

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG.....**

# **Luận văn**

**Xây dựng hệ truyền  
động điện xoay chiều - biến tần PLC**

## LỜI NÓI ĐẦU

Như chúng ta đã biết, nước ta hiện nay đang trong quá trình công nghiệp hoá, hiện đại hoá. Vì thế, tự động hoá đóng vai trò quan trọng, tự động hoá giúp tăng năng suất, tăng độ chính xác và do đó tăng hiệu quả quá trình sản xuất. Để có thể thực hiện tự động hoá sản xuất, bên cạnh các thiết bị máy móc cơ khí hay điện, các dây chuyền sản xuất...v.v, cũng cần có các bộ điều khiển để điều khiển chúng. Trong các thiết bị hiện đại được đưa vào các dây chuyền sản xuất tự động đó không thể không kể đến biến tần và PLC.

Bộ biến tần không chỉ điều khiển tốc độ động cơ bằng cách thay đổi tần số, khởi động mềm động cơ mà còn góp phần đáng kể để giảm năng lượng điện tiêu thụ trong các cơ sở sản xuất của doanh nghiệp. Vì vậy bộ biến tần có vai trò rất quan trọng trong đời sống và hoạt động của các doanh nghiệp.

PLC là một thiết bị điều khiển đa năng được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp để điều khiển hệ thống theo một chương trình được viết bởi người sử dụng. Nhờ hoạt động theo chương trình nên PLC có thể được ứng dụng để điều khiển nhiều thiết bị máy móc khác nhau. Nếu muốn thay đổi quy luật hoạt động của máy móc, thiết bị hay hệ thống sản xuất tự động, rất đơn giản ta chỉ cần thay đổi chương trình điều khiển. Các đối tượng mà PLC có thể điều chỉnh được rất đa dạng, từ máy bơm, máy cắt, máy khoan, lò nhiệt... đến các hệ thống phức tạp như: băng tải, hệ thống chuyển mạch tự động (ATS), thang máy, dây chuyền sản xuất...v.v.

Xuất phát từ đặc điểm trên em đã chọn đề tài: “***Xây dựng hệ truyền động điện xoay chiều - biến tần PLC***”

Nội dung đồ án gồm 3 chương:

- Chương 1. Động cơ không đồng bộ và các phương pháp điều khiển tốc độ bằng điều chỉnh tần số nguồn cấp
- Chương 2. Xây dựng hệ thống điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ dùng PLC
- Chương 3. Ứng dụng hệ truyền động điện đồng tốc cho máy cuộn dây đồng

# **CHƯƠNG 1.**

## **ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ NGUỒN CẤP**

### **1.1 KHÁI NIỆM**

Máy điện không đồng bộ là loại máy điện quay, hoạt động trên nguyên lý cảm ứng điện từ, có tốc độ quay của roto khác với tốc độ quay của từ trường quay.

Máy điện không đồng bộ do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn sử dụng và bảo quản thuận tiện, giá thành rẻ nên được sử dụng rộng rãi trong nền kinh tế quốc dân, nhất là loại công suất dưới 100 kW.

Động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc cấu tạo đơn giản nhất là động cơ rôto lồng sóc (đúc nhôm) nên chiếm một số lượng khá lớn trong loại động cơ công suất nhỏ và trung bình. Nhược điểm của động cơ này là điều chỉnh tốc độ khó khăn và dòng điện khởi động lớn thường bằng 6-7 lần dòng điện định mức. Để bổ khuyết cho nhược điểm này, người ta chế tạo động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc nhiều tốc độ và dùng rôto rãnh sâu, lồng sóc kép để hạ dòng điện khởi động, đồng thời tăng mômen khởi động lên.

Động cơ điện không đồng bộ rôto dây quấn có thể điều chỉnh được tốc độ trong một chừng mực nhất định, có thể tạo một mômen khởi động lớn mà dòng khởi động không lớn lắm, nhưng chế tạo có khó hơn so với loại rôto lồng sóc, do đó giá thành cao hơn, bảo quản cũng khó hơn.

### **1.2 ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ**

#### **1.2.1 Cấu tạo**

Động cơ không đồng bộ gồm 2 phần cơ bản là phần quay (roto) và phần tĩnh (stato), giữa phần quay và phần tĩnh là khe hở không khí.

##### **a) Cấu tạo của stato**

Stato gồm 2 phần cơ bản: mạch từ và mạch điện.

Mạch từ: mạch từ của stato được ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện có chiều

dây khoảng 0,3 – 0,5 mm, đượ cách điện 2 mặt để chống dòng Fucô. Lá thép stato có dạng hình van III.

Động cơ không đồng bộ về cấu tạo được chia làm hai loại: động cơ không đồng bộ ngắn mạch hay còn gọi là rôto lồng sóc và động cơ dây quấn. Stato có hai loại như nhau. Ở phần luận văn này chỉ nghiên cứu động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc.

### 1. Stato (phần tĩnh)

Stato bao gồm vỏ máy, lõi thép và dây quấn.

#### -Vỏ máy

Vỏ máy là nơi cố định lõi sắt, dây quấn và đồng thời là nơi ghép nối nắp hay gối đỡ trục. Vỏ máy có thể làm bằng gang nhôm hay lõi thép. Để chế tạo vỏ máy người ta có thể đúc, hàn, rèn. Vỏ máy có hai kiểu: vỏ kiểu kín và vỏ kiểu bảo vệ. Vỏ máy kiểu kín yêu cầu phải có diện tích tản nhiệt lớn người ta làm nhiều gân tản nhiệt trên bề mặt vỏ máy. Vỏ kiểu bảo vệ thường có bề mặt ngoài nhẵn, gió làm mát thổi trực tiếp trên bề mặt ngoài lõi thép và trong vỏ máy.

Hộp cực là nơi để đấu điện từ lưới vào. Đối với động cơ kiểu kín hộp cực yêu cầu phải kín, giữa thân hộp cực và vỏ máy với nắp hộp cực phải có giăng cao su. Trên vỏ máy còn có bulon vòng để cẩu máy khi nâng hạ, vận chuyển và bulon tiếp mát.

#### -Lõi sắt

Lõi sắt là phần dẫn từ. Vì từ trường đi qua lõi sắt là từ trường quay, nên để giảm tổn hao lõi sắt được làm những lá thép kỹ thuật điện dây 0,5mm ép lại. Yêu cầu lõi sắt là phải dẫn từ tốt, tổn hao sắt nhỏ và chắc chắn.

Mỗi lá thép kỹ thuật điện đều có phủ sơn cách điện trên bề mặt để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên (hạn chế dòng điện phuco).

#### -Dây quấn

Dây quấn stator được đặt vào rãnh của lõi sắt và được cách điện tốt với lõi sắt. Dây quấn đóng vai trò quan trọng của máy điện vì nó trực tiếp tham gia

các quá trình biến đổi năng lượng điện năng thành cơ năng hay ngược lại, đồng thời về mặt kinh tế thì giá thành của dây quấn cũng chiếm một phần khá cao trong toàn bộ giá thành máy.

#### b) Phần quay (Rôto)

Rôto của động cơ không đồng bộ gồm lõi sắt, dây quấn và trục (đối với động cơ dây quấn còn có vành trượt).

##### -Lõi sắt

Lõi sắt của rôto bao gồm các lá thép kỹ thuật điện như của stator, điểm khác biệt ở đây là không cần sơn cách điện giữa các lá thép vì tần số làm việc trong rôto rất thấp, chỉ vài Hz, nên tổn hao do dòng fuco trong rôto rất thấp. Lõi sắt được ép trực tiếp lên trục máy hoặc lên một giá rôto của máy. Phía ngoài của lõi thép có xẻ rãnh để đặt dây quấn rôto.

##### -Dây quấn rôto

Phân làm hai loại chính: loại rôto kiểu dây quấn và loại rôto kiểu lồng sóc. Loại rôto kiểu dây quấn Rôto có dây quấn giống như dây quấn stato. Máy điện kiểu trung bình trở lên dùng dây quấn kiểu sóng hai lớp, vì bớt những dây đầu nối, kết cấu dây quấn trên rôto chặt chẽ. Máy điện cỡ nhỏ dùng dây quấn đồng tâm một lớp. Dây quấn ba pha của rôto thường đấu hình sao.

Đặc điểm của loại động cơ kiểu dây quấn là có thể thông qua chổi than đưa điện trở phụ hay suất điện động phụ vào mạch rôto để cải thiện tính năng mở máy, điều chỉnh tốc độ hay cải thiện hệ số công suất của máy.

##### Loại rôto kiểu lồng sóc

Kết cấu của loại dây quấn rất khác với dây quấn stato. Trong mỗi rãnh của lõi sắt rôto, đặt các thanh dẫn bằng đồng hay nhôm dài khỏi lõi sắt và được nối tắt lại ở hai đầu bằng hai vòng ngắn mạch bằng đồng hay nhôm. Nếu là rôto đúc nhôm thì trên vành ngắn mạch còn có các cánh khoá gió.

Rôto thanh đồng được chế tạo từ đồng hợp kim có điện trở suất cao nhằm mục đích nâng cao mômen mở máy.

Để cải thiện tính năng mở máy, đối với máy có công suất lớn, người ta làm rãnh rôto sâu hoặc dùng lồng sóc kép. Đối với máy điện cỡ nhỏ, rãnh rôto được làm chéo góc so với tâm trục.

Dây quấn lồng sóc không cần cách điện với lõi sắt.

-Trục

Trục máy điện mang rôto quay trong lòng stato, vì vậy nó cũng là một chi tiết rất quan trọng. Trục của máy điện tùy theo kích thước có thể được chế tạo từ thép Cacbon từ 5 đến 45.

Trên trục của rôto có lõi thép, dây quấn, vành trượt và quạt

### 1.2.2 Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ

Động cơ không đồng bộ ba pha có hai phần chính: stato (phần tĩnh) và rôto (phần quay). Stato gồm có lõi thép trên đó có chứa dây quấn ba pha.

Khi đấu dây quấn ba pha vào lưới điện ba pha, trong dây quấn sẽ có các dòng điện chạy, hệ thống dòng điện này tạo ra từ trường quay, quay với tốc độ:

$$n_1 = \frac{60 * f_1}{P} \quad (1.1)$$

Trong đó:

- $f_1$ : tần số nguồn điện

- $p$ : số đôi cực từ của dây quấn

Phần quay, nằm trên trục quay bao gồm lõi thép rôto. Dây quấn rôto bao gồm một số thanh dẫn đặt trong các rãnh của mạch từ, hai đầu được nối bằng hai vành ngắn mạch.

