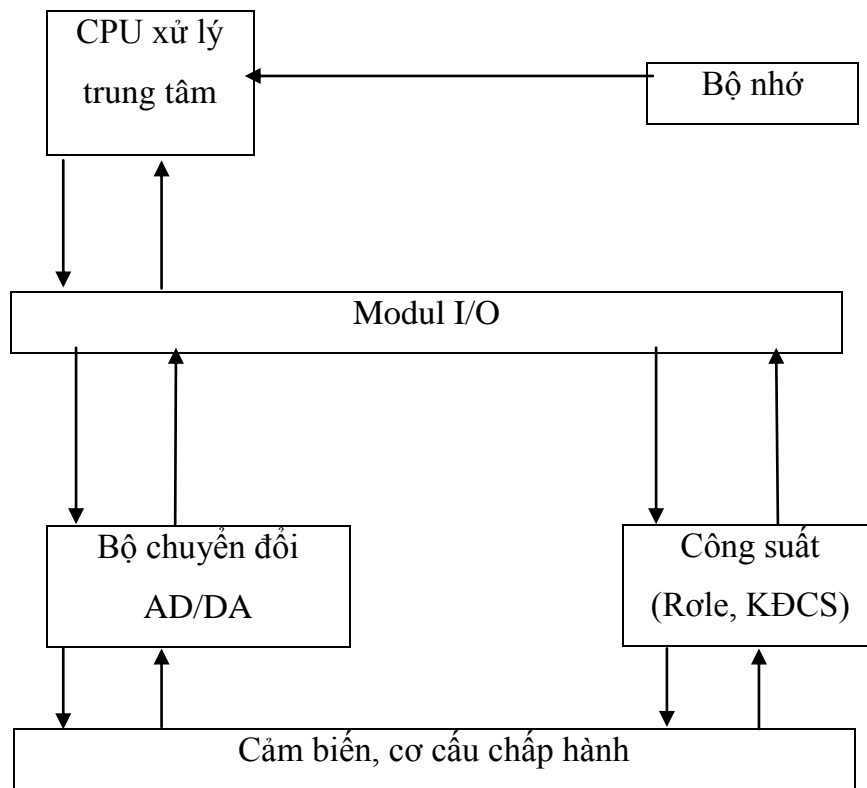


Hình 2.1 Cấu trúc của một PLC

Tất cả các PLC đều có thành phần chính là:

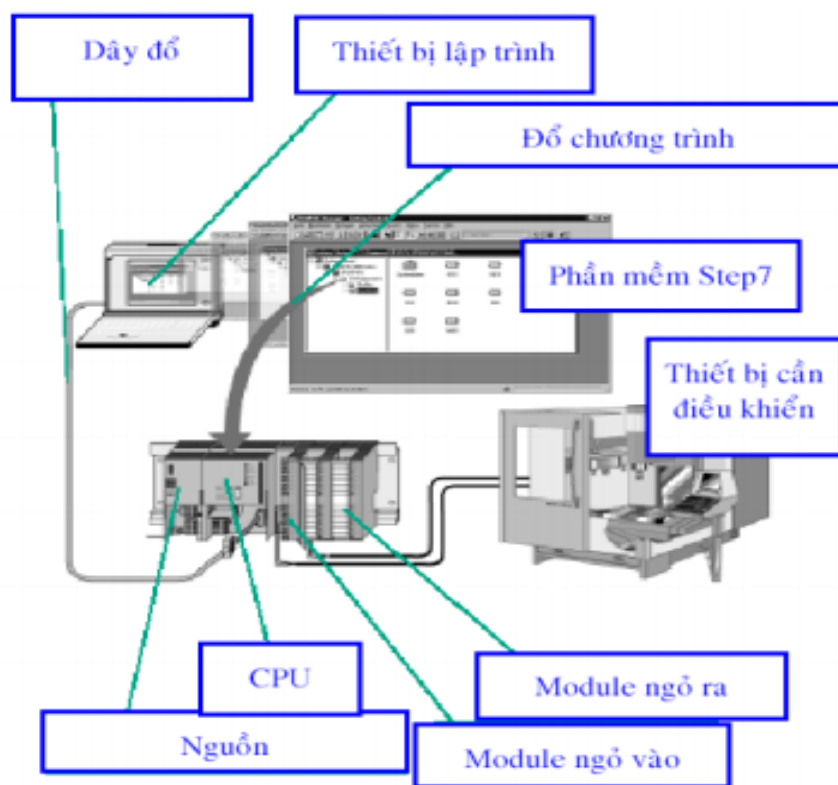
+ Một bộ nhớ chương trình RAM bên trong (có thể mở rộng thêm một số bộ nhớ ngoài EPROM).

- + Một bộ vi xử lý có công giao tiếp dùng cho việc ghép nối.
- + Các Modul vào / ra.



*Hình 2.2 Cấu trúc của một PLC*

Một bộ PLC hoàn chỉnh còn đi kèm thêm một đơn vị lập trình bằng tay hay bằng máy tính. Hầu hết các đơn vị lập trình đơn giản đều có đủ RAM để chứa đựng chương trình dưới dạng hoàn thiện hay bổ sung. Nếu đơn vị lập trình là đơn vị xách tay, RAM thường là loại CMOS có pin dự phòng, chỉ khi nào chương trình đã được kiểm tra và sẵn sàng sử dụng thì nó mới truyền sang bộ nhớ PLC. Đối với các PLC lớn thường lập trình trên máy tính nhằm hỗ trợ cho việc viết, đọc và kiểm tra chương trình. Các đơn vị lập trình nối với PLC qua cổng RS232, RS422, RS485...



Hình 2.3 Hệ thống điều khiển dùng PLC

### 2.1.2.2. Nguyên lý hoạt động của PLC

- Đơn vị xử lý trung tâm CPU

CPU điều khiển các hoạt động bên trong PLC. Bộ xử lý sẽ đọc và kiểm tra chương trình được chứa trong bộ nhớ, sau đó sẽ thực hiện thứ tự từng lệnh trong chương trình, sẽ đóng hay ngắt các đầu ra. Các trạng thái ngõ ra ấy được phát tới các thiết bị liên kết để thực thi, và toàn bộ các hoạt động thực thi đó đều phụ thuộc vào chương trình điều khiển được lưu giữ trong bộ nhớ.

Hệ thống bus: Hệ thống Bus là tuyến dùng để truyền tín hiệu, hệ thống gồm nhiều đường tín hiệu song song:

- + Address Bus: Bus địa chỉ dùng để truyền địa chỉ đến các Modul khác nhau.
- + Data Bus: Bus dùng để truyền dữ liệu.
- + Control Bus: Bus điều khiển dùng để truyền các tín hiệu định thì và điều khiển đồng bộ các hoạt động trong PLC.

Trong PLC các số liệu được trao đổi giữa bộ vi xử lý và các modul vào ra thông qua Data Bus, Address Bus và Data Bus gồm 8 đường, ở cùng thời điểm cho phép truyền 8 bit của 1 byte một cách đồng thời hay song song.

Nếu một modul đầu vào nhận được địa chỉ của nó trên Address Bus, nó sẽ chuyển tất cả trạng thái đầu vào của nó vào Data Bus. Nếu một địa chỉ byte của 8 đầu ra xuất hiện trên Address Bus, modul đầu ra tương ứng sẽ nhận được dữ liệu từ Data bus. Control Bus sẽ chuyển các tín hiệu điều khiển vào theo dõi chu trình hoạt động của PLC.

Các địa chỉ và số liệu được chuyển lên các Bus tương ứng trong một thời gian hạn chế.

Hệ thống Bus sẽ làm nhiệm vụ trao đổi thông tin giữa CPU, bộ nhớ và I/O Bên cạnh đó, CPU được cung cấp một xung Clock có tần số từ 1:8MHz. Xung này quyết định tốc độ hoạt động của PLC và cung cấp các yếu tố về định thời, đồng hồ của hệ thống.

- **Bộ nhớ**

PLC thường yêu cầu bộ nhớ trong các trường hợp:

- + Làm bộ định thời cho các kênh trạng thái I/O.
- + Làm bộ đệm trạng thái các chức năng trong PLC như định thời, đếm, ghi và các Relay.

Mỗi lệnh của chương trình có một vị trí riêng trong bộ nhớ, tất cả mọi vị trí trong bộ nhớ đều được đánh số, những số này chính là địa chỉ trong bộ nhớ.

Địa chỉ của từng ô nhớ sẽ được trỏ đến bởi một bộ đếm địa chỉ ở bên trong bộ vi xử lý. Bộ vi xử lý sẽ giá trị trong bộ đếm này lên một trước khi xử lý lệnh tiếp theo. Với một địa chỉ mới, nội dung của ô nhớ tương ứng sẽ xuất hiện ở đầu ra, quá trình này được gọi là quá trình đọc.

Bộ nhớ bên trong PLC được tạo bởi các vi mạch bán dẫn, mỗi vi mạch này có khả năng chứa 2000 ÷ 16000 dòng lệnh, tùy theo loại vi mạch. Trong PLC các bộ nhớ như RAM, EPROM đều được sử dụng.

RAM (*Random Access Memory*) có thể nạp chương trình, thay đổi hay xóa bỏ nội dung bất kỳ lúc nào. Nội dung của RAM sẽ bị mất nếu nguồn điện nuôi bị mất. Để tránh tình trạng này các PLC đều được trang bị một pin khô, có khả năng cung cấp năng lượng dự trữ cho RAM từ vài tháng đến vài năm. Trong thực tế RAM được dùng để khởi tạo và kiểm tra chương trình. Khuyhnh hướng hiện nay dùng CMOSRAM nhờ khả năng tiêu thụ thấp và tuổi thọ lớn.

EPROM (*Electrically Programmable Read Only Memory*) là bộ nhớ mà người sử dụng bình thường chỉ có thể đọc chứ không ghi nội dung vào được. Nội dung của EPROM không bị mất khi mất nguồn, nó được gắn sẵn trong máy, đã được nhà sản xuất nạp và chứa hệ điều hành sẵn. Nếu người sử dụng không muốn mở rộng bộ nhớ thì chỉ dùng thêm EPROM gắn bên trong PLC. Trên PG (*Programmer*) có sẵn chỗ ghi và xóa EPROM.

Môi trường ghi dữ liệu thứ ba là đĩa cứng hoặc đĩa mềm, được sử dụng trong máy lập trình. Đĩa cứng hoặc đĩa mềm có dung lượng lớn nên thường được dùng để lưu những chương trình lớn trong một thời gian dài.

- **Các ngõ vào ra I / O**

Các đường tín hiệu từ bộ cảm biến được nối vào các modul (các đầu vào của PLC), các cơ cấu chấp hành được nối với các modul ra (các đầu ra của PLC).

Hầu hết các PLC có điện áp hoạt động bên trong là 5V, tín hiệu xử lý là 12/24VDC hoặc 100/240VAC.

Mỗi đơn vị I / O có duy nhất một địa chỉ, các hiển thị trạng thái của các kênh I / O được cung cấp bởi các đèn LED trên PLC, điều này làm cho việc kiểm tra hoạt động nhập xuất trở nên dễ dàng và đơn giản.

Bộ xử lý đọc và xác định các trạng thái đầu vào (ON,OFF) để thực hiện việc đóng hay ngắt mạch ở đầu ra.

- **Thiết bị lập trình**

Có 2 loại thiết bị có thể lập trình được đó là

+ Các thiết bị chuyên dụng đối với từng nhóm PLC của hãng tương ứng.

+ Máy tính có cài đặt phần mềm là công cụ lý tưởng nhất.

- **Role**

Role là bộ nhớ 1 bit, có tác dụng như role phụ trợ vật lý như trong mạch điều khiển dùng role truyền thông gọi là các rơ le logic. Theo thuật ngữ máy tính thì role còn được gọi là cờ, kí hiệu là M. Có rất nhiều loại role chúng ta sẽ khảo sát kỹ hơn đối với loại các PLC của từng hãng.

- **Modul quản lý việc phối ghép**

Dùng để phối ghép bộ PLC với các thiết bị bên ngoài như máy tính, thiết bị lập trình, băng vận hành và mạng truyền thông công nghiệp.

- **Thanh ghi (Register)**

Thanh ghi là bộ nhớ 16 bit hay 32 bit để lưu trữ tạm thời khi PLC thực hiện quá trình tính toán.

+ Thanh ghi chốt (Latch register) duy trì nội dung cho đến khi nó được chồng lên bằng nội dung mới.

+ Thanh ghi chuyên dùng (Special register).

+ Thanh ghi tập tin hay thanh ghi bộ nhớ chương trình (Program memory registers).

+ Thanh ghi điều chỉnh giá trị được từ biến trở bên ngoài (External adjusting register).

+ Thanh ghi chỉ mục (Index register).

- **Bộ đếm (Counter):** kí hiệu là C.

+ Phân loại theo tín hiệu đầu vào:

- Bộ đếm lên.

- Bộ đếm xuống.

- Bộ đếm lên - xuống, bộ đếm này có cờ chuyên dụng chọn chiều đếm.

- Bộ đếm pha phụ thuộc vào sự lệch pha giữa hai tín hiệu xung kích.

- Bộ đếm tốc độ cao (high speed counter), xung kích có tần số cao khoảng vài kHz đến vài chục kHz.

+ Phân loại theo kích thước của thanh ghi và chức năng của bộ đếm:

- Bộ đếm 16 bit: thường là bộ đếm chuẩn, có giá trị đếm trong khoảng  $32768 \div 32767$ .

- Bộ đếm 32 bit: cũng có thể là bộ đếm chuẩn nhưng thường là bộ đếm tốc độ cao.

- Bộ đếm chốt: duy trì nội dung đếm ngay cả khi PLC bị mất điện.

- **Bộ định thời (timer)**

Bộ định thời kí hiệu là T, được dùng để định các sự kiện có quan tâm đến vấn đề thời gian, bộ định thì trên PLC được gọi là bộ định thì logic. Việc tổ chức định thì thực chất là một bộ đếm xung với chu kỳ có thể thay đổi được. Chu kỳ của xung tính bằng đơn vị *ms* gọi là độ phân giải. Tham số của bộ định thì là khoảng thời gian định thì, tham số này có thể là biến hoặc là hằng nhập vào là số nguyên.

## 2.1.3. Các hoạt động xử lý bên trong PLC

### 2.1.3.1. Xử lý chương trình

PLC có bộ đếm địa chỉ ở bên trong vi xử lý, vì vậy chương trình ở bên trong bộ nhớ sẽ được bộ vi xử lý thực hiện một cách tuần tự từng lệnh một, từ đầu cho đến cuối chương trình. Mỗi lần thực hiện chương trình từ đầu đến cuối được gọi là một chu kỳ thực hiện. Thời gian thực hiện một chu kỳ tùy thuộc vào tốc độ xử lý của PLC và độ lớn của chương trình. Một chu kỳ thực hiện bao gồm ba giai đoạn nối tiếp nhau:

- Đầu tiên: Bộ xử lý đọc trạng thái của tất cả đầu vào. Phần chương trình phục vụ công việc này có sẵn trong PLC và được gọi là hệ điều hành.
- Tiếp theo: Bộ xử lý sẽ đọc và xử lý tuần tự lệnh một trong chương trình. Trong ghi đọc và xử lý các lệnh, bộ vi xử lý sẽ đọc tín hiệu các đầu vào thực hiện các phép toán logic và kết quả sau đó sẽ xác định trạng thái của các đầu ra.
- Cuối cùng, bộ vi xử lý sẽ gán các trạng thái mới cho các đầu ra tại các modul đầu ra.

### 2.1.3.2. Xử lý xuất nhập

Gồm có hai phương pháp khác nhau dùng cho việc xử lý I / O trong PLC:

- Cập nhật liên tục: Điều này đòi hỏi CPU quét các lệnh ngõ vào (mà chúng xuất hiện trong chương trình), khoảng thời gian Delay được xây dựng bên trong để chắc chắn rằng chỉ có những tín hiệu hợp lý mới được đọc vào trong bộ nhớ vi xử lý. Các lệnh ngõ ra được lấy trực tiếp tới các thiết bị. Theo hoạt động logic của chương trình, khi lệnh OUT được thực hiện thì các ngõ ra cài lại vào đơn vị I / O, vì thế nên chúng vẫn giữ được trạng thái cho tới khi lần cập nhật kế tiếp.
- Chụp ảnh quá trình xuất nhập: Hầu hết các PLC loại lớn có thể có vài trăm I / O, vì thế CPU chỉ có thể xử lý một lệnh ở một thời điểm. Trong suốt quá trình thực thi, trạng thái mỗi ngõ nhập phải được xét đến riêng lẻ nhằm dò tìm các tác động của nó trong chương trình. Do chúng ta yêu cầu relay 3ms cho mỗi ngõ vào, nên tổng thời gian cho hệ thống lấy mẫu liên tục trở nên rất dài và tăng theo số ngõ vào.

Để làm tăng tốc độ thực thi chương trình, các ngõ I / O được cập nhật tới một vùng đặc biệt trong chương trình. Ở đây, vùng RAM đặc biệt này được dùng như một bộ đệm lưu trạng thái các logic điều khiển và các đơn vị I / O. Mỗi ngõ vào ra đều có một



địa chỉ I / O RAM này. Suốt quá trình copy tất cả các trạng thái vào trong I / O RAM. Quá trình này xảy ra ở một chu kỳ chương trình (từ Start đến End).

Thời gian cập nhật tất cả các ngõ vào ra phụ thuộc vào tổng số I/O được copy tiêu biểu là vài ms. Thời gian thực thi chương trình phụ thuộc vào chiều dài chương trình điều khiển tương ứng mỗi lệnh mất khoảng từ 1÷10(s).

## **2.2. Giới thiệu một số nhóm PLC phổ biến hiện nay trên thế giới**

### **2.2.1. Siemens:** có ba nhóm

- CPU S7 200

CPU 21x: 210; 212; 214; 215-2DP; 216.

CPU 22x: 221; 222; 224; 224XP; 226; 226XM.

- CPU S7300

312IFM; 312C; 313; 313C; 313C-2DP+P; 313C-2DP; 314; 314IFM; 314C-2DP+P; 314C-2DP; 315; 315-2DP; 315E-2DP; 316-2DP; 318-2

- CPU S7400

### **2.2.2. Mitsubishi:** Họ FX

### **2.2.3. Omron:** Họ CMQ

### **2.2.4. Controtechnique**

Họ Compact TWD LCAA 10DRP; TWD LCAA 16DRP; TWD LCAA 24DRP...

### **2.2.5. ABB:** Ba nhóm

- AC 100M

- AC 400M

• AC 800M, đây là loại có 2 module CPU làm việc song song theo chế độ dự phòng nóng.

## **2.3. Tổng quan về họ PLC S7-200 của hãng Siemens**

Có hai series: 21x (loại cũ không còn sản xuất nữa) và 22x (loại mới). Về mặt tính năng thì loại mới có ưu điểm hơn nhiều. Bao gồm các loại CPU sau: 221, 222, 224, 224XP, 226, 226XM trong đó CPU 224XP có hỗ trợ analog 2I/1O onboard và 2 port truyền thông.

*Bảng 2.1 Các loại CPU S7-200*

<b>S7- 200 CPU</b>	<b>Order Number</b>
CPU 221 DC/DC/DC 6 Inputs/4 Outputs	6ES7 211 - 0AA23 - 0XB0
CPU 221 AC/DC/Relay 6 Inputs/4 Relays	6ES7 211 – 0BA23 - 0XB0
CPU 222 DC/DC/DC 8 Inputs/4 Outputs	6ES7 212 - 1AA23 - 0XB0
CPU 222 AC/DC/Relay 8 Inputs/4 Outputs	6ES7 212 – 1BB23 - 0XB0
CPU 224 DC/DC/DC 14 Inputs/10 Outputs	6ES7 214 - 1AD23 - 0XB0
CPU 224 AC/DC/Relay 14 Inputs/10 Relays	6ES7 214 – 1BD23 - 0XB0
CPU 224XP DC/DC/DC 14 Inputs/10 Outputs	6ES7 214 - 2AD23 - 0XB0
CPU 224XP AC/DC/Relay 14 Inputs/10 Relays	6ES7 214 – 2BD23 - 0XB0
CPU 226 DC/DC/DC 24 Inputs/16 Outputs	6ES7 216 – 2AD23 - 0XB0
CPU 221 AC/DC/Relay 24 Inputs/16 Outputs	6ES7 216 – 2BD23 - 0XB0

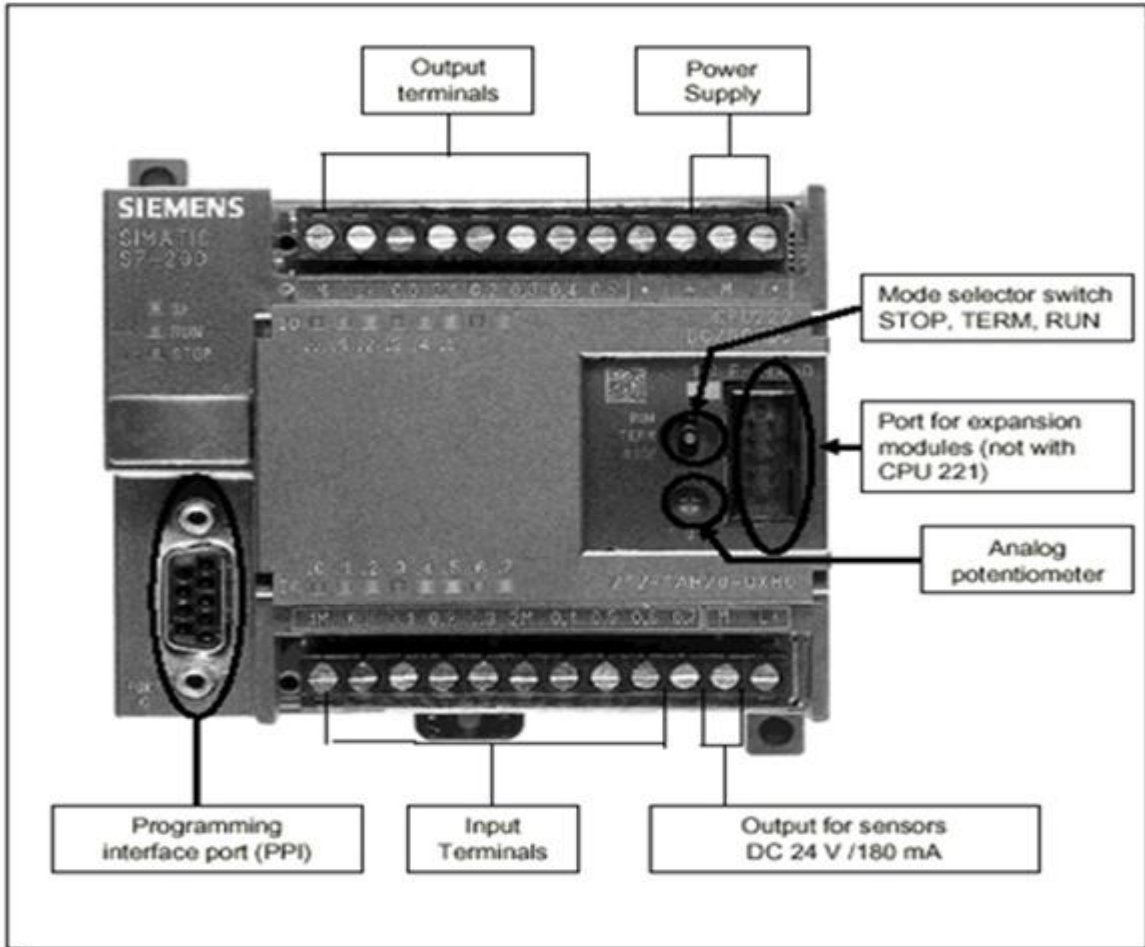
Bảng 2.2 So sánh đặc điểm và thông số kỹ thuật series 22x

Feature	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
Physical size (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120.5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Program memory: with run mode edit without run mode edit	4096 bytes 4096 bytes	4096 bytes 4096 bytes	8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Data memory	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memory backup	50 hours typical	50 hours typical	100 hours typical	100 hours typical	100 hours typical
Local on-board I/O Digital Analog	6 In/4 Out -	8 In/6 Out -	14 In/10 Out -	14 In/10 Out 2 In/1 Out	24 In/16 Out -
Expansion modules	0 modules	2 modules <sup>1</sup>	7 modules <sup>1</sup>	7 modules <sup>1</sup>	7 modules <sup>1</sup>
High-speed counters Single phase Two phase	4 at 30 kHz 2 at 20 kHz	4 at 30 kHz 2 at 20 kHz	6 at 30 kHz 4 at 20 kHz	4 at 30 kHz 2 at 200 kHz 3 at 20 kHz 1 at 100 kHz	6 at 30 kHz 4 at 20 kHz
Pulse outputs (DC)	2 at 20 kHz	2 at 20 kHz	2 at 20 kHz	2 at 100 kHz	2 at 20 kHz
Analog adjustments	1	1	2	2	2
Real-time clock	Cartridge	Cartridge	Built-in	Built-in	Built-in
Communications ports	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Floating-point math	Yes				
Digital I/O image size	256 (128 in, 128 out)				

### 2.3.1 Hình dáng bên ngoài.

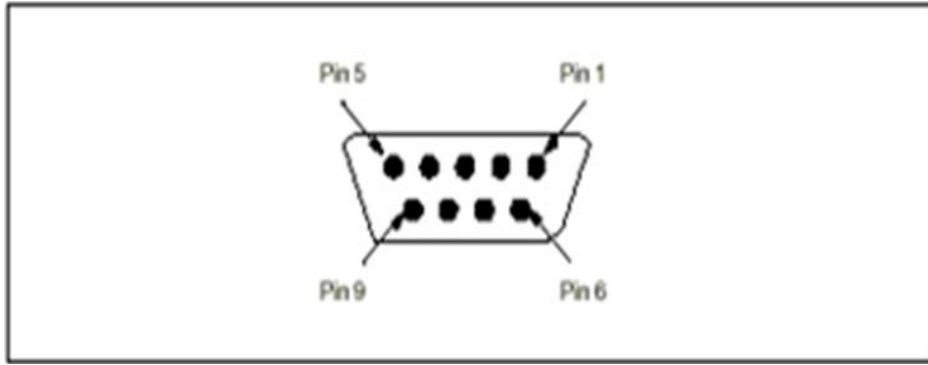
- Các đèn trạng thái:
  - Đèn RUN-màu xanh: Chỉ định PLC ở chế độ làm việc và thực hiện chương trình đã được nạp vào bộ nhớ chương trình.
  - Đèn STOP-màu vàng: Chỉ định PLC ở chế độ STOP, dừng chương trình đang thực hiện lại (các đầu ra đều ở chế độ off).
  - Đèn SF-màu đỏ, đèn báo hiệu hệ thống bị hỏng có nghĩa là lỗi phần cứng hoặc hệ điều hành. Ở đây cần phân biệt rõ lỗi hệ thống với lỗi chương trình người dùng, khi lỗi chương trình người dùng thì CPU không thể nhận biết được vì trước khi download

xuống CPU, phần mềm lập trình đã làm nhiệm vụ kiểm tra trước khi dịch sang mã máy.



*Hình 2.4 CPU S7-200 và các module*

- Đèn Ix.x-màu xanh: Chỉ định trạng thái On/Off của đầu vào số.
  - Đèn Qx.x-màu xanh: Chỉ định trạng thái On/Off của đầu ra số.
  - Port truyền thông nối tiếp: RS 485 protocol, 9 chân sử dụng cho việc phối ghép với PC, PG, TD200, TD200C, OP, mạng biến tần, mạng công nghiệp.
- Tốc độ truyền - nhận dữ liệu theo kiểu PPI ở tốc độ chuẩn là 9600 baud.  
Tốc độ truyền - nhận dữ liệu theo kiểu Freeport là 300 ÷ 38400 baud.



Hình 2.5 Cấu trúc của port RS 485

Bảng 2.3 Mô tả chức năng của các chân của port RS

1	Shield	Chassis ground
2	24 V Return	Logic comom
3	RS – 485 Signal B	RS – 485 Signal B
4	Request – to- Send	RST ( TTL)
5	5 V Return	Logic comom
6	+ 5V	+5V. 100Ω series resistor
7	+24V	+24V
8	RS – 485 Signal A	RS – 485 Signal A
9	Not applicable	10 – bit proocl select (Input)
Connector shell	Shield	Chassis ground

- Công tắc chọn chế độ:

+ Công tắc chọn chế độ RUN: Cho phép PLC thực hiện chương trình, khi chương trình gặp lỗi hoặc gặp lệnh STOP thì PLC sẽ tự động chuyển sang chế độ STOP mặc dù công tắc vẫn ở chế độ RUN (nên quan sát đèn trạng thái).

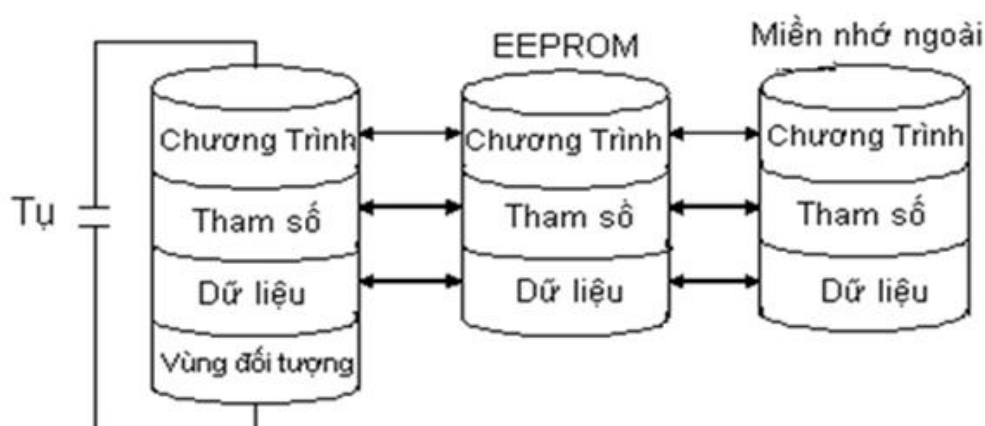
+ Công tắc chọn chế độ STOP: Khi chuyển sang chế độ STOP, dừng cưỡng bức chương trình đang chạy, các tín hiệu ra lúc này đều về off.

+ Công tắc chọn chế độ TERM: cho phép người vận hành chọn một trong hai chế độ RUN/STOP từ xa, ngoài ra ở chế độ này được dùng để download chương trình người dùng.

- Vít chỉnh định tương tự: Mỗi CPU có từ 1 đến 2 vít chỉnh định tương tự, có thể xoay được một góc 270°, dùng để thay đổi giá trị của biến sử dụng trong chương trình.
- Pin và nguồn nuôi bộ nhớ: Sử dụng tụ van năng và pin. Khi năng lượng của tụ bị cạn kiệt PLC sẽ tự động chuyển sang sử dụng năng lượng từ pin.

### 2.3.2. Cấu trúc bộ nhớ S7-200

Bộ nhớ được chia làm 4 vùng cơ bản, hầu hết các vùng nhớ đều có khả năng đọc/ghi chỉ trừ vùng nhớ đặc biệt SM (*Special Memory*) là vùng nhớ có số chỉ đọc, số còn lại có thể đọc/ghi được.



Hình 2.6 Bộ nhớ của PLC S7 -200

+ Vùng nhớ chương trình: Là miền bộ nhớ được dùng để lưu giữ các lệnh. chương trình. Vùng này thuộc kiểu non-volatile đọc/ghi được.

+ Vùng nhớ tham số: Là miền lưu giữ các tham số như từ khoá, địa chỉ trạm... cũng giống như vùng chương trình, vùng này thuộc kiểu (non-volatile) đọc/ghi được.

+ Vùng dữ liệu: Được sử dụng để cất các dữ liệu của chương trình bao gồm kết quả của các phép tính, hằng số được định nghĩa trong chương trình, bộ đệm truyền thông...

+ Vùng đối tượng: Timer, bộ đếm, bộ đếm tốc độ cao và các cổng vào/ra tương tự được đặt trong vùng nhớ cuối cùng. Vùng này không thuộc kiểu non-volatile nhưng đọc/ghi được.

Hai vùng nhớ cuối cùng có ý nghĩa quan trọng trong việc thực hiện một chương trình. Do vậy sẽ được trình bày chi tiết ở mục tiếp theo.

Vùng nhớ dữ liệu và đối tượng và cách truy cập:

Vùng nhớ dữ liệu là vùng nhớ động, nó có thể truy cập theo từng bit, byte, từ đơn (word), từ kép (double word) và cũng có thể truy nhập được với mảng dữ liệu. Được sử dụng làm miền lưu trữ dữ liệu cho các thuật toán, các hàm truyền thông, lập bảng, các hàm dịch chuyển, xoay vòng thanh ghi, con trỏ địa chỉ...

Vùng đối tượng được sử dụng để lưu giữ dữ liệu cho các đối tượng lập trình như các giá trị tức thời, giá trị đặt trước của Counter hay Timer. Dữ liệu kiểu đối tượng bao gồm các thanh ghi của counter, Timer, các bộ đếm tốc độ cao, bộ đệm vào/ra tương tự và các thanh ghi AC (Accumulator).

### 2.3.3. Mở rộng ngõ vào/ra

Có thể mở rộng ngõ vào/ra của PLC bằng cách ghép nối thêm vào nó các modul mở rộng về phía bên phải của CPU (CPU 214 nhiều nhất 7 modul), làm thành một móc xích, bao gồm các modul có cùng kiểu.

Các modul mở rộng số hay rời rạc đều chiếm chỗ trong bộ đệm, tương ứng với số đầu vào/ra của các modul.