Từ trường quay của stato cảm ứng trong dây rôto sức điện động  $E$ , vì dây quấn stato kín mạch nên trong đó có dòng điện chạy. Sự tác dụng tương hỗ giữa các thanh dẫn mang dòng điện với từ trường của máy tạo ra các lực điện từ  $F_{dt}$  tác dụng lên thanh dẫn có chiều xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Tập hợp các lực tác dụng lên thanh dẫn theo phương tiếp tuyến với bề mặt rôto tạo ra mômen quay rôto. Như vậy, ta thấy điện năng lấy từ lưới điện

đã được biến thành cơ năng trên trục động cơ. Nói cách khác, động cơ không đồng bộ là một thiết bị điện từ, có khả năng biến điện năng lấy từ lưới điện thành cơ năng đưa ra trên trục của nó. Chiều quay của rôto là chiều quay của từ trường, vì vậy phụ thuộc vào thứ tự pha của điện áp lưới đặt trên dây quấn stato. Tốc độ của rôto  $n_2$  là tốc độ làm việc và luôn luôn nhỏ hơn tốc độ từ trường và chỉ trong trường hợp đó mới xảy ra cảm ứng sức điện động trong dây quấn rôto. Hiệu số tốc độ quay của từ trường và rôto được đặc trưng bằng một đại lượng gọi là hệ số trượt  $s$ :

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (1.2)$$

Khi  $s=0$  nghĩa là  $n_1=n_2$ , tốc độ rôto bằng tốc độ từ trường, chế độ này gọi là chế độ không tải lý tưởng (không có bất cứ sức cản nào lên trục). Ở chế độ không tải thực,  $s \approx 0$  vì có một ít sức cản gió, ma sát do ổ bi ...

Khi hệ số trượt bằng  $s=1$ , lúc đó rôto đứng yên ( $n_2=0$ ), momen trên trục bằng momen mở máy.

Hệ số trượt ứng với tải định mức gọi là hệ số trượt định mức. Tương ứng với hệ số trượt này gọi tốc độ động cơ gọi là tốc độ định mức

Tốc độ động cơ không đồng bộ bằng:

$$n_2 = n_1(1 - s_1) \quad (1.3)$$

Một đặc điểm quan trọng của động cơ không đồng bộ là dây quấn stato không được nối trực tiếp với lưới điện, sức điện động và dòng điện trong rôto có được là do cảm ứng, chính vì vậy người ta cũng gọi động cơ này là động cơ cảm ứng.

Tần số dòng điện trong rôto rất nhỏ, nó phụ thuộc vào tốc độ trượt của rôto so với từ trường:

$$f_2 = p \cdot \frac{n_1 - n_2}{60} = \frac{p \cdot n_1 \cdot (n_1 - n_2)}{n_1 \cdot 60} = f_1 \cdot s \quad (1.4)$$

Động cơ không đồng bộ có thể làm việc ở chế độ máy phát điện nếu ta dùng một động cơ khác quay nó với tốc độ cao hơn tốc độ đồng bộ, trong khi

các đầu ra của nó được nối với lưới điện. Nó cũng có thể làm việc độc lập nếu trên đầu ra của nó được kích bằng các tụ điện.

Động cơ không đồng bộ có thể cấu tạo thành động cơ một pha. Động cơ một pha không thể tự mở máy được, vì vậy để khởi động động cơ một pha cần có các phần tử khởi động như tụ điện, điện trở ...

### **1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ NGUỒN CUNG CẤP CHO ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ**

Ta đã biết động cơ không đồng bộ được sử dụng rất phổ biến trong kỹ thuật truyền động điện. Đặc biệt là ngày nay, do phát triển công nghệ chế tạo bán dẫn công suất và kỹ thuật điện tử tin học, động cơ không đồng bộ đã và đang được hoàn thiện và có khả năng cạnh tranh lớn với các hệ truyền động một chiều, nhất là ở vùng công suất truyền động lớn.

Trước đây các hệ truyền động động cơ không đồng bộ có điều chỉnh tốc độ lại chiếm tỉ lệ rất nhỏ, đó là do nó có cấu tạo phần cảm và phần ứng không tách biệt. Dây quấn sơ cấp của động cơ không đồng bộ nhận điện từ lưới với tần số  $f$ , dây quấn thứ cấp được khép kín qua điện trở hoặc nối tắt. Dây quấn thứ cấp sinh ra dòng điện nhờ hiện tượng cảm ứng điện từ, với tần số là hàm của tốc độ góc rôto  $\omega$ . Từ thông động cơ cũng như mômen động cơ sinh ra phụ thuộc vào nhiều tham số. Do vậy, hệ điều chỉnh tự động truyền động điện động cơ không đồng bộ là hệ điều chỉnh nhiều tham số có tính phi tuyến mạnh làm cho đặc tính mở máy xấu, điều chỉnh tốc độ và khống chế quá trình quá độ là khó khăn. Chúng ta thường gặp một số phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ như sau:

- Điều chỉnh điện áp cấp cho động cơ
- Điều chỉnh điện trở rôto
- Điều chỉnh công suất trượt
- Điều chỉnh tần số nguồn cung cấp cho động cơ



Điều chỉnh tần số nguồn cung cấp cho động cơ là phương pháp điều chỉnh triệt để cho phép thay đổi cả tốc độ đồng bộ, và điều chỉnh tốc độ động cơ trong vùng trên của tốc độ định mức. Trong luận văn này chỉ quan tâm đến vấn đề điều chỉnh tần số của động cơ bởi vì phương pháp này đáp ứng được những đòi hỏi cao của các hệ truyền động bám động cơ không đồng bộ như: vùng tốc độ thấp, dải điều chỉnh rộng, ít có tổn thất công suất, có giá trị kinh tế cao... Hệ thống truyền động có nhược điểm là mạch điều khiển phức tạp, có mức độ tích hợp linh kiện lớn ví dụ như biến tần hiện nay thường được sử dụng để biến đổi tần số

Tùy theo cấu trúc cơ bản của bộ biến tần - động cơ khác nhau mà người ta phân ra các loại biến tần sau:

Biến tần trực tiếp: là loại biến tần mà tần số đầu ra luôn nhỏ hơn tần số lưới  $f_s$ , thường nhỏ hơn 50%  $f_s$  dùng cho các hệ truyền động công suất lớn.

Biến tần gián tiếp nguồn áp: loại này thường dùng cho hệ truyền động nhiều động cơ. Các bộ biến tần này có thêm bộ điều chế độ rộng xung thì cho chất lượng điện áp ra cao.

Biến tần nghịch lưu độc lập nguồn dòng: Thích hợp cho hệ truyền động đảo chiều có công suất động cơ truyền động lớn.

Yêu cầu chính đối với đặc tính truyền động tần số là đảm bảo độ cứng đặc tính cơ và khả năng quá tải trong toàn bộ dải điều chỉnh tần số và phụ tải. Ngoài ra còn có các yêu cầu về điều chỉnh tối ưu trong chế độ tĩnh.

Biến tần cho phép ta thay đổi tần số nguồn cấp cho động cơ không đồng bộ, tốc độ quay của động cơ không đồng bộ sẽ được xác định như sau:

$$\omega = \frac{2.\pi}{p}(1-s) f_s \quad (1.5)$$

Trong đó:  $\omega$ : tốc độ quay của động cơ.

$s$ : độ trượt.

$f_s$ : tần số nguồn cung cấp.

$p$ : số đôi cực của động cơ.

Từ biểu thức (1.5) ta thấy khi thay đổi tần số nguồn cung cấp  $f_s$  thì ta thay đổi được tốc độ quay của động cơ. Động cơ không đồng bộ trong hệ điều khiển tần số được mô tả như một đối tượng điều khiển nhiều tham số. Đại lượng vào là tần số  $f_s$  của điện áp  $U_s$  (cũng có thể là dòng điện  $I_s$ ), đại lượng ra là tốc độ  $\omega$ , mômen và vị trí. Ngoài ra còn có phụ tải  $M_c$ . Trong phương pháp điều chỉnh tần số cần phải tuân theo các luật điều chỉnh, bởi vì khi điều khiển tần số thì trở kháng, từ thông, dòng điện... của động cơ thay đổi. Để đảm bảo một số chỉ tiêu mà không làm động cơ bị quá dòng thì cần phải điều chỉnh cả điện áp. Đối với hệ thống truyền động biến tần nguồn áp thường có yêu cầu giữ khả năng quá tải về mômen là không đổi trong suốt vùng điều chỉnh tốc độ cũng như đảm bảo tổn thất khi điều chỉnh là nhỏ nhất. Các quy luật điều chỉnh tần số được trình bày ở dưới đây.

### 1.3.1. Luật điều chỉnh giữ khả năng quá tải không đổi

Xuất phát từ phương trình tính mômen tới hạn khi bỏ qua điện trở dây quấn stator là:

$$M_{th} = \frac{L_m}{2.L_s L_{r\delta}} \frac{U_{fs}^2}{\omega_0^2} = K_m \left( \frac{U_{fs}}{\omega_0} \right)^2 \quad (1.6)$$

$M_{th}$ : mômen tới hạn của động cơ,

$L_m$ : điện cảm hỗ cảm giữa mạch stato và rôto,

$L_r$ : điện cảm của rôto.  $L_s$  là điện cảm mạch stato,

$\omega_0$ : tốc độ đồng bộ,  $K_m$  là hệ số mômen,

$U_{fs}$ : điện áp cấp cho động cơ ở tần số  $f$ ,

Khả năng quá tải về mômen được quy định bằng hệ số quá tải mômen:

$$\lambda_m = \frac{M_{th}}{M} \quad (1.7)$$

Với điều kiện này thì:

$$\lambda_m = \frac{M_{thdm}}{M_{dm}} \quad (1.8)$$

Thay (1.8) vào (1.6) ta có:

$$\frac{U_{fs}}{\omega_0} = \frac{U_{f_{sdm}}}{\omega_{0dm}} \sqrt{\frac{M}{M_{thdm}}} \quad (1.9)$$

Gần đúng có thể viết:

$$M = M_{cdm} \left( \frac{\omega_0}{\omega_{0dm}} \right)^2 \quad (1.10)$$

Khi truyền động làm việc ở trạng thái ổn định ổn định thì  $M = M_c$ , nên:

$$\frac{U_s}{U_{sdm}} = \left( \frac{\omega_0}{\omega_{0dm}} \right)^{1+\frac{x}{2}} = \left( \frac{f_s}{f_{sdm}} \right)^{1+\frac{x}{2}} \quad (1.11)$$

Biểu thức (1.7) viết ở dạng tương đối là:

$$\mathbf{U}_f^* = \mathbf{f}_s^{*(1+\frac{x}{2})} \quad (1.12)$$

Từ đó ta suy ra mômen cho các trường hợp  $x = 0; -1; 2$ .

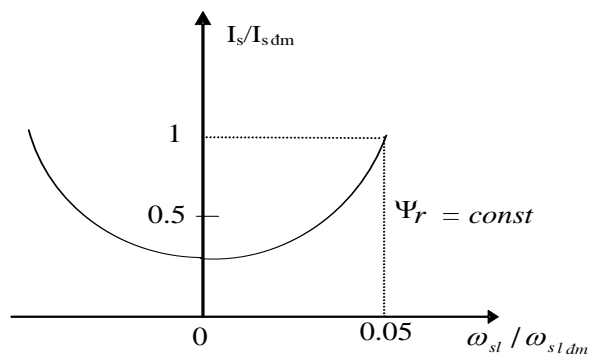
### 1.3.2. Luật điều chỉnh từ thông không đổi

Quan hệ giữa dòng điện stato và từ thông rôto là:

$$I_s = \frac{\Psi_r}{L_m} \sqrt{1 + (T_r \cdot \omega_{st})^2} \quad (1.13)$$

trong đó  $T_r$  là hằng số thời gian rôto,  $\omega_{st}$  là tần số trượt.

Ta có từ biểu thức (1.13) có thể được biểu diễn trong hình sau, cho trường hợp khi giữ  $\Psi_r$  bằng hằng số (hình 1.2).



**Hình 1.1.** Quan hệ dòng điện stato và từ thông rôto

Như vậy muốn giữ từ thông không đổi thì dòng điện phải điều chỉnh theo độ trượt, như quan hệ (1.13).

Nếu giữ  $\Psi_r = \text{const}$  thì véctơ từ thông rôto và véctơ dòng điện rôto phải luôn vuông góc với nhau trong không gian và khi ấy mômen điện từ của động cơ hoàn toàn tỷ lệ với biên độ dòng điện rôto theo biểu thức:

$$M = \Psi_r I_r \quad (1.14)$$

Luật điều chỉnh này không những cần phải giữ  $\Psi$  không đổi mà còn phải giữ cho véctơ của dòng điện luôn luôn vuông góc với véctơ từ thông  $\Psi$ . Khi ấy sẽ thỏa mãn mômen tới hạn của động cơ không đổi trong toàn bộ dải điều chỉnh.

### 1.3.3. Luật điều chỉnh tần số trượt không đổi

Ở chế độ xác lập mô tả toán học của động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc là:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_{sl} L_m & R_2 & -\omega_{sl} L_r \\ \omega_{sl} L_m & 0 & \omega_{sl} L_m & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \\ i_{r\alpha} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} \quad (1.15)$$

$$M = \frac{3}{2} L_m i_{r\alpha} i_{s\beta} - t_{s\alpha} i_{r\beta} \quad (1.16)$$

Giải ra ta có: 
$$M = \frac{3 L_m^2}{2 R_r} \frac{\omega_{sl} I_s^2}{1 + (\omega_{sl} T_r)^2} \quad (1.17)$$

Nếu ta giữ tần số trượt không đổi, tức là  $\omega_{sl} = \text{const}$  thì mômen luôn bằng mômen tới hạn của đặc tính. Điều này được ứng dụng trong trường hợp cần thiết kế luật điều chỉnh sao cho động cơ sinh ra mômen tối đa ứng với giá trị cho trước của dòng điện stato.

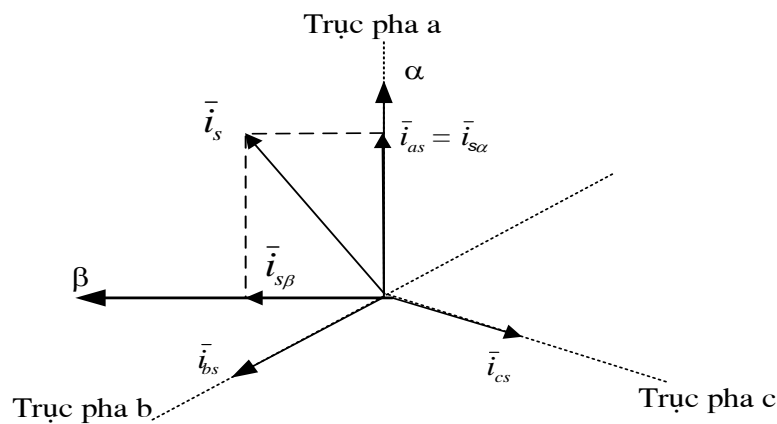
### 1.3.4. Luật điều chỉnh tần số với phương pháp véctơ không gian

a) Khái quát chung về phương pháp véctơ không gian

Các luật điều khiển tần số nói trên thực chất là điều khiển một cách gián tiếp giữ từ thông động cơ không đổi cho nên không đạt được hiệu quả triệt để. Với cách thức tiếp cận với phương pháp điều khiển động cơ điện một

chiều, trong động cơ không đồng bộ, người ta đã xây dựng khái niệm véctơ dòng điện không gian, véctơ điện áp không gian, véctơ từ thông không gian ở cả stato và rôto.

Động cơ không đồng bộ ba pha, có các cuộn dây pha bố trí đối xứng, có thể coi các dòng điện trong các pha là véctơ, với độ lớn là các thành phần dòng điện các pha ( $i_{as}$ ,  $i_{bs}$ ,  $i_{cs}$ ) và hướng trùng với trục của cuộn dây pha tương ứng. Trong mặt phẳng ngang của máy điện, đặt một hệ tọa độ vuông góc (trục thực  $\alpha$  và trục ảo  $\beta$ ), gốc ở tâm của rôto, trục ảo trùng với trục pha a (hình 1.2).



**Hình 1.2.** Biểu diễn véctơ không gian

Khi đó các véctơ dòng điện ba pha được viết ở dạng sau:

$$\bar{i}_{as} = i_{as} \quad \bar{i}_{bs} = i_{bs} e^{j120^\circ} = i_{bs} a \quad \bar{i}_{cs} = i_{cs} e^{j240^\circ} = i_{cs} a^2 \quad (1.18)$$

Véctơ dòng điện không gian được định nghĩa như sau:

$$\bar{i}_s = \frac{2}{3} (i_{as} + a i_{bs} + a^2 i_{cs}) \quad (1.19)$$

Trong hệ tọa độ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), véctơ dòng điện stato có thể viết dưới dạng:

$$\bar{i}_s = i_{s\alpha} + j i_{s\beta} \quad (1.20)$$

Ta giả thiết ba pha đối xứng, tức là thành phần thứ tự không bằng không, các thành phần dòng điện stato trên hai trục thực và trục ảo được tính từ các thành phần dòng điện ở các pha a, b, c:

$$\begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \quad (1.21)$$

Các phép biến đổi ngược biểu diễn quan hệ các thành phần dòng điện các pha (a, b, c) và các thành phần dòng điện trên hai trục của hệ tọa độ cố định:

$$\begin{bmatrix} i_{ia} \\ i_{ib} \\ i_{ic} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (1.22)$$

Tương tự vectơ không gian từ thông móc vòng stato và điện áp stato cũng được định nghĩa như sau:

$$\bar{\Psi}_s = \frac{2}{3} (\Psi_{as} + a\Psi_{bs} + a^2\Psi_{cs}) \quad (1.23)$$

$$\bar{u}_s = \frac{2}{3} (u_{as} + au_{bs} + a^2u_{cs}) \quad (1.24)$$

Trong đó:  $\Psi_{as}$ ,  $\Psi_{bs}$ ,  $\Psi_{cs}$  là các thành phần từ thông móc vòng của các pha stato a, b, c.  $u_{as}$ ,  $u_{bs}$ ,  $u_{cs}$  là các thành phần điện áp của các pha.

Các vectơ không gian dòng điện, điện áp và từ thông móc vòng rôto có thể được định nghĩa như sau:

$$\bar{i}_r = \frac{2}{3} (i_{ar} + ai_{br} + a^2i_{cr}) \quad (1.25)$$

$$\bar{u}_r = \frac{2}{3} (u_{ar} + au_{br} + a^2u_{cr}) \quad (1.26)$$

$$\bar{\Psi}_r = \frac{2}{3} (\Psi_{ar} + a\Psi_{br} + a^2\Psi_{cr}) \quad (1.27)$$

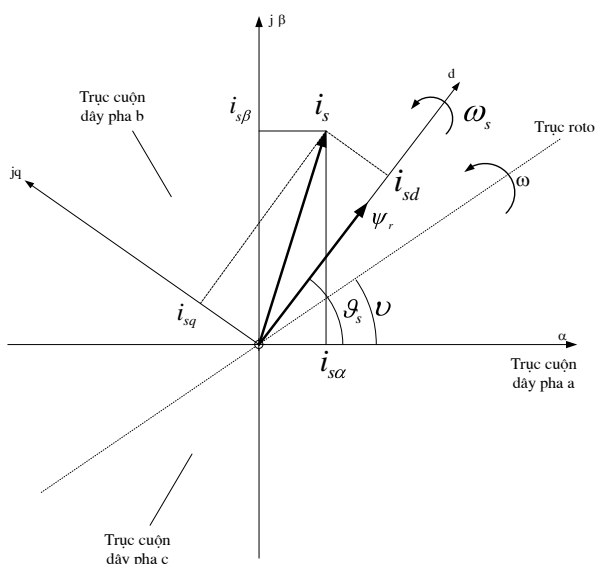
Trong đó:  $i_{ar}$ ,  $i_{br}$ ,  $i_{cr}$  là các thành phần dòng điện của các pha rôto a, b, c.  $u_{ar}$ ,  $u_{br}$ ,  $u_{cr}$  là các thành phần điện áp của các pha rôto a, b, c.  $\Psi_{ar}$ ,  $\Psi_{br}$ ,  $\Psi_{cr}$  là các thành phần từ thông rôto.

Như trong hình 1.3 để thuận tiện tính toán các vectơ, ta xây một dựng hệ tọa độ để quy chiếu có gốc gắn với tâm rôto động cơ. Tùy theo yêu cầu mà hệ tọa độ này có thể đứng im, gắn với stato (hệ  $\alpha, \beta$ ) hoặc có thể quay với tốc độ động cơ gắn với rôto, hoặc cũng có thể là quay với tốc độ đồng bộ  $\omega_s$  gắn với vectơ từ thông rôto hệ (d,q). Sự liên hệ chuyển đổi giữa hệ tọa độ quay (d, q) và hệ tọa độ cố định ( $\alpha, \beta$ ) là:

$$\begin{aligned} i_{sd} &= i_{s\beta} \sin \nu_s + i_{s\alpha} \cos \nu_s \\ i_{sq} &= i_{s\beta} \cos \nu_s - i_{s\alpha} \sin \nu_s \end{aligned} \quad (1.28)$$

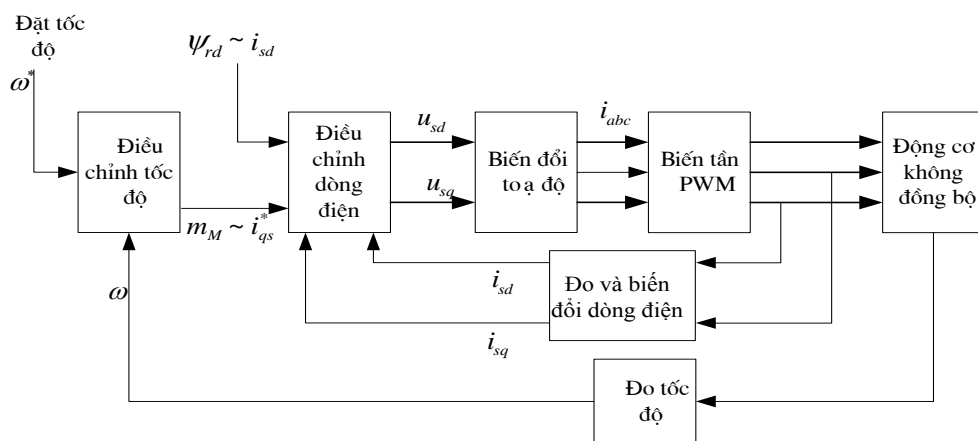
Ta định nghĩa các vectơ không gian của các đại lượng trong động cơ và mô tả động cơ trong hệ tọa độ quay (d, q), các đại lượng dòng điện, điện áp, từ thông có hình quy chiếu lên hệ tọa độ quay (d, q) là các đại lượng một chiều. Vectơ dòng điện có thể tách ra hai thành phần trên hai trục vuông góc d và q là thành phần dòng  $I_{sd}$  và  $I_{sq}$ . Mômen động cơ không đồng bộ là hàm của từ thông và dòng điện stato. Vì chọn trục d trùng với từ thông rôto như trong hình 1.3 nên phương trình mômen, từ thông rôto động cơ sẽ viết như sau:

$$M = \frac{3}{2} p \frac{L_m}{L_r} \psi_{rd} i_{sq} \quad \text{và} \quad \frac{d}{dt} \psi_r = - \left( \frac{R_r}{L_r} \right) \psi_r + \left( \frac{L_m R_r}{L_r} \right) i_{sd} \quad (1.29)$$