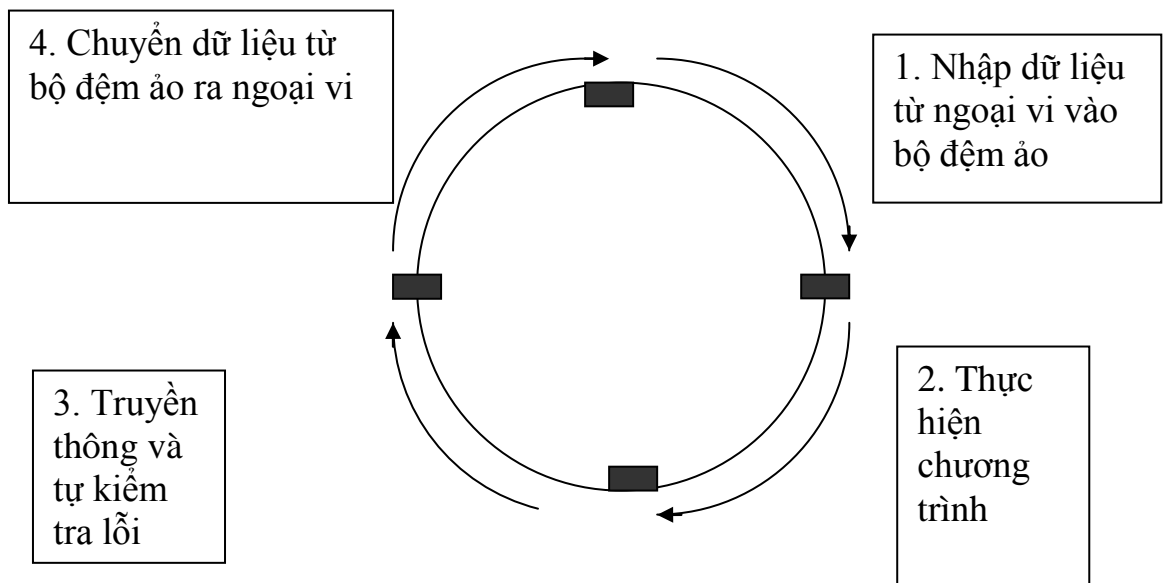
Sau đây là một ví dụ về cách đặt địa chỉ cho các modul mở rộng trên CPU 214:

*Bảng 2.4 Địa chỉ modul mở rộng*

		(4vào/4ra)	(8 vào)	(3vào analog /1ra analog)	(8 ra)	(3vào analog /1ra analog)
I0.1	Q0.0	I2.0	I3.0	AIW0	Q3.0	AIW8
I0.2	Q0.1	I2.1	I3.1	AIW2	Q3.1	AIW10
I0.3	Q0.2	I2.2	I3.2	AIW4	Q3.2	AIW12
I0.4	Q0.3	I2.3	I3.3	AQW0	Q3.3	AQW4
I0.5	Q0.4		I3.4		Q3.4	
I0.6	Q0.5		I3.5		Q3.5	
I0.7	Q0.6	Q2.0	I3.6		Q3.6	
I1.1	Q0.7	Q2.1	I3.7		Q3.7	
I1.2	Q1.0	Q2.2				
I1.3	Q1.1	Q2.3				
I1.4						
I1.5						

### 2.3.4. Thực hiện chương trình

PLC thực hiện chương trình theo chu trình lặp. Mỗi vòng lặp được gọi là một vòng quét (scan). Mỗi vòng quét được bắt đầu bằng gian đoạn đọc dữ liệu từ các cổng vào vùng đệm ảo, tiếp theo là gian đoạn thực hiện chương trình. Trong từng vòng quét, chương trình được thực hiện bằng lệnh đầu tiên và kết thúc bằng lệnh kết thúc (MEND). Sau giai đoạn thực hiện chương trình là giai đoạn truyền thông nội bộ và kiểm tra lỗi. Vòng quét được kết thúc bằng giai đoạn chuyển các nội dung của bộ đệm ảo tới các cổng ra.



Hình 2.7 Quá trình thực hiện chương trình của PLC



Main Program

:END

SBR0 Chương trình con thứ nhất

:RET

SBRn Chương trình con thứ n+1

:RET

INT 0 Chương trình xử lí ngắt thứ nhất

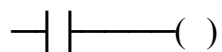
:RET

INTn Chương trình xử lí ngắt thứ n + 1

:RET

LAD

I0.0          Q1.0



STL

LD I0.0

=Q1.0

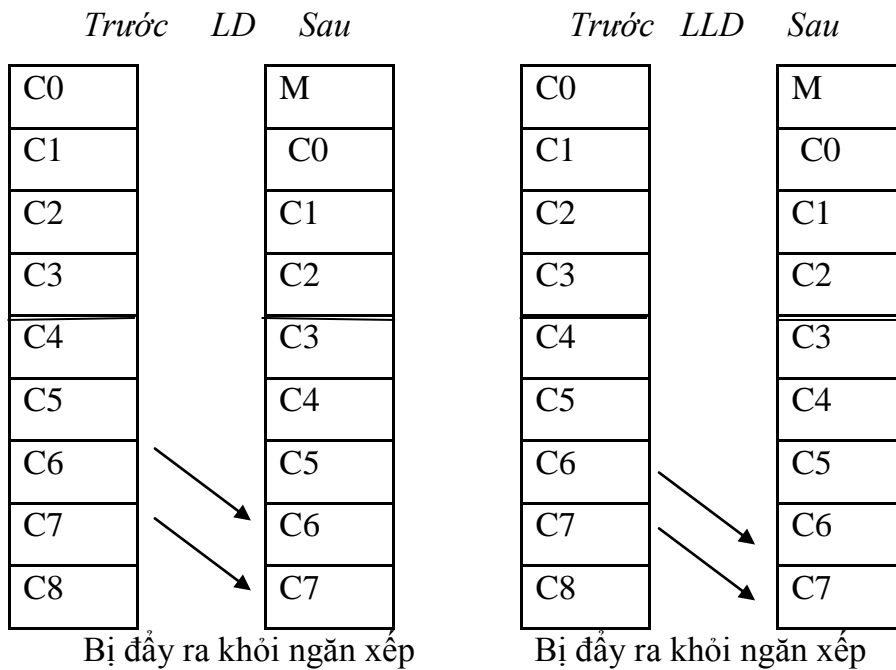
Phương pháp truy nhập	Giới hạn cho phép của tồn hạng của CPU	
Truy nhập theo bit(địa chỉ byte, chỉ số bit)	V	(0.0- 4095.7)
	I	(0.0- 7.7)
	Q	(0.0- 7.7)
	M	(0.0- 31.7)
	SM	(0.0- 85.7)
	T	(0.0- 7.7)
	C	(0- 7.7)
Truy nhập theo byte	VB	(0- 4095)
	IB	(0- 7)
	MB	(0- 31)
	SMB	(0- 85)
	AC	(0- 3)
	Hàng số	
Truy nhập theo từ đơn (word) (địa chỉ byte cao)	VW	(0-4094)
	T	(0-127)
	C	(0-127)
	QW	(0 -6)
	MW	(0 -30)
	SMW	(0 -84)
	AC	(0 -3)
	AIW	(0 -30)
	AQW	(0 -30)
	Hàng số	
Truy nhập theo từ kép (địa chỉ byte cao)	VD	(0-4092)
	ID	(0-4)
	QD	(0 -4)
	MD	(0 -28)
	SMD	(0 -82)
	AC	(0 -3)
	HC	(0 -2)

### 2.3.5. Một số lệnh cơ bản

Lệnh vào/ra:

LOAD (LD): Lệnh LD nạp giá trị logic của một tiếp điểm vào trong bit đầu tiên của ngăn xếp, các giá trị còn lại trong ngăn xếp bị đẩy lùi xuống một bit.

LOAD NOT (LDN): Lệnh LD nạp giá trị logic của một tiếp điểm vào trong bit đầu tiên của ngăn xếp, các giá trị còn lại trong ngăn xếp bị đẩy lùi xuống một bit.



Các dạng khác nhau của lệnh LD, LDN cho LAD như sau:

LAD	Mô tả	Toán hạng
$n$ ┆┆	Tiếp điểm thường mở sẽ đóng nếu n=1	n: I, Q, M, SM, (bit) T, C
$n$ ┆\┆	Tiếp điểm thường đóng sẽ mở khi n=1	
$n$ ┆I┆	Tiếp điểm thường mở sẽ đóng tức thời khi n=1	n: I
$n$ ┆\I┆	Tiếp điểm thường mở sẽ đóng tức thời khi n=1	

Các dạng khác nhau của lệnh LD, LDN cho STL như sau:

LAD	Mô tả	Toán hạng
LD n	Lệnh nạp giá trị logic của điểm n vào bit đầu tiên trong ngăn xếp.	n: I, Q, M, SM, (bit) T, C
LDN n	Lệnh nạp giá trị logic nghịch đảo của điểm n vào bit đầu tiên trong ngăn xếp.	
LDI n	Lệnh nạp tức thời giá trị logic của điểm n vào bit đầu tiên trong ngăn xếp.	<i>n: I</i>
LDI n	Lệnh nạp tức thời giá trị logic nghịch đảo của điểm n vào bit đầu tiên trong ngăn xếp.	

OUTPUT (=): lệnh sao chép nội dung của bit đầu tiên trong ngăn xếp vào bit được chỉ định trong lệnh. Nội dung ngăn xếp không bị thay đổi.

Mô tả lệnh OUTPUT bằng LAD như sau:

LAD	Mô tả	Toán hạng
n -( )	Cuộn dây đầu ra ở trạng thái kích thích khi có n dòng điều khiển đi qua	n : I,Q,M,SM,T,C (bit)
n -(I)	Cuộn dây đầu ra được kích thích tức thời khi n có dòng điều khiển đi qua	n: Q (bit)

### Các lệnh ghi/xóa giá trị cho tiếp điểm

SET (S),RESET (R): Lệnh dùng để đóng và ngắt các điểm gián đoạn đã được thiết kế. Trong LAD, logic điều khiển dòng điện đóng hay ngắt các cuộn dây đầu ra. Khi dòng điều khiển đến các cuộn dây thì các cuộn dây đóng hoặc mở các tiếp điểm. Trong STL, lệnh truyền trạng thái bit đầu tiên của ngăn xếp đến các điểm thiết kế. Nếu bit này có giá trị bằng 1, các lệnh S hoặc R sẽ đóng ngắt tiếp điểm hoặc một dãy các tiếp điểm (giới hạn từ 1 đến 255). Nội dung của ngăn xếp không bị thay đổi bởi các lệnh này.

Mô tả lệnh S (Set) và R (Reset) bằng LAD:

LAD	Mô tả	Toán hạng
S bit n —( S )	Đóng một mảng gồm n các tiếp điểm kể từ địa chỉ S-bit	S-bit: I, Q, M,SM,T, C,V (bit) n (byte): IB, QB, MB, SMB, VB,AC, hằng số, *VD, *AC
S bit n —( R )	Ngắt một mảng gồm n các tiếp điểm kể từ S-bit. Nếu S-bit lại chỉ vào Timer hoặc Counter thì lệnh sẽ xóa bit đầu ra của Timer/Counter đó.	
S bit n —( SI )	Đóng tức thời một mảng gồm n các tiếp điểm kể từ địa chỉ S-bit	S-bit: Q (bit) n(byte):IB,QB, MB, SMB, VB,AC, hằng số, *VD, *AC
S bit n —( RI )	Ngắt tức thời một mảng gồm n các tiếp điểm kể từ địa chỉ S-bit	

Mô tả lệnh S (Set) và R (Reset) bằng STL:

STL	Mô tả	Toán hạng
S S-bit n	Ghi giá trị logic vào một mảng gồm n bit kể từ địa chỉ S-bit	S-bit: I, Q, M,SM,T, C,V (bit)
R S-bit n	Xóa một mảng gồm n bit kể từ địa chỉ S-bit. Nếu S-bit lại chỉ vào Timer hoặc Countert thì lệnh sẽ xóa bit đầu ra của Timer/Counter đó.	
SI S-bit n	Ghi tức thời giá trị logic vào một mảng gồm n bit kể từ địa chỉ S - bit	S-bit: Q (bit)  n (byte):IB,QB,MB, SMB, VB,AC, hằng số, * *AC
RI S-bit n	Xóa tức thời một mảng gồm n bit kể từ địa chỉ S - bit.	

Các lệnh logic đại số Boolean:

Các lệnh tiếp điểm đại số Boolean cho phép tạo lập các mạch logic (không có nhớ). Trong LAD các lệnh này được biểu diễn thông qua cấu trúc mạch, mắc nối tiếp hay song song các tiếp điểm thường đóng hay các tiếp điểm thường mở. Trong STL có thể sử dụng lệnh A (And) và O (Or) cho các hàm hở hoặc các lệnh AN (And Not), ON (Or Not) cho các hàm kín. Giá trị của ngăn xếp thay đổi phụ thuộc vào từng lệnh.

Lệnh	Mô tả	Toán hạng
ALD	Lệnh tổ hợp giá trị của bit đầu tiên và thứ hai của ngăn xếp bằng phép tính logic AND. Kết quả ghi lại vào bit đầu tiên. Giá trị còn lại của ngăn xếp được kéo lên một bit.	Không có
OLD	Lệnh tổ hợp giá trị của bit đầu tiên và thứ hai của ngăn xếp bằng phép tính logic OR. Kết quả ghi lại vào bit đầu tiên. Giá trị còn lại của ngăn xếp được kéo lên một bit.	Không có
LPS	Lệnh Logic Push (LPS) sao chụp giá trị của bit đầu tiên vào bit thứ hai trong ngăn xếp. Giá trị còn lại bị đẩy xuống một bit. Bit cuối cùng bị đẩy ra khỏi ngăn xếp.	Không có
LRD	Lệnh sao chép giá trị của bit thứ hai vào bit đầu tiên trong ngăn xếp. Các giá trị còn lại của ngăn xếp giữ nguyên vị trí	Không có
LPP	Lệnh kéo ngăn xếp lên một bit. Giá trị của bit sau được chuyển cho bit trước.	Không có

Ngoài những lệnh làm việc trực tiếp với tiếp điểm, S7 - 200 còn có 5 lệnh đặc biệt biểu diễn cho các phép tính của đại số Boolean cho các bit trong ngăn xếp, được gọi là lệnh stack logic. Đó là các lệnh ALD (And Load), OLD (Or Load), LPS (Logic Push), LRD (Logic Read) và LPP (Logic Pop). Lệnh stack logic được dùng để tổ hợp, sao chụp hoặc xóa các mệnh đề logic. LAD không có bộ đếm dành cho Stack logic. STL sử dụng các lệnh stack logic để thực hiện phương trình tổng thể có nhiều biểu thức con.

AND (A) Lệnh A và O phối hợp giá trị logic của một tiếp điểm n với OR (O) giá trị

bit đầu tiên của ngăn xếp. Kết quả phép tính được đặt lại vào bit đầu tiên trong ngăn xếp. Giá trị của các bit còn lại trong ngăn xếp không bị thay đổi.

Các lệnh tiếp điểm đặc biệt :  $\neg$  NOT  $\vdash$ ,  $\neg$  P  $\vdash$ ,  $\neg$  N  $\vdash$ .

Có thể dùng các lệnh tiếp điểm đặc biệt để phát hiện sự chuyển tiếp trạng thái của xung (sườn xung) và đảo lại trạng thái của dòng cung cấp (giá trị đỉnh của ngăn xếp). LAD sử dụng các tiếp điểm đặc biệt này để tác động vào dòng cung cấp. Các tiếp điểm đặc biệt không có tổn hạng riêng của chính chúng vì thế phải đặt chúng phía trước cuộn dây hoặc hộp đầu ra. Tiếp điểm chuyển tiếp dương/âm (các lệnh sườn trước và sườn sau) có nhu cầu về bộ nhớ bởi vậy đối với CPU 214 có thể sử dụng nhiều nhất là 256 lệnh.

Các lệnh so sánh:

Khi lập trình, nếu các quyết định về điều khiển được thực hiện dựa trên kết quả của việc so sánh thì có thể sử dụng lệnh so sánh theo byte, Word hay Dword của S7 - 200.

AD sử dụng lệnh so sánh để so sánh các giá trị của byte, word hay Dword (giá trị thực hoặc nguyên). Những lệnh so sánh thường là: so sánh nhỏ hơn hoặc bằng ( $\leq$ ); so sánh bằng ( $=$ ) và so sánh lớn hơn hoặc bằng ( $\geq$ ).

Khi so sánh giá trị của byte thì không cần phải để ý đến dấu của tổn hạng, ngược lại khi so sánh các từ hay từ kép với nhau thì phải để ý đến dấu của tổn hạng là bit cao nhất trong từ hoặc từ kép.

Ví dụ  $7FFF > 8000$  và  $7FFFFFFF > 80000000$ .



LAD	Mô tả	Toán hạng
<p>n1 n2</p> <p>— ==B —</p> <p>n1 n2</p> <p>— ==I —</p> <p>n1 n2</p> <p>— ==D —</p> <p>n1 n2</p> <p>— ==R —</p>	<p>Tiếp điểm đóng khi <math>n1=n2</math> B = byte</p> <p>I = Integer = Word</p> <p>D = Double Integer</p> <p>R = Real</p>	<p>B, IB, QB, MB, SMB, AC, Const, *VD, *AC</p>
<p>n1 n2</p> <p>— &gt;=B —</p> <p>n1n2</p> <p>— &gt;=I —</p> <p>n1n2</p> <p>— &gt;=D —</p> <p>n1n2</p> <p>— &gt;=R —</p>	<p>Tiếp điểm đóng khi <math>n1 \geq n2</math> B = byte</p> <p>I = Integer = Word</p> <p>D = Double Integer</p> <p>R = Real</p>	<p>n1, n2(word): VW, T, C, QW, MW, SMW, AC, AIW, hằng số, *VD, *AC</p>
<p>n1n2</p> <p>— &lt;=B —</p> <p>n1n2</p> <p>— &lt;=I —</p> <p>n1n2</p> <p>— &lt;=D —</p> <p>n1n2</p>	<p>Tiếp điểm đóng khi <math>n1 \leq n2</math> B = byte</p> <p>I = Integer = Word</p> <p>D = Double Integer</p> <p>R = Real</p>	<p>n1,n2(Dword): VD, ID, QD, MD, SMD, AC, HC, hằng số, *VD, *AC</p>

← ≤R ←		
--------	--	--

LAD	STL	Mô tả	Toán hạng
n -(JMP)	JMP Kn	Lệnh nhảy thực hiện việc chuyển điều khiển đến nhãn n trong một chương trình.	n CPU 212: 0÷63 CPU 214: 0÷255
	JMP Kn	Lệnh khai báo nhãn n trong một chương trình.	
-(CALL)	CALL Kn	Lệnh gọi chương trình con, thực hiện phép chuyển điều khiển đến chương trình con có nhãn n.	n CPU 212: 0÷15 CPU 214: 0÷255
SBR: n	SBR Kn	Lệnh gán nhãn cho một chương trình con	
-(CRET)	CRET	Lệnh trở về chương trình đã gọi chương trình con có điều kiện (bit đầu của ngăn xếp có giá trị logic bằng 1)	
-(RET)		Lệnh trở về chương trình đã gọi chương trình con không điều kiện	Không có

## CHƯƠNG 3

# THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT CHO TAY MÁY ROBOT 2 BẬC TỰ DO

### 3.1. Hệ phi tuyến

#### 3.1.1. Hệ phi tuyến là gì ?

Để định nghĩa được rõ ràng một đối tượng hay hệ thống như thế nào được gọi là phi tuyến trước tiên ta nên định nghĩa lại hệ tuyến tính.