**Hình 1.3.** Đồ thị của phương pháp điều khiển vectơ

Như vậy nếu điều khiển độc lập các thành phần dòng điện trên hai trục vuông góc của hệ tọa độ quay đồng bộ với vectơ từ thông rôto thì vấn đề điều khiển động cơ không đồng bộ tương tự như điều khiển động cơ một chiều. Ở đây, thành phần dòng  $I_{sd}$  đóng vai trò tương tự như dòng điện kích từ  $I_{kt}$  và thành phần dòng  $I_{sq}$  tương tự như dòng điện phần ứng  $I_r$  trong động cơ một chiều. Mô men điện từ  $M$  của động cơ không đồng bộ sẽ tỉ lệ với thành phần dòng điện stato  $i_{sq}$  và từ thông  $\Psi_r$  sẽ chỉ phụ thuộc vào thành phần dòng điện stato  $i_{sd}$ . Thành phần dòng điện stato trên trục q ( $I_{sq}$ ) là thành phần sinh mômen và sẽ tương ứng với công suất tác dụng truyền qua khe hở  $U_{sq} \cdot I_{sd}$ . Thành phần dòng điện trên trục d ( $I_{sd}$ ) là thành phần sinh từ thông và tương ứng với thành phần công suất phản kháng truyền qua khe hở  $U_{sq} \cdot I_{sd}$ .

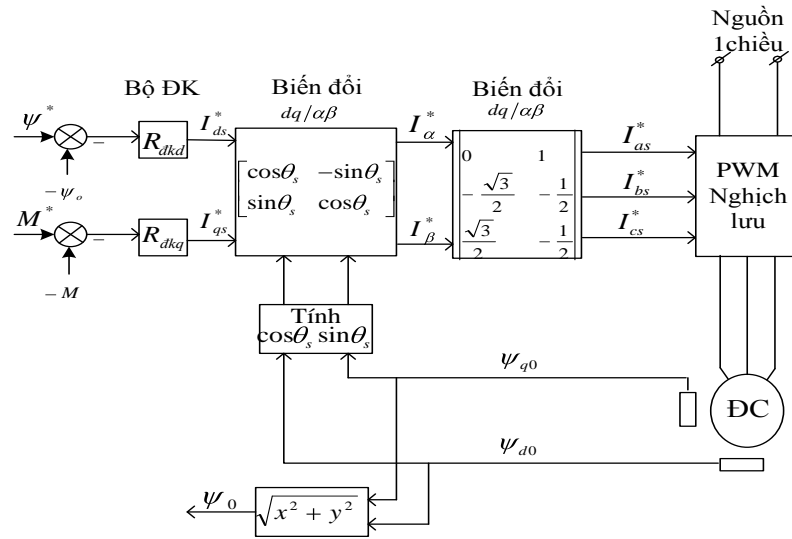


**Hình 1.4.** Sơ đồ khối cơ bản hệ điều khiển vectơ động cơ không đồng bộ

Các phương pháp điều khiển vectơ cơ bản: Theo nguyên lý xác định góc quay của từ trường ta phân loại ra hai phương pháp điều khiển vectơ: Phương pháp điều khiển vectơ trực tiếp, đề xuất bởi F.Blashke, cần phải có cảm biến từ thông. Phương pháp điều khiển vectơ gián tiếp, đề xuất bởi K. Hasse, không cần phải có cảm biến từ thông mà góc quay của vectơ từ thông sẽ được tính toán ước lượng từ các tham số đo được trên đầu cực động cơ.



b) Phương pháp điều khiển trực tiếp.



**Hình 1.5.** Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển từ thông dùng cảm biến từ thông khe hở

Nguyên lý điều khiển vector trực tiếp là một phương pháp điều khiển vector trong đó các tín hiệu về biên độ và góc pha từ thông rotor có được bằng cách tính toán trực tiếp từ việc đo các thành phần từ thông khe hở không khí hoặc trên hai trục của hệ tọa độ vuông góc. Sơ đồ khối của hệ thống sử dụng cảm biến từ thông được trình bày như hình 1.5.

Sơ đồ gồm hai kênh điều khiển: Mômen và từ thông khe hở. Các đại lượng điều khiển  $I_{ds}^*$  và  $I_{qs}^*$  là các đại lượng một chiều tương ứng là các tín hiệu ra của các bộ điều khiển mômen và từ thông khe hở, các thành phần này được chuyển đổi từ hệ tọa độ quay (dq) sang hệ tọa độ tĩnh ( $\alpha\beta$ ) nhờ sự có mặt của hai tín hiệu  $\sin\theta_s$  và  $\cos\theta_s$  mà hai tín hiệu này được tạo ra từ các tín hiệu từ thông đo được trong hình vẽ. Các thành phần dòng điện này được biến đổi thành các đại lượng hình sin trong tọa độ tĩnh nhờ các phép biến đổi (dq /  $\alpha\beta$ ). Các thành phần dòng điện hình sin  $i_{as}^*$ ,  $i_{bs}^*$ ,  $i_{cs}^*$  là tín hiệu điều khiển nghịch lưu.

Khâu tính  $\sin\theta_s$  và  $\cos\theta_s$  được tính từ các thành phần của vectơ từ thông khe hở trên hai trục tọa độ tĩnh đo bằng các cảm biến từ thông.

$$|\bar{\psi}_0| = \sqrt{\psi_{d0}^2 + \psi_{q0}^2} \quad (1.30)$$

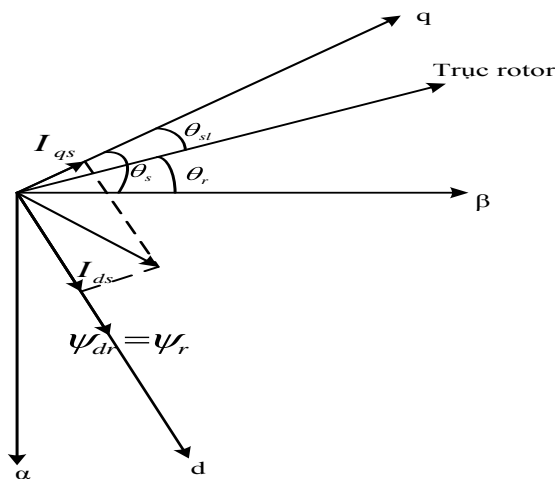
$$\cos\theta_s = \frac{\psi_{d0}}{|\bar{\psi}_0|}, \quad \sin\theta_s = \frac{\psi_{q0}}{|\bar{\psi}_0|} \quad (1.31)$$

Với  $\psi_{d0}, \psi_{q0}$  - các thành phần từ thông khe hở dọc trục và ngang trục.

Trong hệ thống điều khiển, từ thông khe hở được sử dụng là phản hồi của mạch vòng điều chỉnh từ thông khe hở, ta đã bỏ qua điện cảm tản của mạch rotor. Tuy nhiên điện cảm tản này cũng là đáng kể nên không thể bỏ qua. Trên thực tế phương pháp điều khiển theo từ thông rotor được sử dụng thay thế cho phương pháp điều khiển theo từ thông khe hở.

*c) Phương pháp điều khiển vectơ gián tiếp*

Nếu phương pháp điều khiển vectơ trực tiếp, các phần tử quay  $\sin\theta_s$  và  $\cos\theta_s$  được tính toán dựa trên các thiết bị đầu ra như đo bằng sensor từ thông thì phương pháp điều khiển vectơ gián tiếp được đề cập trong mục này, góc pha từ thông được tính toán thông qua dòng điện và tốc độ rotor. Nguyên lý điều khiển vectơ gián tiếp được trình bày thông qua đồ thị góc pha như hình vẽ dưới đây.



**Hình 1.6.** Biểu đồ pha trong điều khiển gián tiếp

Trên hình 1.6 trục q của hệ tọa độ quay đồng bộ (dq) lệch pha với trục  $\beta$  của hệ trục tọa độ tĩnh ( $\alpha\beta$ ) một góc  $\theta_s$

$$\theta_s = \int_0^{\pi} \omega_s dt + \theta_0 \quad (1.32)$$

Với  $\omega_s$  là tốc độ quay của hệ trục tọa độ dq và cũng là tốc độ góc quay của vector dòng điện stato, từ thông rotor.

Đối với ĐCKĐB rotor lồng sóc, điện áp đặt vào rotor bằng 0. Phương trình cân bằng điện áp rotor ở hệ tọa độ quay theo từ trường rotor theo hình chiếu trên hai trục d và q của hệ tọa độ quay đồng bộ với từ trường quay tương ứng là:

$$\frac{d\psi_{qr}}{dt} + \frac{R_r}{L_r} \psi_{qr} - \frac{L_m}{L_r} R_r I_{qs} + \omega_{sl} \psi_{dr} = 0 \quad (1.33)$$

$$\frac{d\psi_{dr}}{dt} + \frac{R_r}{L_r} \psi_{dr} - \frac{L_m}{L_r} R_r I_{ds} + \omega_{sl} \psi_{qr} = 0 \quad (1.34)$$

Trong đó  $\omega_{sl} = \omega_s - \omega_r$  là tốc độ trượt

Điều kiện điều khiển tách rời hai thành phần dòng điện stato sẽ thực hiện nếu đảm bảo điều kiện sau:

$$\begin{cases} \psi_{qr} = 0; \frac{d\psi_{qr}}{dt} = 0 \\ \psi_{dr} = \left| \bar{\psi}_r \right| = Const \end{cases} \quad (1.35)$$

Thế điều kiện (1.31) vào (1.29) và (1.30), nhận được biểu thức tính tốc độ trượt (từ đó tính góc pha) và biên độ từ thông roto:

$$\omega_{sl} = \frac{L_m}{\left| \bar{\psi}_r \right|} \left( \frac{R_r}{L_r} \right) I_{qs} = \frac{L_m}{\left| \bar{\psi}_r \right|} I_{qs} \quad (1.36)$$

$$\frac{d \left| \bar{\psi}_r \right|}{T_r dt} + \left| \bar{\psi}_r \right| = L_m I_{ds} \quad (1.37)$$

Tốc độ quay của hệ tọa độ đồng bộ sẽ là:  $\omega_s = \omega_r + \omega_{sl}$  (1.38)

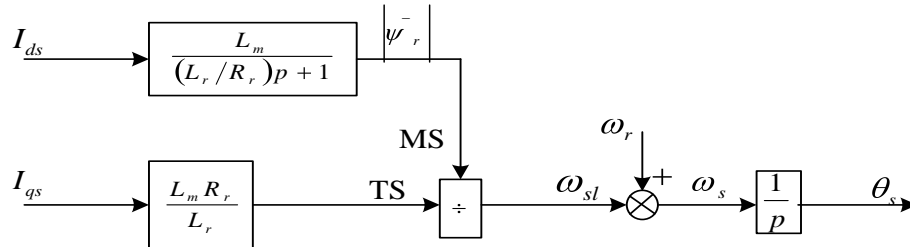
Ý nghĩa của phương trình (1.36) là trục od luôn được định hướng theo vector từ thông roto  $\psi_{qr} = 0$  thì tốc độ góc của hệ tọa độ quay đồng bộ  $\omega_s$  luôn

được điều khiển và xác định theo (1.38).

Mômen động cơ được tính như sau:

$$M = \frac{3}{2} p_c \frac{L_m}{L_r} \left| \psi_r^- \right| i_{qs}$$

Hình (1.7) biểu diễn sơ đồ cấu trúc tính toán góc quay  $\theta_s$

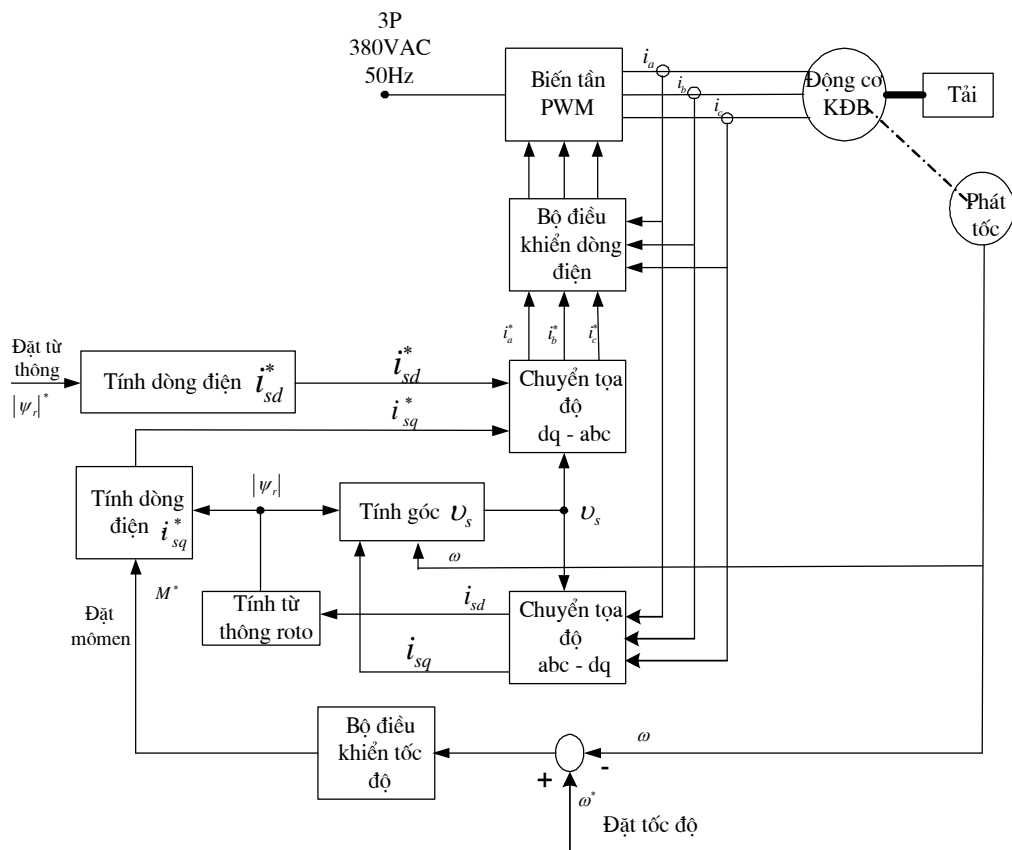


**Hình 1.7.** Sơ đồ cấu trúc tính toán góc quay từ trường

Hệ truyền động điều khiển vectơ gián tiếp có thể làm việc ở bốn góc phân tư và tốc độ có thể điều khiển được từ 0 đến định mức. Hệ thống điều khiển vectơ gián tiếp cần phải có tín hiệu vị trí roto và chất lượng điều chỉnh phụ thuộc vào thông số máy điện. Để đảm bảo điều khiển độc lập các tham số, bộ điều khiển cần phải điều chỉnh phù hợp với tham số động cơ. Việc xác định chính xác  $\theta_s$  có ý nghĩa rất quan trọng trong hệ thống điều khiển định hướng theo từ thông roto, trong hình (1.7) tham số ảnh hưởng tới  $\theta_s$  là hằng số thời gian  $T_r = \frac{L_r}{R_r}$  ngoài ra  $L_m$  cũng ảnh hưởng ít nhiều. Tham số ảnh hưởng nhiều đến đặc tính của hệ thống phải tính toán trong quá trình làm việc là điện trở roto, phụ thuộc nhiệt độ. Các hệ điều khiển vectơ hiện đại thường được trang bị chức năng nhận dạng tham số này.

Ta đã biết, mô tả toán học của động cơ không đồng bộ (ĐCKĐB) trên hệ tọa độ từ thông roto giống với mô tả toán học động cơ điện một chiều (ĐCĐMC). Như vậy trong hệ tọa độ này ta có thể hi vọng là các tính năng của hệ thống điều khiển ĐCKĐB đạt được tương tự như hệ thống điều khiển ĐCĐMC. Đối với ĐCĐMC kích từ độc lập, cuộn dây kích từ và cuộn dây phần ứng riêng rẽ, không phụ thuộc vào nhau nên điều khiển từng thành phần

dòng điện phản ứng và dòng điện kích từ rất dễ dàng. Đối với động cơ không đồng bộ, vấn đề phức tạp hơn, năng lượng được cấp qua con đường duy nhất là qua stator, do đó điều khiển tách riêng từng thành phần, dòng điện sinh ra từ thông ( $I_{ds}$ ) và thành phần dòng điện sinh ra mômen ( $I_{qs}$ ) là rất khó. Phương pháp điều khiển vectơ gián tiếp, đề xuất bởi K.Hasse, không cần phải có cảm biến từ thông mà góc quay của vectơ từ thông sẽ được tính toán ước lượng từ các tham số đo được trên đầu trục động cơ (phương trình 1.36, 1.37, 1.38). Sơ đồ cấu trúc hệ điều khiển tốc độ theo phương pháp điều khiển vectơ gián tiếp động cơ không đồng bộ như hình (1.8).



**Hình 1.8.** Sơ đồ cấu trúc mạch kín điều khiển vectơ gián tiếp, tốc độ động cơ không đồng bộ định hướng theo vectơ từ thông rôto

Hầu hết các biến tần ngày nay đều đã tích hợp trong nó mạch điều chỉnh tốc độ theo phương pháp điều khiển vectơ, mạch điều khiển dòng điện, mô men, từ thông và các mạch logic liên động bảo vệ động cơ. Chức năng

giao tiếp và hiển thị cho phép người sử dụng rất dễ dàng tự xây dựng hệ truyền động của riêng mình chỉ với một số thao tác cài đặt vài tham số cơ bản. Người thiết kế hệ thống không phải đi xây dựng lại các khối tính toán, đo lường phức tạp để thực hiện điều khiển vectơ. Các nhà chế tạo đã trang bị thêm nhiều tính năng khác nữa cho biến tần để tạo điều kiện thuận lợi tối đa cho người sử dụng. Cụ thể là biến tần của những hãng Simmen, Hitachi, Toshiba, LG, ABB, IDEC, Omron, Emerson, Merlin Gerin, Fuji, Delta, Tecorp vv...

## 1.4. TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

### 1.4.1. Mô hình động học khi điều chỉnh tần số động cơ không đồng bộ ba pha

Động học hệ điều chỉnh tần số động cơ không đồng bộ ba pha phức tạp do không có sự độc lập hai kênh điều chỉnh từ thông và mômen. Các biến tần bán dẫn của động cơ không đồng bộ có thể là nguồn dòng hoặc nguồn áp. Trong điều kiện bảo đảm  $\psi_1$  hoặc  $\psi_2, \psi_\mu$  không đổi. Các kênh tạo tín hiệu điều khiển có thể coi là không quán tính. Mô hình động học của động cơ không đồng bộ khi sử dụng biến tần là nguồn dòng hoặc nguồn áp có những điểm khác nhau nhất định.

a) *Biến tần nguồn áp:*

Khi  $s_a \leq s_k$  ( $s_k$  là hệ số trượt tới hạn) phương trình đặc tính cơ động có dạng:

$$(1 + T_E p)M = \beta(\omega_0 - \omega)$$

trong đó  $\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p_n}$ ,  $f_1$  là tần số nguồn cung cấp.

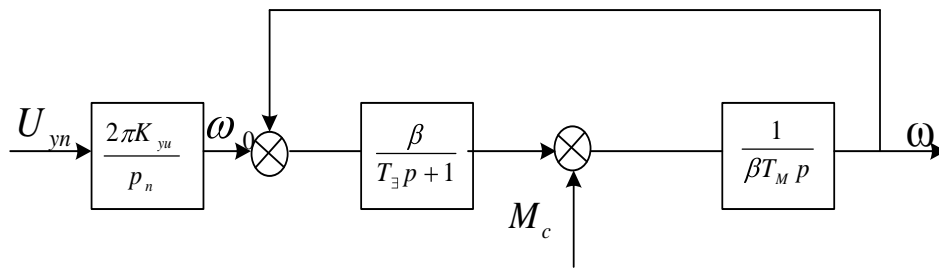
$$\beta = \frac{2M_k}{\omega_{0dm} S_k} \quad \text{là mô đun độ cứng đặc tính cơ tuyến tính hoá}$$

$$T_E = \frac{1}{\omega_{0dm} S_k} \quad \text{là hằng số thời gian điện từ của động cơ}$$

Hàm truyền đặc tính cơ động theo mô men và tốc độ có dạng

$$\beta_d = \frac{M(p)}{\omega(p)} = \frac{-\beta}{1+T_E P}$$

$\beta, T_E$  xác định tương ứng với các trường hợp :  $\psi_1 = const, \psi_2 = const, \psi_\mu = const$ . Thông thường  $S_k = 0.05 - 0.5$ , giá trị nhỏ tương ứng với động cơ công suất lớn, khi đó  $T_E = \frac{1}{2 \times 100 \times \pi \times S_k} = 0.06 - 0.006$ , giá trị này không lớn khi biến tần là nguồn áp. Sơ đồ cấu trúc kênh điều khiển tần số trình bày trên hình 1.9.