Xét một hệ thống MIMO, viết tắt của nhiều vào / nhiều ra (Multi Inputs – Multi Outputs) với  $r$  tín hiệu vào  $u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t)$  và  $s$  tín hiệu ra  $y_1(t), y_2(t), \dots, y_s(t)$ .

Nếu viết chung  $r$  tín hiệu đầu vào thành vector  $\underline{u}(t) = \begin{pmatrix} u_1(t) \\ \vdots \\ u_r(t) \end{pmatrix}$

và  $s$  tín hiệu đầu ra thành  $\underline{y}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ \vdots \\ y_s(t) \end{pmatrix}$  thì mô hình hệ thống được quan tâm ở

đây là mô hình toán học mô tả quan hệ giữa vector tín hiệu vào  $\underline{u}(t)$  và tín hiệu ra  $\underline{y}(t)$ , tức là mô tả ánh xạ  $T : \underline{u}(t) \mapsto \underline{y}(t)$ .

Ánh xạ này (Thường còn gọi là toán tử - operator) viết lại như sau :

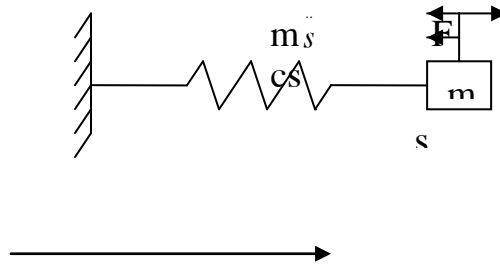
$$\underline{y}(t) = T(\underline{u}(t)).$$

nếu ánh xạ  $T$  thoả mãn :

$$T(a_1 u_1(t)) + T(a_2 u_2(t)) = a_1 T(u_1(t)) + a_2 T(u_2(t)) , \quad (3.1)$$

trong đó  $a_1$  và  $a_2 \in \mathbb{R}$ , thì hệ đó được nói là tuyến tính. Tính chất (3.1) của hệ tuyến tính, trong điều khiển, còn được gọi là nguyên lý xếp chồng.

Ví dụ : Xét 1 hệ gồm 1 lò xo  $c$  và 1 vật khối lượng  $m$  làm 1 ví dụ. Vật sẽ chuyển động trên trục nằm ngang dưới tác động của lực  $F$  (hình 3.1).



Hình 3.1: Ví dụ về một đối tượng tuyến tính

Nếu  $F$  được xem như là tín hiệu vào và quãng đường  $s$  mà vật đi được là tín hiệu ra (đáp ứng của hệ) thì theo các tiên đề cơ học của Newton, tác động vào vật và ngược hướng với  $F$  có hai lực cân bằng: Lực cản của lò xo  $F_1 = cs$

trong trường hợp  $|s|$  tương đối nhỏ và  $F_2 = m\ddot{s}$  của chuyển động. Với nguyên lý cân bằng lực ta có ánh xạ  $T : F(t) \mapsto s(t)$  mô tả quan hệ vào / ra của hệ :

$$m\ddot{s} + cs = F . \quad (3.2a)$$

Giả sử rằng dưới tác động của lực  $F_1$  hệ có đáp ứng  $s_1$  và của  $F_2$  thì từ :

$$m\ddot{s}_1 + cs_1 = F_1$$

$$m\ddot{s}_2 + cs_2 = F_2$$

có ngay được

$$m(a_1 \ddot{s}_1 + a_2 \ddot{s}_2) + c(a_1 s_1 + a_2 s_2) = a_1 F_1 + a_2 F_2 ,$$

trong đó  $a_1$  ,  $a_2$  là những số thực tùy ý . Nói cách khác dưới tác động của lực  $a_1 F_1 + a_2 F_2$

vật sẽ đi được một quãng đường là  $a_1s_1 + a_2s_2$ . Bởi vậy T thoả mãn (3.1) và do đó trong trường hợp  $|s|$  tương đối nhỏ và lực cản của lò xo được xác định gần đúng bằng công thức  $F_1 = cs$  thì hệ thống lò xo + vật là một hệ tuyến tính.

Ngược lại, nếu lực cản lò xo lại được tính theo  $F_1 = cs + \varepsilon s^3$ , với  $c$  và  $\varepsilon$  là 2 hằng số, mà trong thực tế người ta vẫn sử dụng, thì quan hệ vào / ra của hệ sẽ là :

$$m\ddot{s} + cs + \varepsilon s^3 = F \quad (3.2b)$$

và khi đó (3.2b) không còn thoả mãn nguyên lý xếp chồng (3.1)

$$m(a_1\ddot{s}_1 + a_2\ddot{s}_2) + c(a_1s_1 + a_2s_2) + \varepsilon(a_1s_1^3 + a_2s_2^3) \neq a_1F_1 + a_2F_2$$

$$m(a_1\ddot{s}_1 + a_2\ddot{s}_2) + c(a_1s_1 + a_2s_2) + \varepsilon(a_1s_1^3 + a_2s_2^3) \neq a_1F_1 + a_2F_2$$

Nói cách khác, dưới tác động của lực  $a_1F_1 + a_2F_2$  thì quãng đường của vật đi được không phải là  $a_1s_1 + a_2s_2$ . Vậy ở trường hợp này hệ có tính phi tuyến.

### 3.1.2. Mô hình trạng thái và quỹ đạo trạng thái của Hệ phi tuyến

#### 3.1.2.1. Mô hình trạng thái

Mô hình động của đối tượng, hệ thống phi tuyến được xây dựng từ quan hệ vào – ra qua việc thêm các biến  $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$  gọi là biến trạng thái, sao cho quan hệ giữa vector tín hiệu ra  $y(t)$  với  $n$  biến này và tín hiệu vào  $u(t)$  chỉ còn lại thuần tuý là một quan hệ đại số. Những biến trạng thái này, về mặt ý nghĩa vật lý, là những đại lượng mà sự thay đổi của nó sẽ quyết định tính chất động học của đối tượng.

Ví dụ 1 : Từ mô hình (3.1) của đối tượng lò xo + vật, nếu thêm biến trạng thái  $x_1 = s, x_2 = \dot{s}$  sẽ có:

$$s = (1 \quad 0) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = (1 \quad 0) \cdot \underline{x} + 0 \cdot F$$

và đây là một phương trình đại số. Ngoài ra còn có phần các phương trình vi phân bao gồm :

$$\dot{x}_1 = x_2$$

Suy ra từ định nghĩa về  $x_1, x_2$  và :

$$\dot{x}_2 = -\frac{c}{m}x_1 + \frac{1}{m}F$$

thu được bằng cách thay trực tiếp  $x_1, x_2$  vào phương trình (3.1).

Viết chung hai phương trình vi phân trên lại với nhau sẽ được :

$$\dot{\underline{x}} = \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{m} & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{1}{m} \end{pmatrix} F$$

Nói chung, một hệ phi tuyến SISO có quan hệ vào – ra giữa tín hiệu vào  $u(t)$  và ra  $y(t)$  dạng:

$$y^{(n)} = f(y^{(n-1)}, \dots, y, y, u)$$

Trong đó ký hiệu  $y^{(k)}$  chỉ đạo hàm bậc k của  $y(t)$ , tức là

$$y^{(k)} = \frac{d^k y}{dt^k},$$

thì với các biến trạng thái được định nghĩa như sau :

$$x_1 = y, x_2 = \dot{y}, x_3 = \ddot{y}, \dots, x_n = y^{(n-1)}$$

hệ sẽ có mô hình hai phần: phần các phương trình vi phân bậc nhất

$$\dot{x}_1 = x_2$$

⋮

$$\dot{x}_{n-1} = x_n$$

$$\dot{x}_n = f(x_n, \dots, x_2, x_1, u)$$

và phương trình đại số :  $Y = x_1$

Tổng quát lên thì một hệ phi tuyến, sau khi định nghĩa các biến trạng thái  $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ , sẽ mô tả bởi :

- Mô hình trạng thái tường minh autonom

$$\begin{aligned} \dot{\underline{x}} &= \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}) \\ \underline{y} &= \underline{g}(\underline{x}, \underline{u}) \end{aligned} \quad \text{trong đó } \underline{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{pmatrix}$$

- Mô hình trạng thái tường minh không autonom

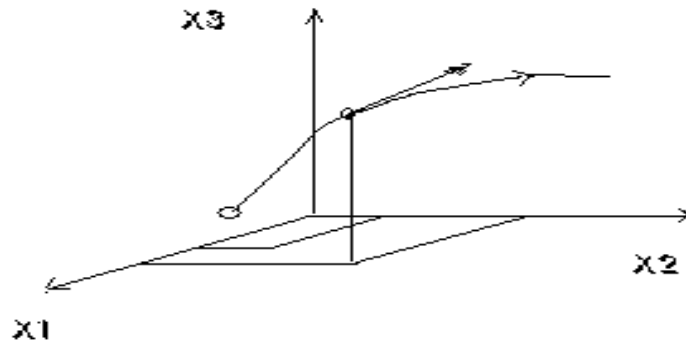
$$\begin{aligned} \dot{\underline{x}} &= \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}, t) \\ \underline{y} &= \underline{g}(\underline{x}, \underline{u}, t) \end{aligned}$$

- hoặc mô hình trạng thái không tường minh

$$\begin{aligned} \underline{f}(\underline{x}, \underline{x}, \underline{u}, t) &= \underline{0} \\ \underline{g}(\underline{x}, \underline{u}, \underline{y}, t) &= \underline{0} \end{aligned}$$

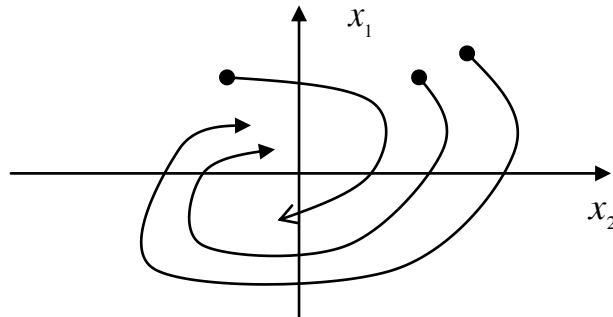
### 3.1.2.2. Quỹ đạo trạng thái

Từ phương trình trạng thái mô tả hệ thống với một tín hiệu đầu vào  $\underline{u}(t)$  xác định cho trước và với một điểm trạng thái ban đầu  $\underline{x}_0 = \underline{x}(0)$  cũng cho trước ta sẽ có được nghiệm  $\underline{x}(t)$  mô tả sự thay đổi trạng thái hệ thống theo thời gian dưới tác động của kích thích  $\underline{u}(t)$  đã cho. Biểu diễn  $\underline{x}(t)$  trong không gian n chiều  $\mathbb{R}^n$  (còn gọi là không gian trạng thái) như một đồ thị phụ thuộc tham số t có mũi tên chỉ chiều tăng của t ta được một quỹ đạo trạng thái (hình 3.2a). Tập tất cả các quỹ đạo trạng thái ứng với một tín hiệu đầu vào  $\underline{u}(t)$  cố định nhưng với những điểm trạng thái ban đầu  $\underline{x}_0$  khác nhau được gọi là *họ các quỹ đạo trạng thái* (hình 3.2b).



Hình 3.2a. Quỹ đạo trạng thái của hệ có 3 biến trạng thái





Hình 3.2b. Họ các quỹ đạo trạng thái của hệ có 2 biến trạng thái

### 3.1.3. Điểm cân bằng và điểm dừng của hệ thống

#### 3.1.3.1. Điểm cân bằng

Định nghĩa 1: Một điểm trạng thái  $\underline{x}_c$  được gọi là điểm cân bằng (*equilibrium point*) nếu như khi đang ở điểm trạng thái  $\underline{x}_c$  và không có một tác động nào từ bên ngoài thì hệ sẽ nằm nguyên tại đó.

Căn cứ theo định nghĩa như vậy thì điểm cân bằng  $\underline{x}_c$  của hệ thống phải là nghiệm của phương trình:

$$\frac{dx}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}, t) \Big|_{\underline{u}=\underline{0}} = \underline{0}$$

Như vậy điểm cân bằng là điểm mà hệ thống sẽ nằm yên tại đó, tức là trạng thái của nó sẽ không bị thay đổi ( $\frac{dx}{dt} = \underline{0}$ ) khi không có sự tác động từ bên ngoài ( $\underline{u} = \underline{0}$ ).

#### 3.1.3.2. Điểm dừng của hệ

Định nghĩa 2: Một điểm trạng thái  $\underline{x}_d$  được gọi là điểm dừng của hệ thống nếu như hệ đang ở điểm trạng thái  $\underline{x}_d$  và với tác động  $\underline{u}(t) = \underline{u}_d$  cố định, không đổi cho trước, thì hệ sẽ nằm nguyên tại đó.

Rõ ràng là điểm dừng theo định nghĩa vừa nêu sẽ là nghiệm của :

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}_d, t) \Big|_{\underline{u}=\underline{u}_d} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}_d, t) = \underline{0}$$

trong đó  $\underline{u}_d$  là đã cho trước.

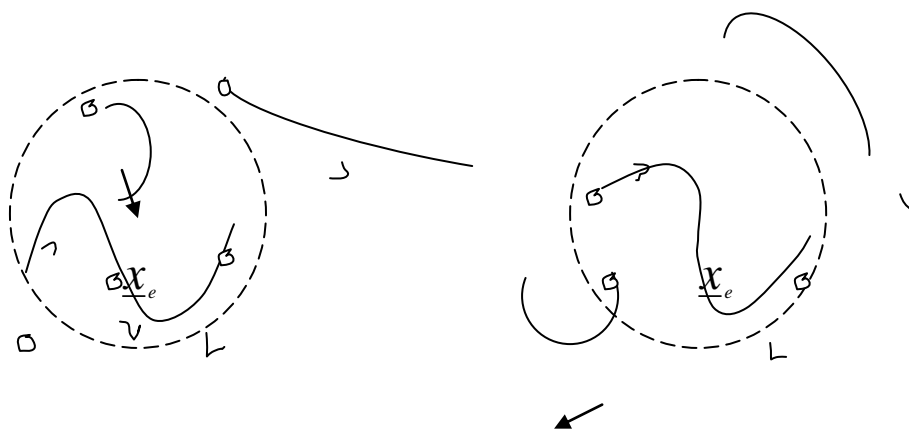
### 3.1.3.3 Tính ổn định tại một điểm cân bằng

Định nghĩa 3 : Một hệ thống được gọi là ổn định (tiệm cận) tại điểm cân bằng  $\underline{x}_e$  nếu như có một tác động tức thời (chẳng hạn như nhiễu tức thời) đánh bật hệ ra khỏi  $\underline{x}_e$  và đưa tới điểm  $\underline{x}_0$  thuộc một lân cận nào đó của  $\underline{x}_e$  thì sau đó hệ có khả năng tự quay về được điểm cân bằng  $\underline{x}_e$  ban đầu.

Theo định nghĩa trên thì ta có thể nhận biết được hệ có ổn định hay không tại một điểm cân bằng thông qua dạng họ các đường quỹ đạo trạng thái của nó. Nếu hệ ổn định tại một điểm cân bằng  $\underline{x}_e$  nào đó thì mọi đường quỹ đạo trạng thái  $\underline{x}(t)$  xuất phát từ một điểm  $\underline{x}_0$  thuộc lân cận của  $\underline{x}_e$  đều phải kết thúc tại  $\underline{x}_e$ .

a) Miền ổn định O

b)



Hình 3.3. a) Điểm cân bằng ổn định

b) Điểm cân bằng không ổn định

Chú ý rằng tính ổn định của hệ phi tuyến chỉ có ý nghĩa khi đi cùng với điểm cân bằng  $\underline{x}_e$ . Có thể hệ sẽ ổn định tại điểm cân bằng này, song lại không ổn định ở điểm cân bằng khác. Điều này cũng khác so với khái niệm ổn định ở hệ tuyến tính. Vì

hệ tuyến tính thường chỉ có một điểm cân bằng là gốc tọa độ ( $\underline{x}_e = \underline{0}$ ) nên khi hệ ổn định tại  $\underline{0}$ , người ta cũng nói thêm luôn một cách ngắn gọn là hệ ổn định.

Ngoài ra, do khái niệm ổn định ở hệ phi tuyến bị gắn với lân cận điểm cân bằng  $\underline{x}_e$  nên cũng có thể mặc dù hệ ổn định tại điểm cân bằng  $\underline{x}_e$  song với một lân cận quá nhỏ thì sẽ không có định nghĩa sử dụng. Nói cách khác, về mặt ứng dụng, nó được xem như không ổn định. Bởi vậy, đối với hệ phi tuyến, việc xác định xem hệ có ổn định tại điểm cân bằng  $\underline{x}_e$  hay không là chưa đủ mà còn phải chỉ ra miền ổn định của nó tại  $\underline{x}_e$ , tức là phải chỉ ra được lân cận  $O$  của  $\underline{x}_e$  sao cho hệ có khả năng tự quay về được  $\underline{x}_e$  từ bất kỳ một điểm  $\underline{x}_0$  nào đó thuộc  $O$  (hình 3.3). Miền ổn định  $O$  càng lớn thì tính ổn định của hệ tại  $\underline{x}_e$  càng tốt.

Nhiệm vụ đầu tiên của bộ điều khiển là phải giữ cho hệ thống ổn định. Nếu như ban đầu đối tượng không ổn định, tức là khi có nhiễu từ bên ngoài tác động đưa nó ra khỏi điểm làm việc và nó không có khả năng tự quay về thì bộ điều khiển phải tạo ra tín hiệu điều khiển dẫn đối tượng quay trở về điểm làm việc ban đầu.

### 3.1.4 Tiêu chuẩn ổn định Lyapunov

Một trong những điều kiện, hay tiêu chuẩn chất lượng đầu tiên mà bộ điều khiển cần phải mang đến được cho hệ thống là tính ổn định. Tại sao lại như vậy? Từ khái niệm về tính ổn định của hệ thống tại một điểm cân bằng đã được nêu trong định nghĩa 3 ta thấy rõ nếu một hệ quá nhạy cảm với tác động nhiễu đến nỗi chỉ một tác động tức thời không mong muốn rất nhỏ đã làm cho hệ bị bật ra khỏi điểm cân bằng (hoặc điểm làm việc) mà sau đó hệ không có khả năng tự tìm về điểm cân bằng ban đầu thì chất lượng của hệ không thể gọi là tốt được.

Bởi vậy, kiểm tra tính ổn định của hệ (tại một điểm cân bằng) cũng như miền ổn định  $O$  tương ứng phải là công việc đầu tiên ta phải tiến hành khi phân tích hệ thống. Tiêu chuẩn Lyapunov là một công cụ hữu ích giúp ta thực hiện được điều đó.

Định nghĩa 4 : Một hệ thống có mô hình không kích thích :

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}, t) \Big|_{\underline{u}=0} = \tilde{\underline{f}}(\underline{x}, t) \quad (3.3)$$

với một điểm cân bằng là gốc tọa độ  $\underline{0}$ , được gọi là :

a) Ổn định Lyapunov tại điểm cân bằng  $\underline{0}$  nếu với  $\varepsilon > 0$  bất kì bao giờ cũng tồn tại  $\delta$  phụ thuộc  $\varepsilon$  sao cho nghiệm  $\underline{x}(t)$  của (3.3) với  $\underline{x}(0) = \underline{x}_0$  thoả mãn :  
 $\|\underline{x}_0\| < \delta \Rightarrow \|\underline{x}(t)\| < \varepsilon, \forall t \geq 0$ .

b) Ổn định tiệm cận Lyapunov tại điểm cân bằng  $\underline{0}$  nếu với  $\varepsilon > 0$  bất kì bao giờ cũng tồn tại  $\delta$  phụ thuộc  $\varepsilon$  sao cho nghiệm  $\underline{x}(t)$  của (3.3) với

$\underline{x}(0) = \underline{x}_0$  thoả mãn :

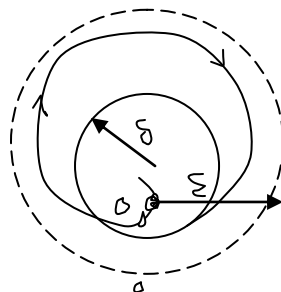
$$\lim_{t \rightarrow \infty} \underline{x}(t) = \underline{0} .$$

### 3.1.4.1. Tiêu chuẩn Lyapunov

Để làm quen và tiếp cận tiêu chuẩn Lyapunov ta hãy bắt đầu từ hệ bậc 2 có mô hình trạng thái autonom khi không bị kích thích :

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(x_1, x_2) \quad \text{với } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Hệ trên được giả thiết là cân bằng tại gốc tọa độ  $\underline{0}$ .



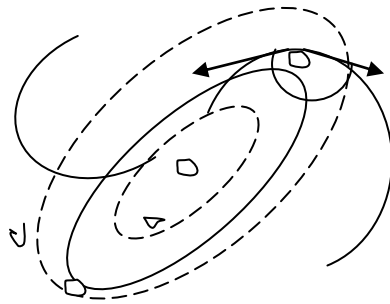
<

Hình 3.4 : Minh họa khái niệm ổn định Lyapunov:

Hình 3.4 minh hoạ cho định nghĩa 4 về tính ổn định Lyapunov tại  $\underline{0}$  đã gợi ý cho ta một hướng khá đơn giản để xét tính ổn định cho hệ (3.4) tại  $\underline{0}$ . Chẳng hạn bằng cách nào đó ta đã có được họ các đường cong khép kín  $v$  bao quanh gốc toạ độ  $\underline{0}$ . Vậy thì để kiểm tra hệ có ổn định tại  $\underline{0}$  hay không ta chỉ cần kiểm tra xem quỹ đạo pha  $\underline{x}(t)$ , tức là nghiệm của (3.4) đi từ điểm trạng thái đầu  $\underline{x}_0$  cho trước nhưng tùy ý nằm trong miền bao bởi một trong các đường cong khép kín đó, có cắt các đường cong  $v$  này theo hướng từ ngoài vào trong hay không ( hình 3.5).

- Nếu  $\underline{x}(t)$  không cắt bất cứ một đường cong họ  $v$  nào theo chiều từ trong ra ngoài thì hệ sẽ ổn định tại  $\underline{0}$ .

- Nếu  $\underline{x}(t)$  cắt mọi đường cong họ  $v$  theo chiều từ ngoài vào trong thì hệ sẽ ổn định tiệm cận tại  $\underline{0}$ .



Hình 3.5: Một gợi ý về việc kiểm tra tính ổn định của hệ tại  $O$

Rõ ràng là cần và đủ để quỹ đạo pha  $\underline{x}(t)$  của hệ không cắt bất cứ một đường cong khép kín thuộc họ  $v$  theo chiều từ trong ra ngoài là tại điểm cắt đó, tiếp tuyến của  $\underline{x}(t)$  phải tạo với vector  $\Delta_v$ , được định nghĩa là vector vuông góc với đường cong đó theo hướng từ trong ra ngoài, một góc  $\varphi$  không nhỏ hơn  $90^0$ . Nói cách khác, hệ sẽ ổn định tại  $\underline{0}$  nếu như có được điều kiện:

$$0 \geq |\Delta_v| \cdot \left| \frac{d\underline{x}}{dt} \right| \cdot \cos \varphi = \Delta_v^T \frac{d\underline{x}}{dt} \quad (3.5)$$

tại mọi giao điểm của  $\underline{x}(t)$  với các đường cong thuộc họ  $v$ .

Vấn đề còn lại là làm thế nào có được các đường cong  $v$  sao cho việc kiểm tra điều kiện (1.48) được thuận tiện. Câu trả lời là sử dụng hàm xác định dương  $V(\underline{x})$  được định nghĩa như sau :

Định nghĩa 5 : Một hàm thực nhiều biến, có thể không dừng  $V(\underline{0}, t)$ , được gọi là hàm xác định dương nếu :

a)  $V(\underline{0}, t) = 0$

b) Tồn tại hai hàm một biến, dừng  $\gamma_1(a)$  và  $\gamma_1(b)$  liên tục, đơn điệu tăng với  $\gamma_1(0) = \gamma_2(0) = 0$  sao cho :

$$0 < \gamma_1(\|\underline{x}\|) \leq V(\underline{x}, t) \leq \gamma_2(\|\underline{x}\|) \quad \text{với mọi } \underline{x} \neq \underline{0} \quad (3.6)$$

Hàm  $V(\underline{x}, t)$  sẽ xác định dương trong toàn bộ không gian trạng thái nếu còn có :

$$\lim_{a \rightarrow \infty} \gamma_1(a) = \infty \Rightarrow \lim_{\|\underline{x}\| \rightarrow \infty} V(\underline{x}, t) = \infty .$$

Định lý 1 : Hệ phi tuyến (có thể không autonom) cân bằng tại gốc toạ độ và khi không bị kích thích thì được mô tả bởi hình :

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, t) \quad (3.7)$$

sẽ ổn định Lyapunov tại  $\underline{0}$  với miền ổn định  $O$  nếu :

a) Trong  $O$  tồn tại một hàm xác định dương  $V(\underline{0}, t)$  .

b) Đạo hàm của nó tính theo mô hình (1.51) có giá trị không dương trong  $O$ , tức là :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial \underline{x}} \underline{f}(\underline{x}, t) \leq 0 \quad \text{với mọi } \underline{x} \in O . \quad (3.8)$$

Định lý 2: Hệ phi tuyến (có thể không autonom) cân bằng tại gốc tọa độ và khi không bị kích thích thì được mô tả bởi mô hình.

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, t) \quad (3.9)$$

sẽ ổn định tiệm cận Lyapunov tại  $\underline{0}$  với miền ổn định  $O$  nếu :

a) Trong  $O$  tồn tại một hàm xác định dương  $V(\underline{x}, t)$ .

b) Đạo hàm của nó tính theo mô hình (1.51) có giá trị âm trong  $O$  với  $\underline{x} \neq \underline{0}$ , tức là :

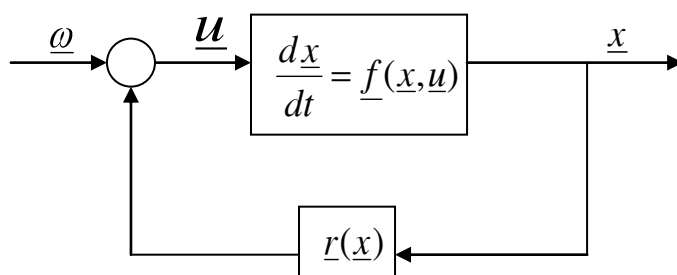
$$\frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial \underline{x}} \underline{f}(\underline{x}, t) < 0 \text{ với mọi } \underline{x} \in O \text{ và } \underline{x} \neq \underline{0} . \quad (3.10)$$

### 3.1.4.2. Tiêu chuẩn Lyapunov phục vụ thiết kế bộ điều khiển

Ngoài việc kiểm tra tính ổn định, tiêu chuẩn Lyapunov còn được sử dụng để thiết kế bộ điều khiển ổn định đối tượng phi tuyến. Chẳng hạn đối tượng có mô hình :

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u})$$

và được điều khiển bằng bộ điều khiển phản hồi trạng thái  $\underline{r}(\underline{x})$



Hình 3.6: Ứng dụng tiêu chuẩn Lyapunov để thiết kế bộ điều khiển

Vậy hệ kín khi không bị kích thích ( $u = 0$ ) sẽ có mô hình :

$$\frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{r}(\underline{x}))$$

Gọi  $V(\underline{x})$  là hàm xác định dương thích hợp, khi đó để hệ kín ổn định tiệm cận với miền ổn định là  $O$  thì bộ điều khiển cần tìm  $\underline{r}(\underline{x})$  phải thỏa mãn :

$$L_f V = \frac{\partial V}{\partial \underline{x}} f(\underline{x}, \underline{r}(\underline{x})) < 0 \text{ với mọi } \underline{x} \neq \underline{0}, \underline{x} \in O \quad (3.11a)$$

$$\text{Và } \frac{\partial V}{\partial \underline{x}} f(\underline{x}, \underline{r}(\underline{x})) = 0 \text{ chỉ khi } \underline{x} = \underline{0} \quad (3.11b)$$

### 3.2. Bậc tương đối của hệ phi tuyến

#### Bậc tương đối của hệ SISO:

Để dễ tiếp cận tới khái niệm bậc tương đối ta xét trường hợp đặc biệt với đối tượng tuyến tính, mô tả bằng hàm truyền đạt hợp thức chặt (strictly proper):

$$G(s) = \frac{b_0 + b_1 s + \dots + b_m s^m}{a_0 + a_1 s + \dots + a_n s^n} \quad (3.12)$$

Khi đó bậc tương đối được hiểu là hiệu  $r = (n-m) \geq 1$

Giả sử rằng đối tượng trên, bên cạnh hàm truyền đạt (3.12) còn có mô hình tương đương trong không gian trạng thái :

$$\begin{cases} \frac{d\underline{x}}{dt} = \underline{A}\underline{x} + \underline{b}\underline{u} \\ \underline{y} = \underline{c}^T \underline{x} \end{cases} \quad \underline{x} \in \mathbb{R}^n, \underline{A} \in \mathbb{R}^{n \times n}, \underline{b} \in \mathbb{R}^{n \times 1}, \underline{c} \in \mathbb{R}^{1 \times n} \quad (3.13)$$

Vậy thì do

$$G(s) = \underline{c}^T (s\mathbf{I} - \underline{A})^{-1} \underline{b}$$

Ta có :

$$\lim_{s \rightarrow \infty} s^r G(s) = \frac{b_m}{a_n} \Leftrightarrow \lim_{s \rightarrow \infty} s^r [\underline{c}^T (s\mathbf{I} - \underline{A})^{-1} \underline{b}] = \frac{b_m}{a_n}$$



$$\Leftrightarrow \lim_{s \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\underline{c}^T \mathbf{A}^k \underline{b}}{s^{k+1-r}} = \frac{b_m}{a_n}$$

Hơn nữa

$$\lim_{s \rightarrow \infty} \frac{1}{s^{k+1-r}} = 0 \text{ khi } k > r-1$$

nên chuỗi trên trở thành tổng của hữu hạn  $r$  phân tử đầu tiên

$$\lim_{s \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{\underline{c}^T \mathbf{A}^k \underline{b}}{s^{k+1-r}} = \frac{b_m}{a_n}$$

Từ đây, để về trái bằng giá trị hữu hạn thì cần và đủ là :

$$\underline{c}^T \mathbf{A}^k \underline{b} = \begin{cases} = 0 & \text{khi } 0 \leq k \leq r-2 \\ \neq 0 & \text{khi } k = r-1 \end{cases} \quad (3.14)$$

Nói cách khác, bậc tương đối  $r = n-m$  còn có thể được xác định trực tiếp từ mô hình trạng thái (3.13) của hệ theo công thức (3.14).

Chuyển sang hệ phi tuyến và với sự gợi ý của công thức tính (3.14), khái niệm bậc tương đối của hệ ALI có 1 tín hiệu vào, một tín hiệu ra, được định nghĩa như sau :

Định nghĩa 6: Cho hệ SISO với cấu trúc ALI :

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{x}}{dt} = \underline{f}(\mathbf{x}) + \underline{h}(\mathbf{x})\mathbf{u} \\ y = \underline{g}(\mathbf{x}) \end{cases} \quad (3.15)$$

Bậc tương đối tại điểm trạng thái  $\underline{x}$  của hệ là số tự nhiên  $r$  mà trong lân cận  $\underline{x}$  thoả mãn :

$$\mathbf{L}_h \mathbf{L}_f^k \underline{g}(\underline{x}) = \begin{cases} = 0 & \text{khi } 0 \leq k \leq r-2 \\ \neq 0 & \text{khi } k = r-1 \end{cases} \quad (3.16)$$

Có thể thấy được ngay rằng với  $\underline{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{A}\mathbf{x}$ ,  $\underline{h}(\mathbf{x}) = \mathbf{b}$ ,  $\underline{g}(\mathbf{x}) = \mathbf{c}^T \mathbf{x}$ , hai công thức (3.14) và (3.16) sẽ đồng nhất, vì :

$$\mathbf{L}_f^h \mathbf{g}(\mathbf{x}) = \mathbf{c}^T \mathbf{A}^T \mathbf{x} \Rightarrow \mathbf{L}_h \mathbf{L}_f^k \mathbf{g}(\mathbf{x}) = \mathbf{c}^T \mathbf{A}^k \mathbf{b}$$

Ví dụ : Xét hệ Val der Pol có mô hình trạng thái như sau :

khi đó thì do :

$$\mathbf{L}_h \mathbf{g}(\mathbf{x}) = \frac{\partial \mathbf{g}}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{h}(\mathbf{x}) = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{aligned} \mathbf{L}_h \mathbf{L}_f \mathbf{g}(\mathbf{x}) &= \frac{\partial (\mathbf{L}_f \mathbf{g})}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{h}(\mathbf{x}) = \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left( \frac{\partial \mathbf{g}}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{f} \right) \mathbf{h}(\mathbf{x}) \\ &= \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2x_2 \\ ax_2(1-bx_1^2) - x_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 1 \neq 0 \end{aligned}$$

Bậc tương đối của hệ bằng 2 ( tại mọi  $\underline{x}$  ).

Tuy nhiên, cũng cần phải để ý rằng hệ phi tuyến (3.15) có thể có bậc tương đối khác nhau ở những điểm trạng thái khác nhau. Ngoài ra, khác với hệ tuyến tính, không phải ở bất cứ điểm trạng thái  $\mathbf{x}$  nào trong không gian trạng thái, hệ phi tuyến phẳng có bậc tương đối. Chẳng hạn, hệ sẽ không có bậc tương đối tại điểm trạng thái  $\mathbf{x}_0$  mà trong lân cận của nó có :

$$\mathbf{L}_h \mathbf{g}(\underline{x}) \neq 0, \mathbf{L}_h \mathbf{L}_f \mathbf{g}(\underline{x}) \neq 0, \dots, \mathbf{L}_h \mathbf{L}_f^h \mathbf{g}(\underline{x}) \neq 0, \dots$$

### 3.3. Tính động học không

Rất nhiều khái niệm sử dụng trong hệ phi tuyến được chuyển thể từ hệ tuyến tính, chẳng hạn khái niệm bậc tương đối, hệ thụ động, ... cũng như vậy là tính động học không (zero dynamic). Do đó, để dễ tiếp cận tới khái niệm này, ta nên bắt đầu từ hệ tuyến tính.

Xét hệ phi tuyến SISO có mô hình trạng thái :

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) + \mathbf{h}(\mathbf{x})u \\ \mathbf{y} = \mathbf{g}(\mathbf{x}) \end{cases} \quad (3.17)$$

Tính động học không (zero dynamic) của hệ (3.17) được định nghĩa như sau :

Định nghĩa 7 : Nếu hệ (3.17) có ít nhất một điểm trạng thái đầu  $\underline{x}_0 \neq \underline{0}$  và ứng với nó là tín hiệu điều khiển  $u_0(t)$  sao cho tín hiệu đầu ra  $y(t)$  đồng nhất bằng không thì hệ được gọi là có tính động học không (zero dynamic).