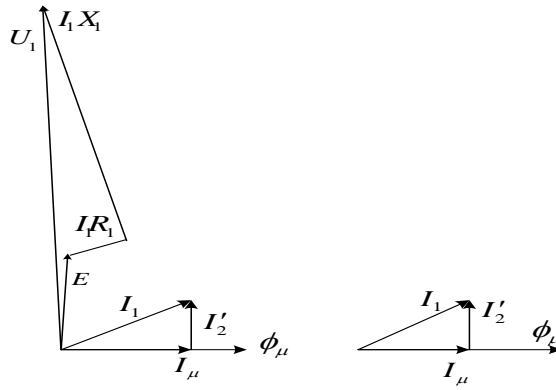
**Hình 1.9.** Sơ đồ cấu trúc kênh điều khiển tần số

Khi sử dụng biến tần nguồn áp, sự phụ thuộc của  $\psi_1, \psi_2, \psi_\mu$  vào  $U_1, f_1, s_a$  là phức tạp. Để giữ từ thông không đổi cần phải điều chỉnh theo nguyên lý sai lệch hoặc bù. Điện áp điều khiển  $U_{yU}$  hoặc  $U_{yI}$  tính từ sự phụ thuộc của  $\psi_1, \psi_2, \psi_\mu$  vào  $U_1, I_1$  và  $f_1, s_a$ .

Sự phụ thuộc  $U_1$  và  $\psi_1$  có thể xác định nhờ phương pháp cân bằng điện ở dạng vectơ đối với chế độ tĩnh trong hệ trục tọa độ động  $(x, y)$ ,  $U_1$  được xác định theo các giá trị của tần số, hệ số trượt khi  $\psi_1 = const$  theo biểu thức sau. Từ đó lập được sơ đồ cấu trúc tính toán trong chế độ tĩnh.

$$U_1 = \Psi_1 \sqrt{\frac{\omega_0^2 S_a^2 R_1^2 L_2^2 + \omega_0^2 L_1 L_2 - L_{12}^2 + 2R_1 R_2' L_{12}^2 \omega_0^2 S_a + R_2'^2 L_1^2 + L_1^2 \omega_0^2}{\omega_0^2 S_a^2 L_1 L_2 - L_{12}^2 + R_2'^2 L_1^2}}$$

Trong chế độ động sự thay đổi mômen tương ứng với sự thay đổi góc giữa vectơ dòng hoặc áp stato  $(\bar{I}_1, \bar{U}_1)$  với vectơ dòng từ hóa theo sơ đồ sau :



**Hình 1.10.** Biểu đồ vectơ điện áp và dòng điện động cơ

Khi pha của  $U_1$  hoặc  $I_1$  không đổi việc thay đổi góc giữa  $U_1$  và  $\bar{I}_\mu$  chính là góc chuyển dịch tương ứng của roto. Do quán tính cơ học làm nảy sinh sự phá hủy điều kiện  $|\bar{\psi}| = const$ , sự thay đổi từ thông cơ bản gây ra quán tính điện từ làm xấu tính chất động học của đối tượng điều khiển.

*b) Biến tần nguồn dòng*

So sánh hai đồ thị vectơ trên, thấy khi điều khiển tần số dòng điện ( $I_1 = const$ ) góc thay đổi lớn hơn, khi đó để giữ cho vectơ từ thông không đổi trong quá trình động cần phải cần phải thay đổi và hiệu chỉnh cả biên độ và góc pha của vectơ dòng. Sau đây ta xác định mối quan hệ định lượng cho trường hợp này. Ta có phương trình hệ truyền động điện trong hệ tọa độ  $(x, y)$ - $(d, q)$  :

$$0 = i_{2x}R'_2 + \frac{d\psi_{2x}}{dt} - (\omega_0 - \omega)\psi_{2y}$$

$$0 = i_{2y}R'_2 + \frac{d\psi_{2y}}{dt} + (\omega_0 - \omega)\psi_{2x} \quad (*)$$

$$M = p \frac{L_{12}}{L_2} (\psi_{2x}i_{1y} - \psi_{2y}i_{1x})$$

Phương trình từ thông roto :

$$\psi_{2x} = L_{12}i_{1x} + L_2i'_{2x}$$

$$\psi_{2y} = L_{12}i_{1y} + L_2i'_{2y}$$



Để giữ từ thông  $\bar{\psi}_2$  không đổi và để  $\bar{\psi}_2$  trùng với trục x khi đó  $\psi_{2x} = \psi_{2\max}$ ,  $\psi_{2y} = 0$ . Từ phương trình từ thông ta có :

$$i'_{2x} = \frac{\psi_{2\max} - L_{12}i_{1x}}{L_2}$$

$$i'_{2y} = -\frac{L_{12}}{L_2}i_{1y}$$

Thay vào phương trình (\*) và thêm điều kiện  $\frac{d\psi_{2x}}{dt} = \frac{d\psi_{2y}}{dt} = 0$  ta thu được:

$$0 = (\psi_{2\max} - L_{12}i_{1x}) \frac{R'_2}{L_2}$$

$$0 = \frac{-R'_2 L_{12} i_{1y}}{L_2} + (\omega_0 - \omega) \psi_{2\max}$$

$$M = p \frac{L_{12}}{L_2} (\psi_{2\max} i_{1y})$$

Từ đây ta có:  $i_{1x} = \frac{\psi_{2\max}}{L_{12}}$  ;  $i_{1y} = \frac{(\omega_0 - \omega)L_2}{R'_2 L_{12}} \Psi_{2\max}$

Như vậy thành phần dòng stato  $i_{1x}$  là dòng từ hoá, khi  $\Psi_2 = const$  thì nó cũng không đổi. Thành phần  $i_{1y}$  là thành phần tỷ lệ với mô men. Ta xác định được biên độ và góc pha của dòng stato khi bảo đảm  $\Psi_2 = const$ .

$$I_{1\max} = \frac{\psi_{2\max}}{L_{12}} \sqrt{1 + \frac{L_1^2}{R_2'^2} \omega_{0dm}^2 S_a^2}$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{i_{1y}}{i_{1x}} = \arctg \left( \frac{L_2 \omega_{0dm} S_a}{R'_2} \right)$$

Như vậy với biến tần nguồn dòng cần có 3 đầu vào là :

- Đầu vào điều khiển biên độ  $U_I$
- Đầu vào điều khiển tần số  $U_f$
- Đầu vào điều khiển pha  $U_{ph}$  Trong trường hợp bù đủ lý tưởng khi

$\Psi_2 = const$  , hằng số thời gian  $T_E = 0$

Phương trình đặc tính cơ động có dạng :

$$M = \beta(\omega_0 - \omega), \text{ trong đó } \beta = \frac{p^2 \psi_{2\max}^2}{R_2'}$$

#### 1.4.2. Tổng hợp bộ điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha.

So với động cơ một chiều, điều khiển tần số động cơ không đồng bộ ba pha giống điều khiển điện áp động cơ một chiều ở chỗ chúng đều tác động đến sự thay đổi  $\Omega_0$ , nhưng khi điều khiển tần số động cơ không đồng bộ ba pha không có sự tách biệt hai kênh điều khiển từ thông và điều khiển mômen. Điều khiển tần số động cơ không đồng bộ ba pha cũng phức tạp hơn trong việc đo các thông số và tọa độ của hệ thống.

Trong hệ kín điều khiển tốc độ bằng phương pháp tần số, trong kênh điều khiển từ thông và mômen thường dùng phản hồi dương để bù nhiễu và đo gián tiếp các biến. Với trường hợp yêu cầu không cao đối với quá trình khởi động, hãm, đảo chiều mà chủ yếu là độ điều chỉnh chính xác tốc độ người ta dùng hai phương án điều chỉnh từ thông theo sai lệch:

- Phương án 1: Dùng cảm biến đo trực tiếp từ thông khe hở không khí tạo phản hồi để ổn định từ thông không đổi.

- Phương án 2: Đo gián tiếp từ thông, cơ sở của nó là phương trình cân bằng áp ở dạng vectơ trong hệ tọa độ  $(\alpha, \beta)$  với mạch stato:

$$\bar{U}_s = \bar{I}_s \cdot R_s + \frac{d\bar{\psi}_s}{dt} + j\omega_0 \bar{\psi}_s \quad (1.39)$$

Biểu diễn từ thông qua dòng điện ta có:

$$\bar{\psi}_s = (L_1 - L_{12}) \cdot \bar{I}_s + L_{12} \bar{I}_\mu \quad (1.40)$$

$$\bar{\psi}_s = L_1 \bar{I}_s + L_{12} \bar{I}_r' = L_1 \bar{I}_s + L_{12} (\bar{I}_\mu - \bar{I}_s) = (L_1 - L_{12}) \bar{I}_s + L_{12} \bar{I}_\mu$$

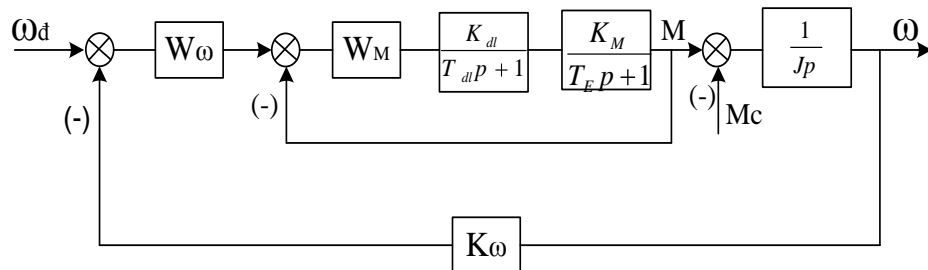
$$\bar{\psi}_2 = L_{12} \bar{I}_s + L_2 \bar{I}_r'$$

Trong đó:  $L_1 = L_s$ ,  $L_{12} = L_{sr}$

$$\text{Ta thu được: } \bar{U}_s = R_s \bar{I}_s + j\omega_0 (L_1 - L_{12}) \bar{I}_s + (L_1 - L_{12}) \frac{d\bar{I}_s}{dt} + L_{12} \frac{d\bar{I}_\mu}{dt} + j\omega_0 L_{12} \bar{I}_\mu \quad (1.41)$$

Phương trình (1.41) là phương trình vector xác định sự phụ thuộc của dòng điện từ hoá  $\bar{I}_\mu(\phi_\mu)$  vào điện áp và dòng điện stato. Từ đây xác định được sự phụ thuộc của từ thông  $\bar{I}$  vào điện áp và dòng điện stato. Khi từ thông không đổi,  $\bar{I}_\mu = const$  và  $\frac{d\bar{I}_\mu}{dt} = 0$ , từ phương trình (1.41) có thể tính từ thông khi đã đo được  $U_s$ ,  $I_s$  và biết  $\omega_0$  (tính được biên độ và góc pha từ thông).

Trong trường hợp khi điều khiển tần số cần bảo đảm không chỉ điều chỉnh tốc độ mà còn tạo ra gia tốc biến đổi đều và hạn chế mômen khi quá tải thì bộ điều chỉnh cần có thêm vòng điều chỉnh mômen (vòng điều chỉnh lệ thuộc) như trình bày trên hình 1.11:



**Hình 1.11.** Sơ đồ cấu trúc vòng điều khiển mômen và tốc độ

Trong đó :

$K_{dl}$  : hệ số khuếch đại khâu đo lường

$K_M$  : hệ số biến đổi tần số-mô men

$T_{dl}$  : hằng số thời gian của khâu đo lường.

$T_E$  : hằng số thời gian động cơ,  $T_{dl} \ll T_E$  .

$J$  : mômen quán tính.

$K_\omega$ : hệ số phản hồi tốc độ.

$W_\omega$ ,  $W_M$  lần lượt là các bộ điều chỉnh của vòng điều chỉnh tốc độ và mômen.

-Tổng hợp vòng điều chỉnh mômen:

Hàm truyền của đối tượng trong vòng mômen:  $W_1 = \frac{K_{dl}K_M}{(T_{dl}p+1)(T_Ep+1)}$  là khâu quán tính bậc hai vì vậy bộ điều chỉnh  $W_\omega$  sẽ được xác định theo phương pháp tối ưu mô đun và  $W_\omega$  có dạng  $W_\omega = k_p \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right)$ , hàm truyền hệ hở của vòng điều chỉnh mômen là  $W_{hM} = \frac{k_p \cdot K_{dl} \cdot K_M (1 + T_I s)}{T_I s (T_{dl} p + 1) (T_E p + 1)}$ . Nhằm thực hiện việc bù hằng số thời gian  $T_E$ , theo nghĩa  $T_I = T_E$ , với cách chọn tham số  $T_I$  này hàm truyền hệ hở và hệ kín của vòng điều chỉnh mômen lần lượt trở thành :

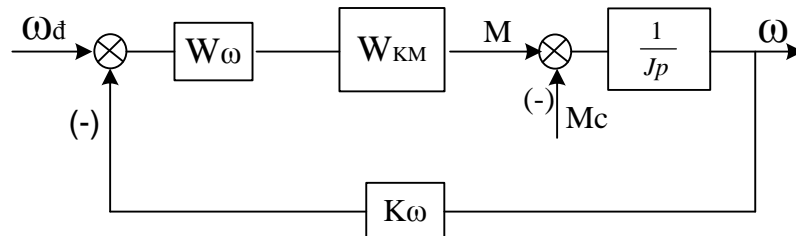
$$W_{hM} = \frac{1}{2T_{dl}p(1+T_{dl}p)}, \quad W_{kM} = \frac{1}{2T_{dl}p(1+T_{dl}p)+1}$$

-Tổng hợp vòng điều chỉnh tốc độ :

Hàm truyền của đối tượng ở vòng điều chỉnh tốc độ :

$$W = W_{kM} \cdot \frac{1}{Jp} = \frac{1}{2T_{dl}p(1+T_{dl}p)+1} \cdot \frac{1}{Jp} = \frac{1}{(2T_{dl}p+1)} \cdot \frac{1}{Jp}$$

Hàm truyền đối tượng có dạng khâu tích phân - quán tính bậc nhất nên ta sử dụng phương pháp tối ưu đối xứng để xác định  $W_\omega$

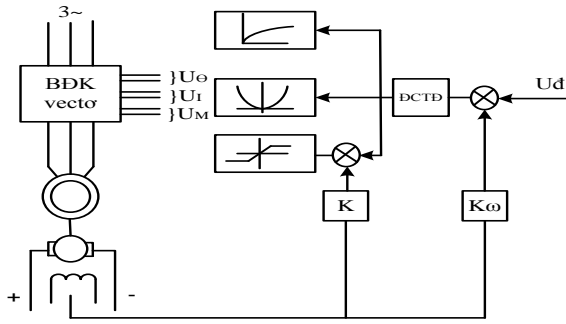


**Hình 1.12.** Sơ đồ cấu trúc vòng điều chỉnh tốc độ

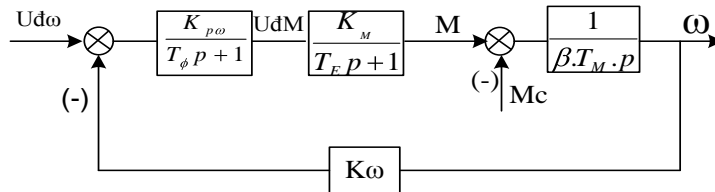
Sơ đồ điều chỉnh tốc độ dưới đây có vòng điều chỉnh mômen dùng phương pháp bù bằng phản hồi dương theo tốc độ, ta có hàm truyền :

$$U_{dM} \cdot K_M = (T_E p + 1) M$$

$$K_M = \frac{\beta \cdot K_f \cdot K_{PM}}{p_n}$$



**Hình 1.13.** Sơ đồ khối các kênh điều khiển mô men và tốc độ



**Hình 1.14.** Sơ đồ cấu trúc vòng điều khiển tốc độ

Trong hàm truyền của bộ điều chỉnh tốc độ tỷ lệ có tính thêm hằng số thời gian nhỏ  $T_\phi$  của bộ lọc trong mạch phản hồi tốc độ.

Ta có :  $K_{p\omega} \cdot K_M (U_{d\omega} - K_\omega \cdot \omega) = (T_\phi p + 1)(T_E p + 1)M$

Ở đây  $\omega_{0d} = \frac{U_{d\omega}}{K_\omega}$  là tốc độ không tải lý tưởng

- Hàm truyền đặc tính cơ động có dạng :

$$W_M(p) = \beta_d(p) = \frac{M}{\omega - \omega_0} = -\frac{K_{p\omega} \cdot K_M \cdot K_\omega}{(T_\phi p + 1)(T_E p + 1)} = -\frac{K_{p\omega} K_M \cdot K_\omega}{T_\mu p + 1}$$

Ở đây  $T_\mu = T_\phi + T_E$  : tổng hằng số thời gian nhỏ

- Phương trình đặc tính cơ tĩnh (p=0) :

$$\omega = \frac{U_d}{K_\omega} - \frac{M}{K_{p\omega} \cdot K_M \cdot K_\omega}$$

Môđun của độ cứng cơ tĩnh là  $\beta_t = K_{p\omega} \cdot K_M \cdot K_\omega$  sẽ tỉ lệ với hệ số điều chỉnh  $K_{p\omega}$  theo tốc độ về lý thuyết, có thể đạt được giá trị mong muốn tùy ý nhưng trong thực tế nếu không có bộ hiệu chỉnh động học, độ cứng đặc tính cơ hệ kín bị hạn chế do độ dao động tăng khi  $K_{p\omega}$  tăng. Theo hình 1.20 hàm truyền hệ hở là :

$$W_H = \frac{K_{p\omega} \cdot K_M}{\beta T_M p (T_E p + 1)(T_\phi p + 1)}$$

Lấy  $T_\mu = T_\phi + T_E$  thì  $W_H = \frac{1/K_\omega}{T_0 p (T_\mu p + 1)}$ , với  $T_0 = \frac{\beta T_M}{K_\omega \cdot K_{p\omega} \cdot K_M}$

Khi chỉnh định theo điều kiện tối ưu môđul thì  $T_0 = 2T_\mu$  từ đây cho ta điều kiện chọn  $K_{p\omega}$  :

$$K_{p\omega} = \frac{\beta T_M}{2K_\omega K_M T_\mu} \quad \text{vì} \quad 2T_\mu = \frac{\beta T_M}{K_\omega K_{p\omega} K_M} \quad (1.42)$$

Giá trị  $K_{p\omega}$  chọn theo (1.42) cho các hệ truyền động có công suất nhỏ và trung bình ( $T_\mu$  nhỏ) là không lớn vì thế độ cứng của hệ truyền động điện hệ kín là không cao. Để thu được độ chính xác điều chỉnh có độ chính xác điều chỉnh cao cần dùng bộ điều chỉnh PI với chỉnh định tối ưu đối xứng.

Nguyên lý bù ổn định từ thông sử dụng trong trường hợp này không bảo đảm độ chính xác cao vì thông số của động cơ thay đổi nên cần kết hợp nguyên lý điều chỉnh tổng hợp. Xây dựng bộ điều chỉnh theo sai lệch và theo nhiễu.

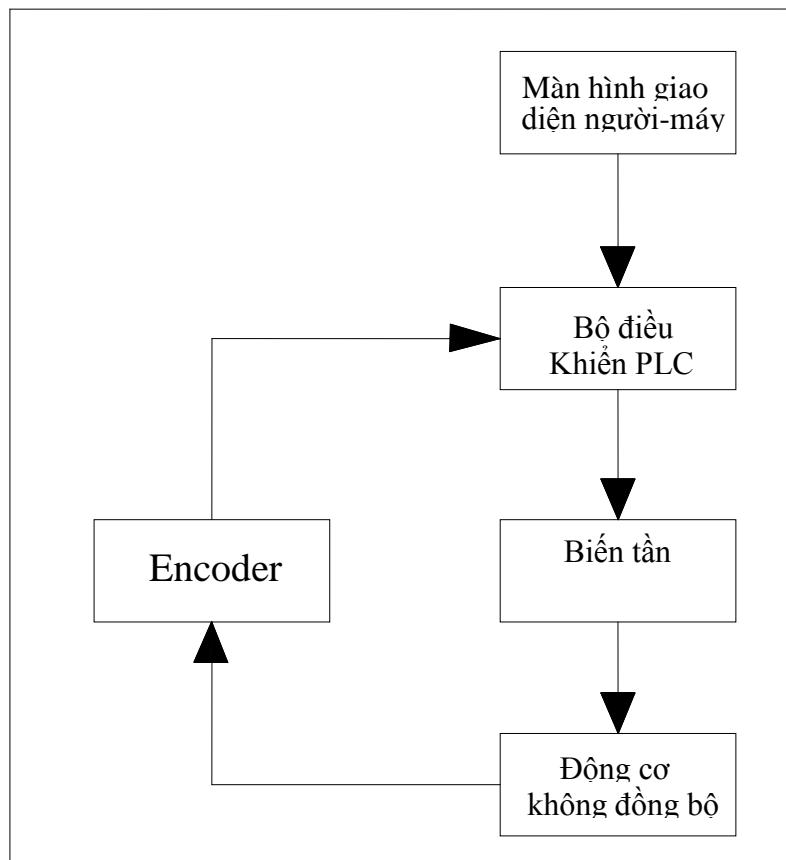
## 1.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Trong chương 1 đã trình bày các phương pháp điều khiển động cơ điện xoay chiều không đồng bộ đặc biệt là phương pháp điều khiển vector động cơ không đồng bộ sử dụng biến tần. Xây dựng và tổng hợp bộ điều chỉnh tần số động cơ không đồng bộ ba pha để lựa chọn phương pháp điều khiển vector với bộ điều chỉnh PID.

## CHƯƠNG 2.

### XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ DÙNG PLC

#### 2.1 SƠ ĐỒ CHỨC NĂNG CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ DÙNG PLC



**Hình 2.1:** Sơ đồ chức năng hệ thống điều chỉnh tốc độ  
động cơ KĐB dùng PLC

Sơ đồ gồm có các khối sau:

- Màn hình giao diện giữa người và máy: có nhiệm vụ giám sát quá trình làm việc của hệ thống
- Bộ điều khiển PLC: gồm khối xử lí trung tâm, bộ nhớ, các đầu vào ra dùng để thực thi chương trình điều khiển.