Ta có thể thấy được là để hệ có tính động học không thì cần thiết phải có  $g(x_0) = 0$ . Giả sử rằng hệ (3.17) có bậc tương đối là  $r$ , tức là :

$$L_h L_f^k g(x) = \begin{cases} = 0 & \text{nếu } 0 \leq k \leq r-2 \\ \neq 0 & \text{nếu } k = r-1 \end{cases} \quad (3.18)$$

Khi đó, với phép đổi trục tọa độ vi phân :

$$\underline{z} \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_{r-1} \\ z_r \\ z_{r+1} \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} = \underline{m}(\underline{x}) = \begin{bmatrix} g(\underline{x}) \\ \vdots \\ L_f^{r-2} g(\underline{x}) \\ L_f^{r-1} g(\underline{x}) \\ m_{r+1}(\underline{x}) \\ \vdots \\ m_n(\underline{x}) \end{bmatrix} \quad \text{với } L_h m_k(\underline{x}) = 0, k=r+1, \dots, n$$

hệ (1.18) đã cho sẽ được đưa về dạng chuẩn

$$\frac{d\underline{z}}{dt} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_{r-1} \\ z_r \\ z_{r+1} \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_2 \\ \vdots \\ z_r \\ c_1(\underline{z}) \\ \vdots \\ c_{n-r}(\underline{z}) \end{bmatrix} a(\underline{z}) + b(\underline{z})u, \quad y = z_1 \quad (3.19)$$

Trong đó

$$A(\underline{z}) = L_f^r g(\underline{m}^{-1}(\underline{z})) , b(\underline{z}) = L_h L_f^{r-1} g(\underline{m}^{-1}(\underline{z})) , c_i(\underline{z}) = L_h m_{r+1}(\underline{m}^{-1}(\underline{z}))$$

sử dụng kí hiệu :

$$\underline{z} = \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \end{bmatrix} \text{ với } \underline{\xi} = \begin{bmatrix} z_{r+1} \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} , \underline{\eta} = \begin{bmatrix} z_{r+1} \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} \text{ và } \underline{c}(\underline{z}) = \begin{bmatrix} c_1(\underline{z}) \\ \vdots \\ c_{n-r}(\underline{z}) \end{bmatrix}$$

thì mô hình (3.19) được viết thành

$$\frac{d\underline{z}}{dt} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_{r-1} \\ z_r \\ \eta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_2 \\ \vdots \\ z_r \\ a(\underline{\xi}, \underline{\eta}) + b(\underline{\xi}, \underline{\eta})u \\ \underline{c}(\underline{\xi}, \underline{\eta}) \end{bmatrix} , y = z_1 \quad (3.20)$$

Giả sử rằng hệ (3.17) có tính động học không ứng với trạng thái đầu  $x_0 \neq 0$  và tín hiệu điều khiển  $u_0(t)$  thích hợp. Vậy thì từ  $y(t) = z_1(t) = 0$  ta suy ra được :

$$z_1(t) = \dots = z_r(t) = 0$$

và do đó là  $\xi = 0$ . Điều này dẫn đến :

$$a(\underline{0}, \underline{\eta}) + b(\underline{0}, \underline{\eta})u_0 = 0 \Leftrightarrow u_0(t) = -\frac{a(\underline{0}, \underline{\eta})}{b(\underline{0}, \underline{\eta})} \quad (3.21a)$$

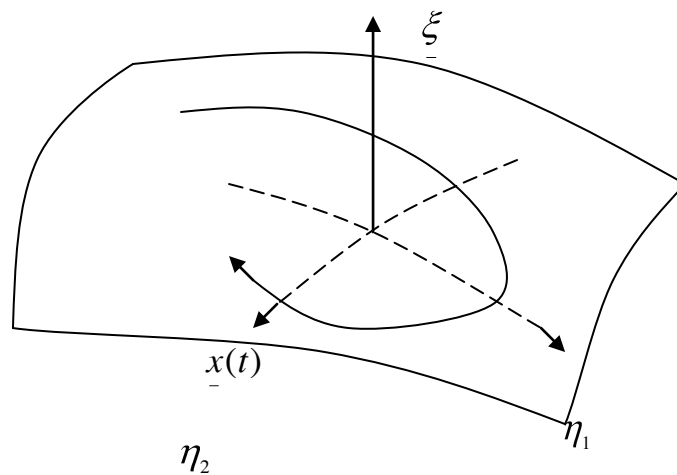
$$\frac{d\underline{\eta}}{dt} = \underline{c}(\underline{0}, \underline{\eta}) \quad (3.21b)$$

Đó cũng là hai phương trình phân tích tính động học không của hệ (3.17) thông qua mô hình tương đương (3.20) của nó. Điều kiện để có phương trình (3.21b) là hệ (3.17) phải có bậc tương đối  $r$  nhỏ hơn  $n$  ( $r < n$ ).

Từ  $\xi=0$  cũng như phép biến đổi trực toạ độ (3.18) và 2 phương trình (3.21) ta thấy, ở chế độ động học không, quỹ đạo trạng thái  $\underline{x}(t)$  phải thoả mãn :  $\underline{g}(\underline{x}) = L_f \underline{g}(\underline{x}) = \dots = L_f^{r-1} \underline{g}(\underline{x}) = 0$ .

Nói cách khác  $\underline{x}(t)$  của động học không sẽ chỉ nằm trong đa tạp (hình 3.7)

$$K = \{ \underline{x} \in \mathbb{R}^n | \underline{g}(\underline{x}) = L_f \underline{g}(\underline{x}) = \dots = L_f^{r-1} \underline{g}(\underline{x}) = 0 \} \quad (3.22)$$



Hình 3.7: **Quỹ đạo trạng thái của Hệ phi tuyến, khi đang ở chế độ Động học không, luôn nằm trong đa tạp K.**

Tuy rằng nằm trong đa tạp K, song việc quỹ đạo  $\underline{x}(t)$  ở chế độ động học không (ứng với tín hiệu điều khiển  $u_0(t)$  thích hợp) có tiến về gốc toạ độ 0 hay không thì chưa được đảm bảo và điều này không được quyết định bởi hệ phi tuyến (3.17) có ổn định hay không. Nó chỉ có thể tiến về  $\underline{0}$  nếu như hệ (3.21b) là ổn định tiệm cận Lyapunov, tức là phải tồn tại 1 hàm xác định dương  $Q(\underline{\eta})$  sao cho :

$$\frac{\partial Q}{\partial \underline{\eta}} \underline{c}(0, \underline{\eta}) < 0 \quad \text{khi} \quad \underline{\eta} \neq 0$$

### 3.4.Thiết kế bộ Điều khiển trượt cho tay máy

#### 3.4.1.Điều khiển trượt

Hệ phi tuyến có mô hình

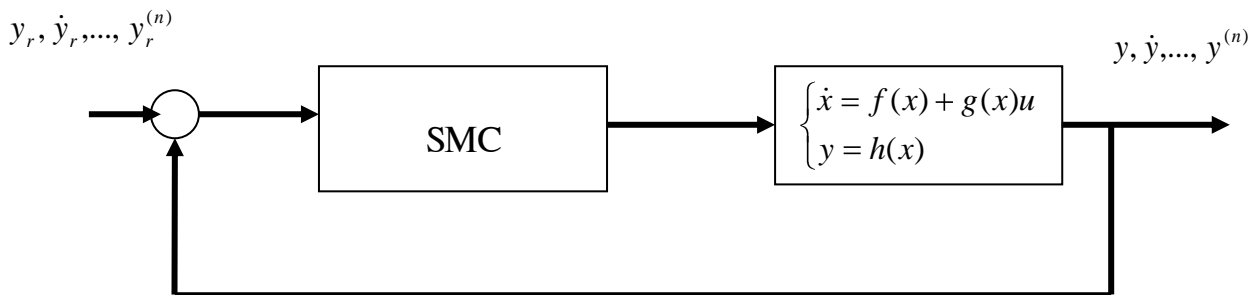
$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, u) = f(x) + g(x)u \\ y = h(x) \end{cases} \quad (3.23)$$

Trong đó  $y$  là tín hiệu đầu ra,  $u$  là tín hiệu đầu vào,  $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$  là vector trạng thái của hệ,  $f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)]^T$ ,  $g(x) = [g_1(x), g_2(x), \dots, g_n(x)]^T$

Hệ phi tuyến có bậc tương đối là  $p$  nếu:

$$\begin{cases} \frac{d^p h(x)}{dt^p} = L_f^p h(x) + L_g L_f^{p-1} h(x)u \\ L_g L_f^{p-1} h(x) \neq 0; L_g L_f^i h(x) = 0, i = 1, 2, 3, \dots, p-2 \end{cases} \quad (3.24)$$

Sơ đồ điều khiển:



#### 3.4.1.1.Trường hợp bậc tương đối của hệ bằng bậc của hệ $p=n$ :

Để có thể thiết kế được bộ điều khiển thì hệ (3.23) phải tồn tại mặt trượt. Hệ (3.23) có mặt trượt  $S$  khi thoả mãn:

$$\text{➤} \quad S = e + \sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i e^{(i)} \quad (3.25)$$

$$\text{➤} \quad A(S) = 1 + \lambda_1 S + \dots + \lambda_{n-1} S^{(n-1)}$$

là đa thức Hurwitz để có:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0 \quad (3.26)$$

$$\triangleright \quad S(0) = 0 \quad (3.27)$$

Điều kiện để (3.23) trượt về điểm cân bằng là phải thỏa mãn điều kiện trượt. Điều kiện trượt được xây dựng trên cơ sở đảm bảo hệ kín ổn định tiệm cận, có nghĩa là cho hệ trong hình trên tồn tại 1 hàm Lyapunov. Giả sử hệ có hàm Lyapunov có dạng sau:

$$V(x,t) = \frac{1}{2} S^2 \quad (3.28)$$

là hàm xác định dương. Đạo hàm của nó có dạng sau:

$$\frac{dV}{dt} = S\dot{S} \quad (3.29)$$

Hệ (3.23) ổn định tiệm cận khi (3.29) là hàm có dấu xác định âm:

$$S\dot{S} < 0 \Rightarrow \begin{cases} S > 0, \dot{S} < 0 \\ S < 0, \dot{S} > 0 \end{cases} \quad (3.30)$$

Như vậy  $\dot{S}$  phải trái dấu với  $S$ , do vậy ta có:

$$\dot{S} = -Kh(S) \quad (3.31)$$

$h(S)$  cùng dấu với  $S$  do vậy để thỏa mãn điều kiện trượt ta có thể chọn hàm  $h(S)$  có các dạng sau: hàm dấu  $\text{Sig}(S)$ , hàm bão hoà  $\text{Saturation}(S)$ , hàm  $h(S) = \text{Tan}(S)$

Theo (3.25) ta có:

$$\dot{S} = \dot{e} + \sum_{i=2}^n \lambda_{i-1} e^{(i)} = \dot{e} + \lambda_1 \ddot{e} + \dots + \lambda_n e^{(n)} = -Kh(S) \quad (3.32)$$

Ta có:

$$e^{(n)} = y_r^{(n)} - (L_f^n h(x) + L_g L_f^{n-1} h(x)u) \quad (3.33)$$

$$\text{Do vậy: } \dot{e} + \lambda_1 \ddot{e} + \dots + \lambda_n y_r^{(n)} - \lambda_n (L_f^n h(x) + L_g L_f^{n-1} h(x)u) = -Kh(S) \quad (3.34)$$

Tín hiệu điều khiển tìm được:

$$u(t) = \frac{Kh(S) + \dot{e} + \lambda_1 \ddot{e} + \dots + \lambda_n y_r^{(n)} - \lambda_n L_f^n h(x)}{\lambda_n L_g L_f^{n-1} h(x)} \quad (3.35)$$

### 3.4.1.2. Trường hợp bậc tương đối của hệ $p < n$

Hệ (3.23) phải thoả mãn động học không.

Xây dựng mặt trượt :

$$\text{➤} \quad S = e + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i e^{(i)} \quad (3.36)$$

$$\text{➤} \quad A(s) = 1 + \lambda_1 s + \dots + \lambda_{p-1} s^{(p-1)} \text{ là đa thức Hurwitz, để có } \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0 \quad (3.37)$$

$$\text{➤} \quad S(0) = 0, \text{ mặt trượt phải đi qua gốc tọa độ và thoả mãn điều kiện trượt.}$$

Hoàn toàn tương tự như trong trường hợp trên, ta xây dựng hàm Lyapunov có dạng sau:

$$V = \frac{1}{2} S^2 \text{ xác định dương}$$

$$\dot{V} = S\dot{S} \text{ xác định âm}$$

Ta có:

$$\begin{aligned} \dot{S} &= -Kh(S) \\ \dot{S} &= \dot{e} + \lambda_1 \dot{e} + \dots + \lambda_{p-1} e^{(p)} \\ e &= y_r(t) - y(t) \\ e^{(p)} &= y_r^{(p)}(t) - y^{(p)}(t) \\ y^{(p)}(t) &= L_f^p h(x) + L_g L_f^{(p-1)} h(x) u \\ \dot{S} &= \dot{e} + \lambda_1 \dot{e} + \dots + \lambda_{p-1} y_r^{(p)}(t) - \lambda_{p-1} (L_f^p h(x) + L_g L_f^{(p-1)} h(x) u) = -Kh(S) \end{aligned} \quad (3.38)$$

Tín hiệu điều khiển:

$$u(t) = \frac{Kh(S) + \dot{e} + \lambda_1 \dot{e} + \dots + \lambda_{p-1} (y_r^{(p)} - L_f^p h(x))}{\lambda_{p-1} L_g L_f^{(p-1)} h(x)} \quad (3.39)$$

### 3.4.2. Thiết kế bộ điều khiển trượt cho tay máy n bậc tự do

Mô hình động lực học của tay máy:

$$\tau = H(q)\ddot{q} + h(q, \dot{q}) \quad (3.40)$$



với  $H(q)$  là ma trận quán tính xác định dương, đối xứng.

Chúng ta giả sử rằng các giá trị ước lượng  $\hat{H}(q)$  và  $\hat{h}(q, \dot{q})$  quan hệ với giá trị thực  $H(q)$  và  $h(q, \dot{q})$  bởi bất đẳng thức sau:

$$\|\hat{H}^{-1}(q)H(q)\| \leq \beta(q) \quad (3.41)$$

$$\text{và } \|h(q, \dot{q}) - \hat{h}(q, \dot{q})\| \leq \Delta h_{\max}(q, \dot{q}) \quad (3.42)$$

với  $\beta(q)$  và  $\Delta h_{\max}(q, \dot{q})$  là những hàm đã biết.

Viết lại biểu thức động lực học dưới dạng:

$$\ddot{q} = f(q, \dot{q}) + B(q)\tau \quad (3.43)$$

$$\text{Với } f(q, \dot{q}) = -H^{-1}(q)h(q, \dot{q}) \quad (3.44)$$

$$B(q) = H^{-1}(q) \quad (3.45)$$

Nhiệm vụ của điều khiển là tìm mô men thích hợp  $\tau$  sao cho vector vị trí  $q$  của tay máy bám theo quỹ đạo mong muốn  $q_d$ .

Chúng ta định nghĩa sai lệch trạng thái  $e$  và mặt trượt như sau:

$$e = q_d - q \quad (3.46)$$

$$S = Ce + \dot{e}; C = C^T > 0 \quad (3.47)$$

Rõ ràng rằng  $S=0$  thì  $q(t) \rightarrow q_d(t)$ . Quả thực với  $S=0$  ta có thể viết lại như sau:

$$S = 0 \Rightarrow Ce + \dot{e} = 0 \Rightarrow \dot{e} = -Ce$$

Như vậy hệ thống ổn định tiệm cận nếu có  $e = 0$  và theo đó điều kiện bám  $q(t) \rightarrow q_d(t)$  sẽ được đảm bảo.

Do vậy vấn đề điều khiển là phải tìm mô men  $\tau$  thích hợp sao cho vector trạng thái của hệ thống có thể bám được trên mặt trượt. Hay phải tìm  $\tau$  thỏa mãn điều kiện trượt. Điều kiện trượt có thể xác định theo tiêu chuẩn Lyapunov.

Chúng ta định nghĩa hàm Lyapunov như sau:

$$V = \frac{1}{2} S^T S > 0 \quad (3.48)$$

Đạo hàm của (3.48) có dạng:

$$\dot{V} = S^T \dot{S} \quad (3.49)$$

Như vậy, nếu  $\dot{V} < 0$  thì với  $V \rightarrow 0$  dẫn tới  $S \rightarrow 0$  và  $e \rightarrow 0$

Do vậy, điều kiện đủ của điều kiện trượt là:

$$S^T \dot{S} < 0 \quad (3.50)$$

Khi đó điều kiện trượt đảm bảo cho hệ kín ổn định toàn cục, tiệm cận và điều kiện bám được thực hiện mặc dù mô hình không chính xác, nhiễu,...

Nếu điều kiện trượt có thể thỏa mãn theo đó:

$$S^T \dot{S} \leq -\alpha \|S\| \leq 0; \alpha > 0; \|S\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2} \quad (3.51)$$

Tiếp đó, mặt phẳng trượt  $S=0$  sẽ đạt được với thời gian giới hạn nhỏ hơn  $T_0$  ở đó:

$$T_0 = \frac{1}{2\alpha} \|S(q(0))\| \quad (3.52)$$

Biểu thức trên được chứng minh như sau:

Từ (29) ta có:

$$\frac{S^T \dot{S}}{\|S\|} \leq -\alpha \quad (3.53)$$

Thay  $\dot{V} = S^T \dot{S}$  và  $\|S\| = (2V)^{\frac{1}{2}}$  vào (3.53) sau đó tích phân hai vế với  $t=0 \rightarrow t_{reach}$ ,  $S(q(t_{reach}))=0$  ta có:

$$\int_0^{t_{reach}} \frac{\dot{V}}{(2V)^{\frac{1}{2}}} dt = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \frac{1}{2} \right]_0^{t_{reach}} = \frac{\|S(q(0))\|}{2} \leq -\alpha t_{reach} \rightarrow t_{reach} \leq \frac{\|S(q(0))\|}{2\alpha} = T_0 \quad (3.54)$$

Bây giờ chúng ta tìm đầu vào bộ điều khiển  $\tau$  thỏa mãn điều kiện trượt.

Lấy đạo hàm biểu thức (3.47) ta có:

$$\dot{S} = C\dot{e} + \ddot{q} - \ddot{q}_d \quad (3.55)$$

Thay biểu thức (3.39) vào ta có:

$$\dot{S} = C\dot{e} + f(q, \dot{q}) + B(q)\tau - \ddot{q}_d \quad (3.56)$$

Do đó tín hiệu điều khiển có dạng

$$\tau = \hat{B}^{-1} \left[ \tau_{eq} - KSgn(s) \right] \quad (3.57)$$

với:

$$\begin{aligned} \tau_{eq} &= \ddot{q} - C\dot{e} - \hat{f}(q, \dot{q}) \\ Sgn(s) &= \left[ Sgn(s_1), Sgn(s_2), \dots, Sgn(s_n) \right]^T \end{aligned} \quad (3.58)$$

$K > 0$ ,  $K$  là ma trận khuyếch đại  $n \times n$ .

Ma trận khuyếch đại  $K$  phải chọn đủ lớn để điều kiện trượt được thỏa mãn mặc dù có tham số không rõ, nhiễu,...

Trong trường hợp ước lượng chính xác  $\hat{B} = B, \hat{f} = f$  thì điều kiện trượt được viết lại như sau:

$$S^T \dot{S} = -S^T K Sgn(s) \leq -\alpha \|S\| \quad (3.59)$$

$$\text{Nếu chọn } K \geq \beta I; \beta > \alpha \quad (3.60)$$

$$\text{và } S^T \dot{S} = -\beta \|S\| = -\beta \sum_{i=1}^m |S_i| \leq -\beta \sqrt{\sum_{i=1}^m S_i^2} = -\beta \|S\| \leq -\alpha \|S\| \quad (3.61)$$

thì chế độ trượt xảy ra.

Ta nhận thấy rằng, đầu vào điều khiển được gián đoạn qua  $s(t)$  như cho ở biểu thức (3.57). Hiện tượng chattering xảy ra. Bởi vì trong thực tế, sự chuyển đổi là không lý tưởng. Trong trường hợp sai số ước lượng là không đủ nhỏ thì việc chọn  $K$  là không đơn giản như biểu thức trên.

Trong trường hợp đó  $\dot{S}$  cho dưới dạng:

$$\dot{S} = -\dot{q}_d + C\dot{e} + f(q, \dot{q}) + B(q)\hat{B}^{-1}\tau_{eq} - B(q)\hat{B}^{-1}KSgn(s) \quad (3.62)$$

đặt  $f = \hat{f} + (f - \hat{f})$ ;  $R = B(q)\hat{B}^{-1}$  dẫn tới:

$$\dot{S} = (R - I)\tau_{eq} + (f - \hat{f}) - RKSgn(s) \quad (3.63)$$

Từ đây, điều kiện trượt là:

$$S^T \dot{S} = S^T \left\{ (R - I)\tau_{eq} + (f - \hat{f}) - RKSgn(s) \right\} - \alpha S^T Sgn(s) \quad (3.64)$$

Do vậy, nếu chọn K để:

$$S^T RKSgn(s) \geq S^T \left\{ (R - I)\tau_{eq} + (f - \hat{f}) \right\} + \alpha S^T Sgn(s) \quad (3.65)$$

thì điều kiện trượt như ở trên  $S\dot{S} < 0$  được thỏa mãn và điều kiện trượt đạt được.

$$\|R^{-1}\| = \|\hat{B}B^{-1}\| \leq \beta(q) \quad (3.66)$$

Từ biểu thức (3.41) và (3.42) ta có bất đẳng thức:

$$\|R^{-1}\| = \|\hat{B}B^{-1}\| \leq \beta(q) \quad (3.67)$$

$$\|R^{-1}(f - \hat{f})\| = \|\hat{B}(\hat{h} - h)\| \leq \|\hat{B}\|\Delta h_{\max} \quad (3.68)$$

Từ đây, ta có thể chọn ma trận K thỏa mãn điều kiện trượt như sau:

$$\|K\| \geq \|(1 - \beta)I\|\|\tau_{eq}\| + \|\hat{B}\|\Delta h_{\max} + \alpha\|I\| \quad (3.69)$$

### 3.4.3. Ứng dụng Điều khiển trượt cho tay máy Robot 2 bậc tự do

#### 3.4.3.1. Phương trình động lực học tay máy hai bậc tự do toàn khớp quay

Bộ thông số tay máy:  $m_1 = m_2 = 1 \text{ kg}$

$$l_1 = l_2 = 1 \text{ m}$$

Phương trình động lực học:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{\theta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} \quad (3.70)$$

Trong đó  $F_1, F_2$  là lực được tạo ra ở các khớp động, ma trận  $H$  là ma trận xác định dương và đối xứng, ma trận  $C$  là ma trận lực ly tâm,  $G$  là ma trận lực trọng trường.

Giá trị của các ma trận khi thay giá trị được xác định như sau:

- Ma trận  $H$ :

$$\begin{aligned} h_{11} &= 5 + 3\cos\theta_2 \\ h_{12} &= h_{21} = 1 + 3/2\cos\theta_2 \\ h_{22} &= 1 \end{aligned} \quad (3.71)$$

- Ma trận  $C$ :

$$\begin{aligned} c_{11} &= -3\dot{\theta}_2 \sin\theta_2 \\ c_{12} &= -3/2\dot{\theta}_2 \sin\theta_2 \\ c_{21} &= -3\dot{\theta}_1 \sin\theta_2 \\ c_{22} &= 0 \end{aligned} \quad (3.72)$$

- Ma trận  $G$ :

$$\begin{aligned} g_1 &= 15\cos\theta_1 - 15\cos(\theta_1 + \theta_2) \\ g_2 &= 15\cos(\theta_1 + \theta_2) \end{aligned} \quad (3.73)$$

### 3.4.3.2. Mô hình động lực học tay máy hai bậc tự do

Chúng ta đặt các biến trạng thái là tín hiệu góc quay và vận tốc của các khớp tay máy:

Khớp 1:

$$\begin{cases} x_{11} = \theta_1 \\ x_{12} = \dot{x}_{11} = \dot{\theta}_1 \\ \dot{x}_{12} = \ddot{\theta}_1 \end{cases} \quad (3.74)$$

Khớp 2:

$$\begin{cases} x_{21} = \theta_2 \\ x_{22} = \dot{x}_{21} = \dot{\theta}_2 \\ \dot{x}_{22} = \ddot{\theta}_2 \end{cases} \quad (3.75)$$

Tín hiệu vào u:

$$\begin{cases} u_1 = F_1 \\ u_2 = F_2 \end{cases} \quad (3.76)$$

Từ biểu thức (3.70) ta có:

$$\begin{bmatrix} \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{\theta}_2 \end{bmatrix} = H^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} - H^{-1} \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} - H^{-1} \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} \quad (3.77)$$

trong đó  $H^{-1}$  là ma trận nghịch đảo của ma trận H.

Tính  $H^{-1}$  và kết hợp tất cả các phương trình trên và thay vào (3.77) để tính được:

Khớp 1

$$\begin{cases} \dot{x}_{11} = x_{12} \\ \dot{x}_{12} = \frac{1}{4 - 9/4 \cos^2 x_{21}} (u_1 + \frac{3}{2} x_{22} (2x_{12} + x_{22}) \sin x_{21} - 15(\cos x_{11} - \cos x_{21})) - \\ -(1 + \frac{3}{2} \cos x_{21})(u_2 - \frac{3}{2} x_{12}^2 \sin x_{21} - 15 \cos(x_{11} + x_{21})) \end{cases} \quad (3.78)$$

Khớp 2:

$$\begin{cases} \dot{x}_{21} = x_{22} \\ \dot{x}_{22} = \frac{1}{4 - 9/4 \cos^2 x_{21}} (-(1 + \frac{3}{2} \cos x_{21})(u_1 + \frac{3}{2} x_{22} (2x_{12} + x_{22}) \sin x_{21} - 15(\cos x_{11} - \cos x_{21}))) + \\ +(5 + 3 \cos x_{21})(u_2 - \frac{3}{2} x_{12}^2 \sin x_{21} - 15 \cos(x_{11} + x_{21}))) \end{cases} \quad (3.79)$$

### 3.4.3.3. Thiết kế bộ điều khiển trượt cho tay máy 2 bậc tự do

**Xác định bậc tương đối cho khớp 1 và khớp 2:**

Từ phương trình trạng thái của các khớp (3.78), (3.79) và biểu thức (3.24) ta có được ngay là trong trường hợp này là  $p=n$  hay bậc tương đối của từng khớp  $p=2$ .

Xây dựng mặt trượt cho từng khớp:

$$\begin{aligned} S_1 &= e_1 + \lambda_1 \dot{e}_1 \\ S_2 &= e_2 + \lambda_2 \dot{e}_2 \end{aligned} \quad (3.80)$$

ở đây:

$$\begin{aligned} e_1 &= x_{d1} - x_{r1} \\ e_2 &= x_{d2} - x_{r2} \end{aligned} \quad (3.81)$$

$\lambda_1, \lambda_2$  là những số thực dương.

Điều kiện để xảy ra chế độ trượt cho hệ trên:

$$\dot{V} = S\dot{S} < 0 \quad (3.82)$$

**Xây dựng bộ điều khiển:**

Từ (3.78) và (3.79) nếu đặt:

$$\begin{cases} \dot{x}_{11} = x_{12} \\ \dot{x}_{12} = f_1(x) + g_1(x, u) \end{cases} \quad (3.83)$$

và:

$$\begin{cases} \dot{x}_{21} = x_{22} \\ \dot{x}_{22} = f_2(x) + g_2(x, u) \end{cases} \quad (3.84)$$

Ta có:

$$\begin{aligned} \dot{S}_1 &= \dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{e}_1 = \dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{x}_{1d} - \lambda_1 \ddot{x}_{11} = \dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{x}_{1d} - \lambda_1 (f_1(x) + g_1(x, u)) \\ &= (\dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{x}_{1d} - \lambda_1 f_1(x)) - \lambda_1 g_1(x, u) = -K_1 h(S_1) \end{aligned} \quad (3.85)$$

$$\Rightarrow g_1(x, u) = \frac{K_1 h(S_1) + (\dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{x}_{1d} - \lambda_1 f_1(x))}{\lambda_1}$$

Tương tự ta cũng có:

$$\Rightarrow g_2(x, u) = \frac{K_2 h(S_2) + (\dot{e}_2 + \lambda_2 \ddot{x}_{2d} - \lambda_2 f_2(x))}{\lambda_2} \quad (3.86)$$

Theo (3.77) ta có:

$$\begin{bmatrix} g_1(x,u) \\ g_2(x,u) \end{bmatrix} = H^{-1}u \quad (3.87)$$

$$\begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \end{bmatrix} = -H^{-1} \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{12} \\ x_{22} \end{bmatrix} - H^{-1} \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} \quad (3.88)$$

Chú ý:  $g_1 \neq g_1(x,u)$

Từ (3.58) ta có được:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} \frac{K_1 h(S_1) + \dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{x}_{1d}}{\lambda_1} - f_1(x) \\ \frac{K_2 h(S_2) + \dot{e}_2 + \lambda_2 \ddot{x}_{2d}}{\lambda_2} - f_2(x) \end{bmatrix} \quad (3.89)$$

Thay (3.88) vào (3.89) ta có được bộ điều khiển:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} \frac{K_1 h(S_1) + \dot{e}_1 + \lambda_1 \ddot{x}_{1d}}{\lambda_1} \\ \frac{K_2 h(S_2) + \dot{e}_2 + \lambda_2 \ddot{x}_{2d}}{\lambda_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{12} \\ x_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} \quad (3.90)$$

#### 3.4.3.4. Tính toán giá trị đặt $\theta_i$ cho tay máy hai bậc tự do

Để tính toán giá trị đặt cho tay máy hai bậc tự do chúng ta cần giải bài toán động học ngược, từ đó tính toán giá trị đặt cho các khớp:

$${}^0A_2 = {}^0A_1 {}^1A_2 = \begin{bmatrix} C_{12} & -S_{12} & 0 & l(C_{12} + C_1) \\ S_{12} & C_{12} & 0 & l(S_{12} + S_1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.91)$$

theo cách biến đổi toạ độ ta có được:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{bmatrix} = {}^0A_2 \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.92)$$

Tuy nhiên, trong bài toán này có  $x_2, y_2, z_2=0$  vì ta chỉ quan tâm tới chuyển động của tâm bàn kẹp do vậy từ (3.91) và (3.92) ta có:



$$\begin{cases} x_0 = l(C_{12} + C_1) \\ y_0 = l(S_{12} + S_1) \end{cases} \quad (3.93)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{x_0^2 + y_0^2}{l^2} &= 2 + 2\cos(\theta_2) \\ \Rightarrow \frac{x_0^2 + y_0^2 - 2l^2}{2l^2} &= \cos(\theta_2) \\ \Rightarrow \theta_2 &= \arccos\left(\frac{x_0^2 + y_0^2 - 2l^2}{2l^2}\right) \end{aligned} \quad (3.94)$$

Từ (3.93) ta có:

$$\begin{cases} x_0 - lC_1 = lC_{12} \\ y_0 - lS_1 = lS_{12} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (x_0 - lC_1)^2 = (lC_{12})^2 \\ (y_0 - lS_1)^2 = (lS_{12})^2 \end{cases} \quad (3.95)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow x_0^2 + y_0^2 - 2l(x_0C_1 + y_0S_1) &= 0 \\ \Rightarrow \frac{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}}{2l} &= \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}}C_1 + \frac{y_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}}S_1 \end{aligned} \quad (3.96)$$

Đặt

$$\begin{cases} \cos(\alpha) = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \\ \sin(\alpha) = \frac{y_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \end{cases} \quad (3.97)$$

Chọn  $\theta_1 > \alpha$  ta có:

$$\theta_1 = \arccos\left(\frac{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}}{2l}\right) + \alpha \quad (3.98)$$

Như vậy, nếu yêu cầu của bài toán là điều khiển tâm bàn kẹp đi theo một quỹ đạo đã được định trước và được xác định bởi:

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) = 0 \end{cases}$$

thì giá trị đặt cho các khớp phải là:

$$\begin{cases} \theta_1 = \arccos\left(\frac{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}}{2l}\right) + \alpha \\ \theta_2 = \arccos\left(\frac{x_0^2 + y_0^2 - 2l^2}{2l^2}\right) \end{cases} \quad (3.99)$$

## CHƯƠNG 4

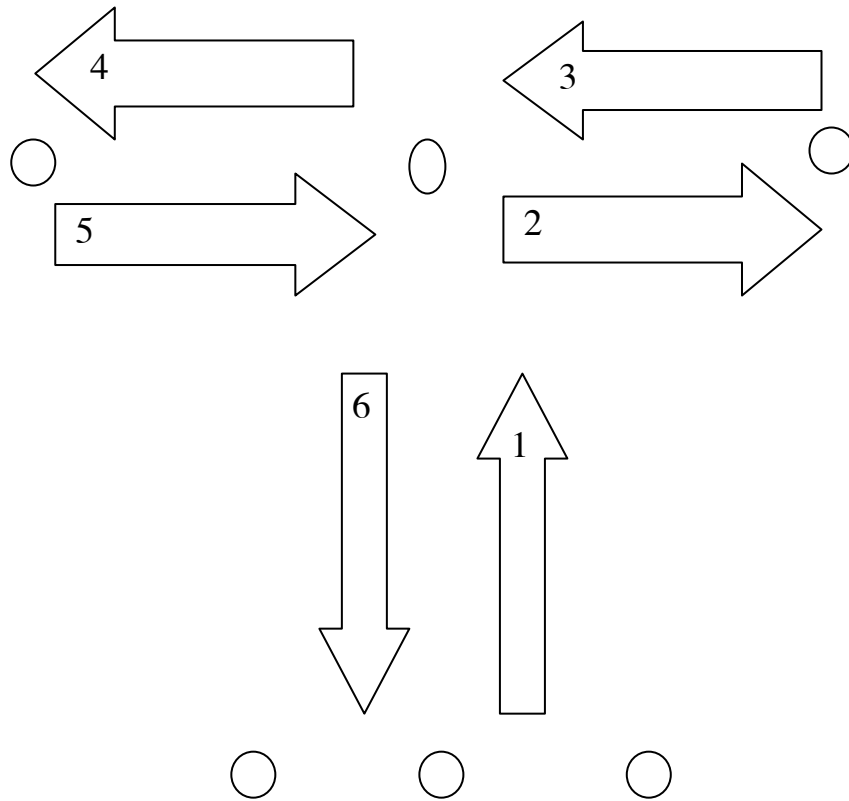
# MÔ HÌNH MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH DI CHUYỂN CỦA TAY MÁY

### 4.1 Mô tả và yêu cầu công nghệ

Cho một hệ thống tay máy hoạt động như sau: Bấm nút start thì tay máy bắt đầu hoạt động hệ đi lên từ A tới điểm B thì được phát hiện bởi công tắc hành trình L2 tay máy dừng 3s và đi sang phải. Khi tay máy đi sang phải tới điểm C thì được phát hiện bởi công tắc hành trình L3 tay máy dừng 3s và sang trái, tới điểm B được phát hiện bởi công tắc hành trình L4 tay máy dừng 3s và đi sang trái, tới điểm C được phát hiện bởi công tắc hành trình L5 tay máy dừng 3s và đi sang phải. Tới điểm B được phát hiện bởi công tắc hành trình L6 hệ dừng 3s và đi xuống dưới tới điểm A và được phát hiện bởi công tắc hành trình L1 và hệ đi lên. Hệ cứ thế lặp lại đến khi ta tạm dừng hệ thống

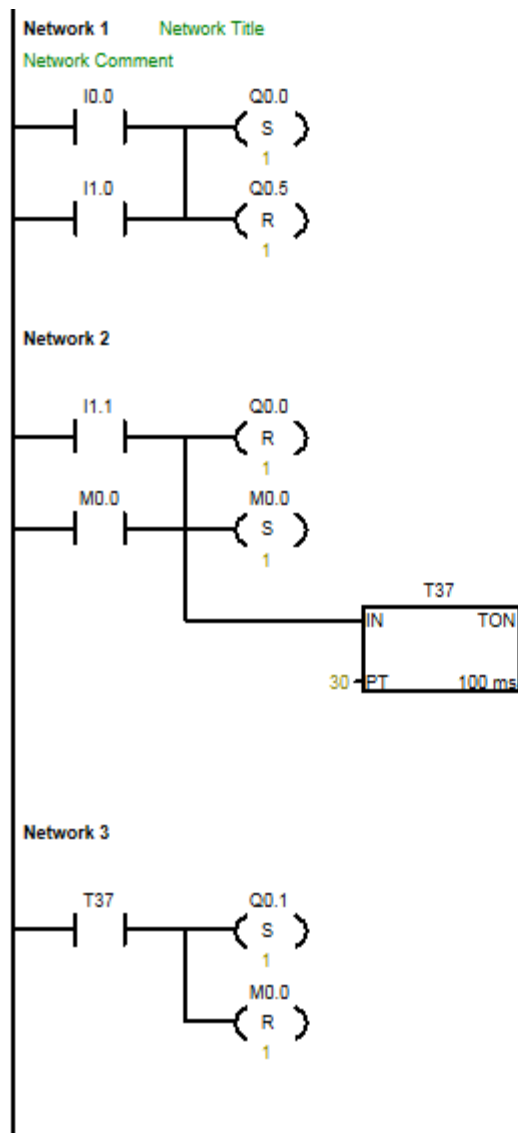
Tóm tắt hoạt động như sau:

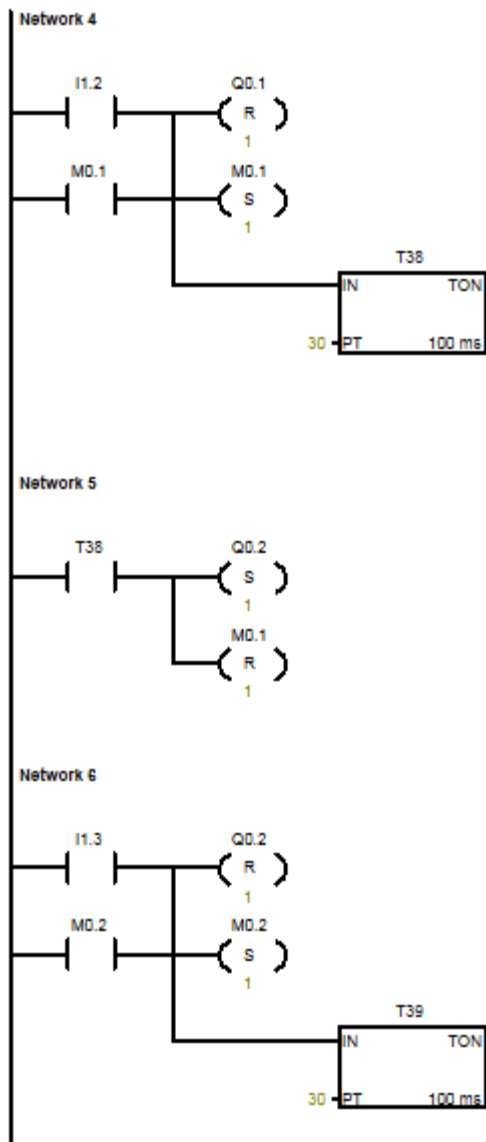
ấn Start (I0.0) =====>bật Q0.0 (đi lên)  
L2 tác động ( I1.1) => dừng 3s rồi bật Q0.1 (sang phải )  
L3 tác động (I1.2) => dừng 3s rồi bật Q0.2 ( sang trái)  
L4 tác động (I1.3) => dừng 3s rồi bật Q0.3 ( sang trái)  
L5 tác động ( I1.4) => dừng 3s rồi bật Q0.4 (sang phải )  
L6 tác động ( I1.5) => dừng 3s rồi bật Q0.5 (đi xuống )  
L1 tác động (I1.6) => dừng lại và đi lên luôn ( bật Q0.0)

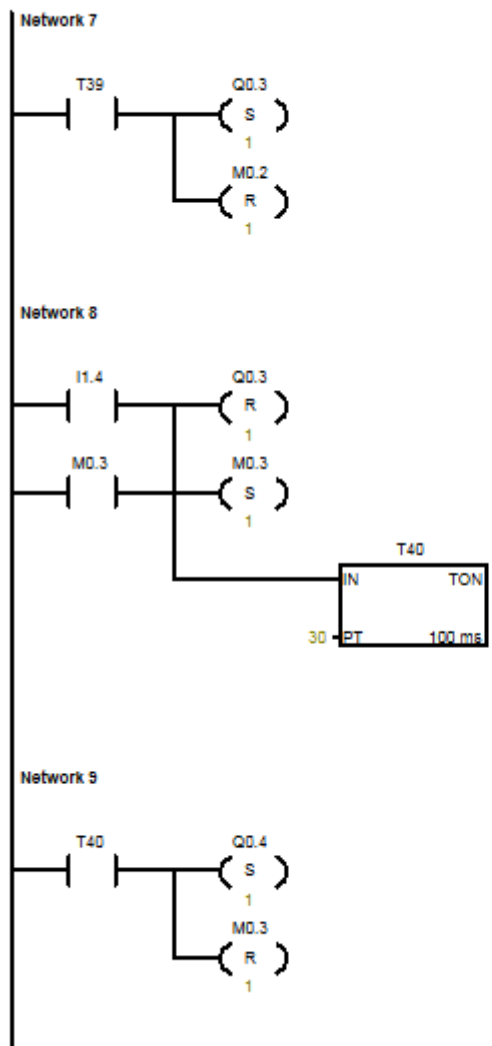


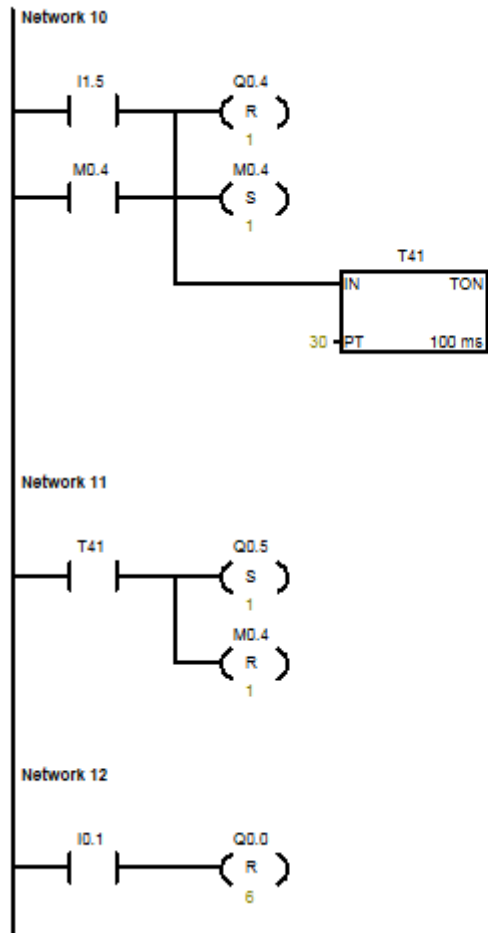
*Hình 4.1 quá trình di chuyển của tay máy*

## 4.2 Chương trình

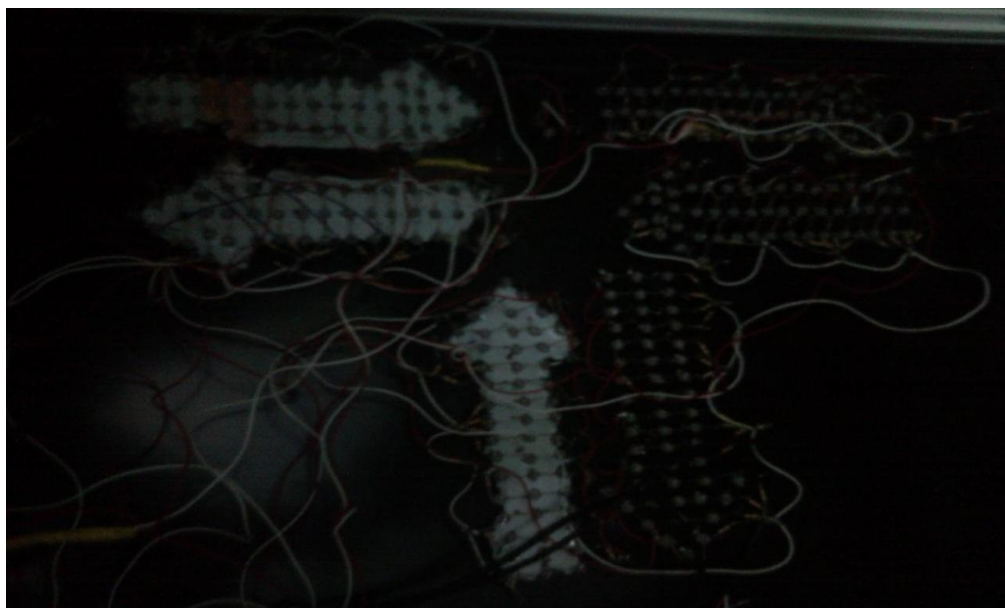




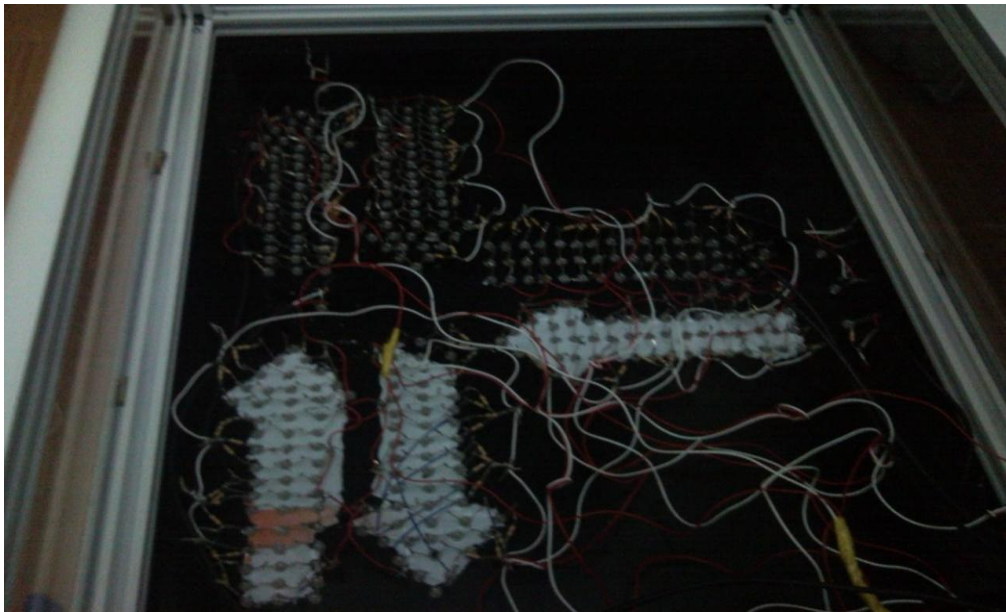




### 4.3. Mô hình mô phỏng quá trình di chuyển của tay máy







*Hình.4.2 sơ đồ đi dây của mô hình*

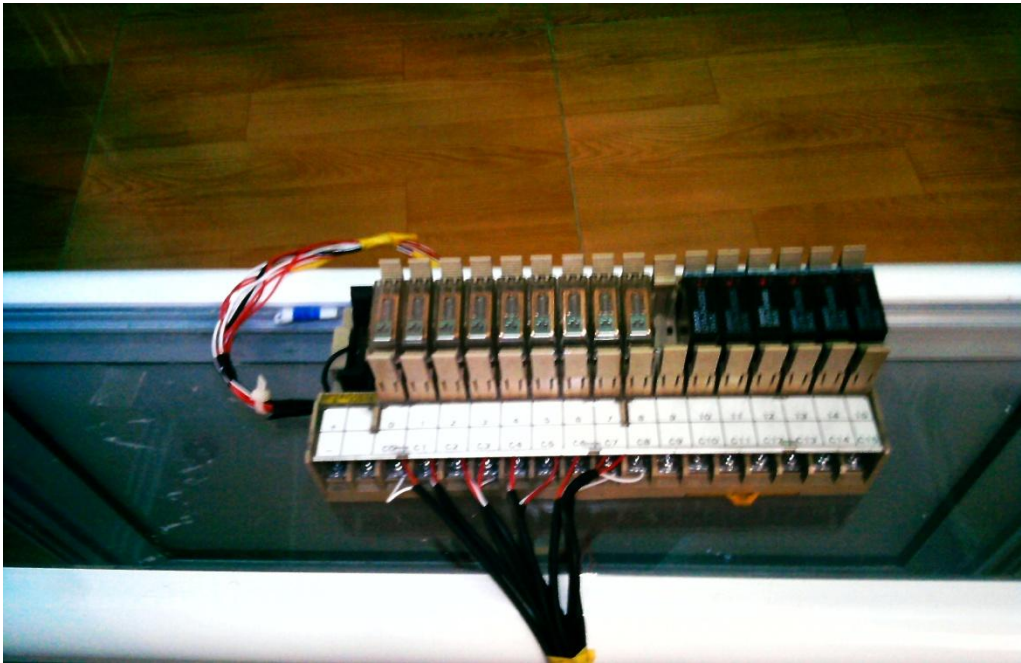




*Hình.4.3 Mặt trước của mô hình khi cấp nguồn*



*Hình.4.4. Nguồn Adapter DC 12v*

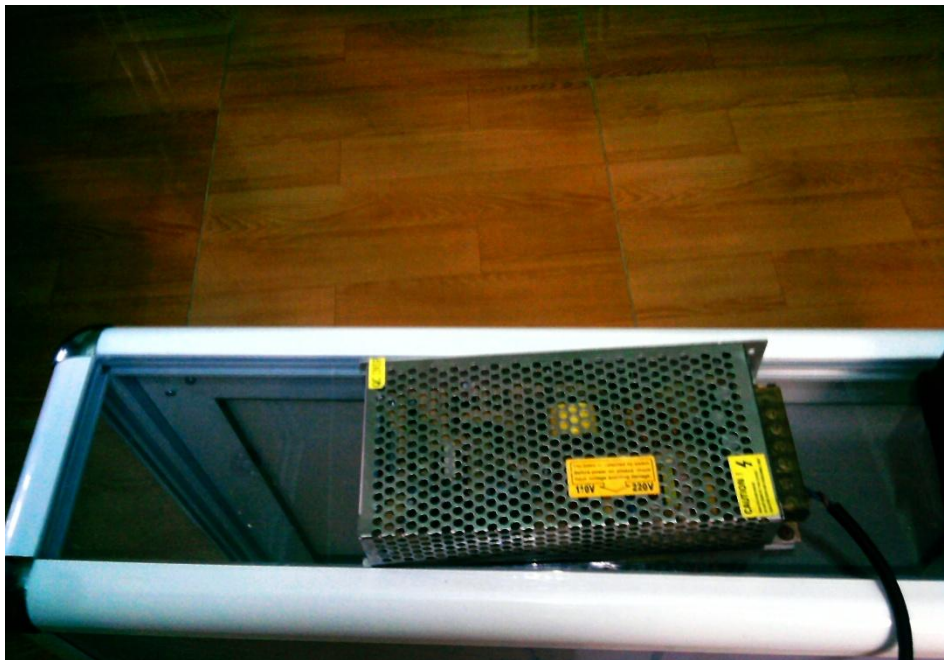


*Hình.4.5. Modul Role trung gian*





*Hình.4.6. PLC S7 – 200 của SIEMENS CPU 224*



*Hình.4.7. Nguồn Adapter 24v DC*

## Kết Luận

Sau một thời gian tìm hiểu theo sự hướng dẫn của thầy giáo hướng dẫn thạc sỹ Nguyễn Đức Minh cùng các thầy cô giáo trong khoa Điện tự động công nghiệp, đề tài tốt nghiệp của em đã hoàn thành với yêu cầu đặt ra của đề tài.

- Tìm hiểu về các cơ cấu di chuyển : cấu tạo và nguyên lý hoạt động, chế độ vận hành của hệ thống
- Tìm hiểu cấu tạo, nguyên lý hoạt động, tập lệnh điều khiển thiết bị điều khiển PLC S7-200
- Thiết kế mô hình mô phỏng quá trình di chuyển của tay máy

Do thời gian có hạn và khả năng còn hạn chế nên đồ án không tránh khỏi những thiếu sót, nhưng vấn đề đề cập đến còn rất hạn chế mong thầy cô thông cảm và bỏ qua thiếu sót cho em. Với điều kiện cho phép em sẽ nghiên cứu và phát triển thêm đề tài của mình.

*Em xin trân trọng cảm ơn!*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thạc sĩ Châu Chí Đức (1996). *Kỹ thuật điều khiển và lập trình PLC SIMATIC S7-200*
2. Nguyễn Huy Mạnh (2006) - *Giáo trình PLC NXB KHKT*
3. Nguyễn Hồng Thái (2002) *Xây dựng thuật toán điều khiển và mô phỏng động Robot nhiều bậc tự do. Thư viện ĐHBK HN 2002.*
4. [www.tailieu.vn](http://www.tailieu.vn)
5. [www.timtailieu.vn](http://www.timtailieu.vn)