-Biến tần: có nhiệm vụ dùng để điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB, nó được nối với PLC

-Động cơ KĐB: động cơ truyền động

-Encoder: là thiết bị dùng để đo tốc độ động cơ và truyền tín hiệu phản hồi về PLC

## 2.2. GIỚI THIỆU VỀ PLC

Ra đời từ năm 1847, hãng Siemens luôn là một trong số những hãng nổi tiếng đi đầu trong các lĩnh vực kỹ thuật và đời sống như: Năng lượng, y tế, truyền thông, thông tin, công nghiệp, giao thông vận tải, môi trường... Đặc biệt trong lĩnh vực đo lường và điều khiển, Siemens đã cho ra đời hàng loạt các thiết bị đáp ứng được những yêu cầu ngày càng khắt khe của thị trường thế giới. Các modul điều khiển như S7 – 200, S7 – 300, S7 – 400H, C7 – 633,... và các máy tính lập trình điều khiển Simatic PG/PC, các phần mềm điều khiển WINCC, STEP5, STEP7... đã và đang góp mặt trong rất nhiều dây chuyền công nghiệp sản xuất tự động.

Trong đó S7 – 300 là một modul logic vạn năng của Siemens, sự ra đời của hệ điều khiển PLC đã làm thay đổi hẳn hệ thống điều khiển cũng như quan niệm thiết kế về chúng, hệ điều khiển dùng PLC có nhiều ưu điểm khác nhau:

- Kích thước tương đối nhỏ gọn: Giảm 80% số lượng dây nối, số lượng Role và Timer ít hơn nhiều so với hệ điều khiển cổ điển.

- Giá thành vừa phải, công suất tiêu thụ của PLC rất thấp, chi phí lắp đặt thấp.

- Vận hành đơn giản, có chức năng điều khiển thay đổi dễ dàng bằng thiết bị lập trình (màn hình, máy tính) mà không cần thay đổi phần cứng nếu không có yêu cầu thêm bớt các thiết bị xuất nhập, có chức năng chuẩn đoán do đó giúp công tác sửa chữa được nhanh chóng và dễ dàng.

- Số lượng tiếp điểm sử dụng trong chương trình không hạn chế.



- Thời gian hoàn thành một chu trình điều khiển rất nhanh (vài mS) dẫn đến tăng cao tốc độ sản xuất.

- Độ tin cậy cao.

PLC được xem như trái tim trong một hệ thống điều khiển đơn lẻ với chương trình điều khiển được chứa trong bộ nhớ của PLC, PLC thường kiểm tra trạng thái của hệ thống thông qua các tín hiệu phản hồi tiếp từ thiết bị nhập để từ đó có thể đưa ra những tín hiệu điều khiển tương ứng đến các thiết bị xuất.

### **2.2.1. Hệ thống điều khiển PLC S7-300.**

#### *a) Cấu tạo PLC*

Thiết bị điều khiển lập trình PLC bao gồm khối xử lý trung tâm (CPU) trong đó có chứa chương trình điều khiển và các Modul giao tiếp vào/ra có nhiệm vụ liên kết trực tiếp đến các thiết bị vào/ra.

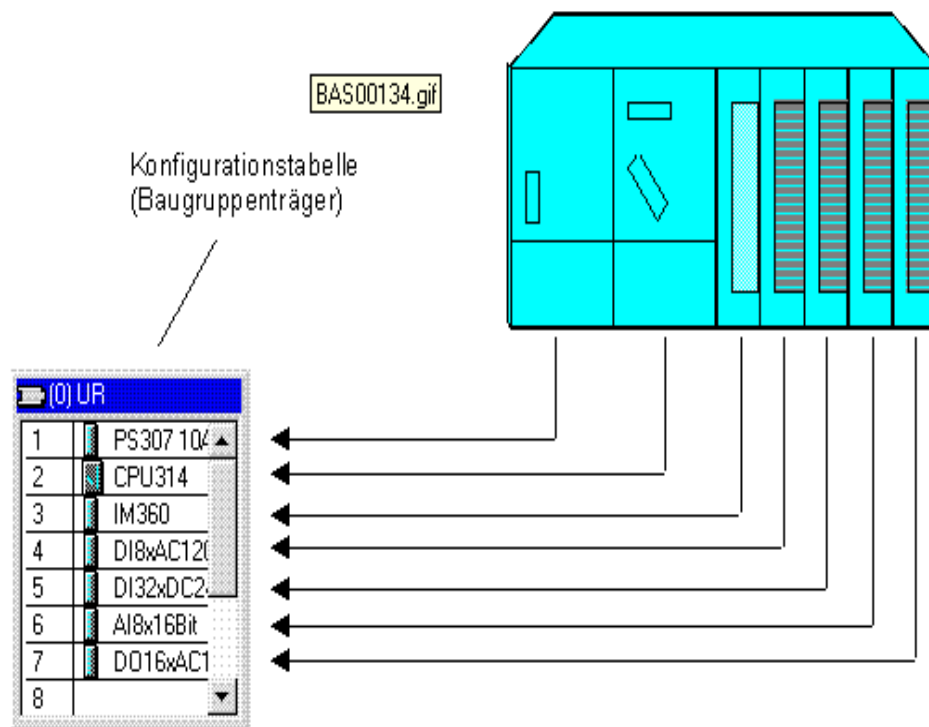
*Khối xử lý trung tâm:* là một vi xử lý điều khiển tất cả các hoạt động của PLC như thực hiện chương trình, xử lý vào/ra và truyền thông với các thiết bị bên ngoài.

*Bộ nhớ:* có nhiều bộ nhớ khác nhau dùng để chứa chương trình hệ thống là một phần mềm điều khiển các hoạt động của của hệ thống, sơ đồ LAD, Timer, Counter được chứa trong vùng nhớ ứng dụng, tùy theo yêu cầu của người dùng có thể chọn các bộ nhớ khác nhau: bộ nhớ ROM, RAM, EPROM, EEPROM.

#### *b) Cấu trúc phần cứng của hệ thống.*

Để tăng tính mềm dẻo trong ứng dụng thực tế mà ở đó phần lớn các đối tượng điều khiển có số tín hiệu đầu vào, đầu ra cũng như chủng loại tín hiệu vào/ra khác nhau mà các bộ điều khiển PLC được thiết kế không bị cứng hóa về cấu hình. Chúng được chia nhỏ thành các Modul, số các modul được sử dụng nhiều hay ít tùy theo từng yêu cầu công nghệ, xong tối thiểu bao giờ cũng phải có một modul chính là modul CPU, các modul còn lại là các modul truyền nhận tín hiệu đối với các đối tượng điều khiển, các modul chuyên dụng

nhu PID, điều khiển động cơ, chúng được gọi là các modul mở rộng, Tất cả các modul được gá trên những thanh ray (RACK).



**Hình 2.2** Sơ đồ bố trí một trạm PLC (S7-300)

### c) Cấu trúc bộ nhớ của S7-300

Vùng chứa chương trình ứng dụng. Vùng chứa chương trình được chia thành 3 miền:

- OB (Organisation Block): Miền chứa chương trình tổ chức.
- FC (Function ): Miền chứa chương trình con được tổ chức thành hàm có biến hình thức để trao đổi dữ liệu với chương trình đã gọi nó.
- FB (Function Block): Miền chứa chương trình con, được tổ chức thành hàm và có khả năng trao đổi dữ liệu với bất cứ một chương trình nào khác. Các dữ liệu này phải được xây dựng thành một khối dữ liệu riêng(DB-Data Block).

*Vùng chứa tham số của hệ điều hành:* Chia thành 7 miền khác nhau

- I (Process image input ): Miền bộ đệm các dữ liệu công vào số
- Q (Process image output ): Miền bộ đệm các dữ liệu công ra số.
- M: Miền các biến cờ.

- T( Timer): Miền nhớ phục vụ bộ thời gian bao gồm việc lưu giữ giá trị thời gian đặt trước (PV-Preset value), giá trị đếm thời gian tức thời (CV- Current value) cũng như giá trị logic đầu ra của bộ thời gian.

- C(Counter): Miền nhớ phục vụ bộ đếm bao gồm việc lưu trữ giá trị đặt trước (PV-Preset value), giá trị đếm tức thời (CV- Current value) và giá trị logic đầu ra của bộ đếm.

- PI: Miền địa chỉ công vào của các module tương tự (I/O External Input).

- PQ: Miền địa chỉ công ra cho các module tương tự (I/O External Output).

*Vùng chứa các khối dữ liệu:* được chia thành 2 loại

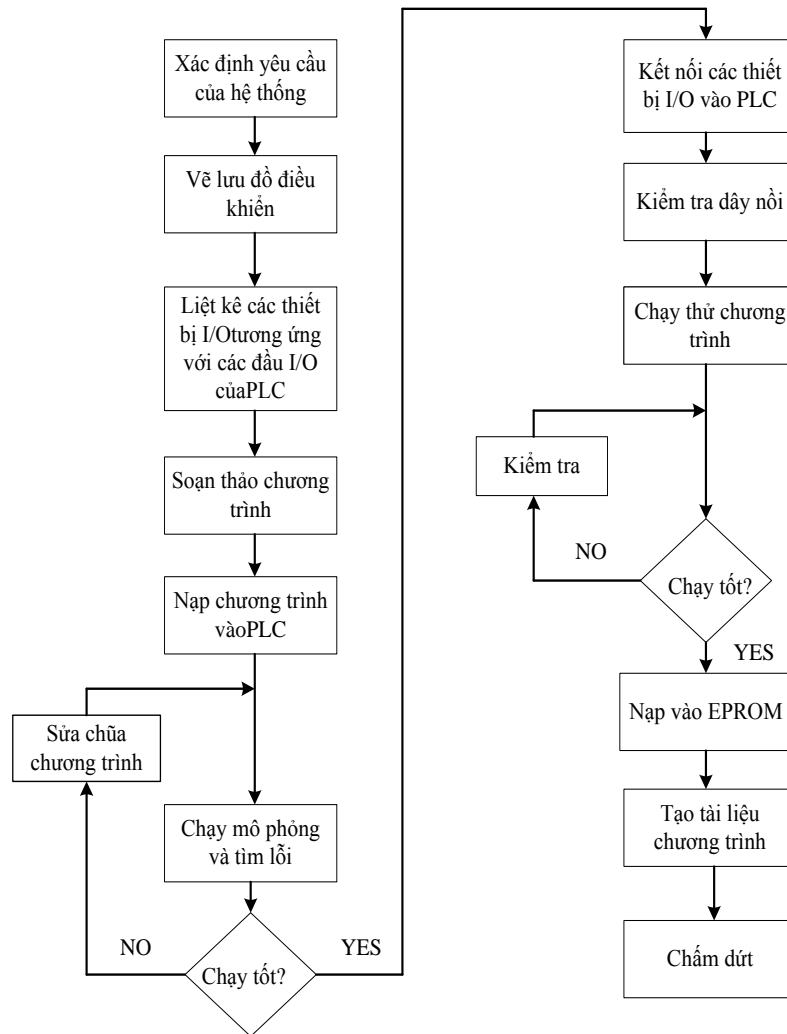
- DB (Data Block): Miền chứa các dữ liệu được tổ chức thành khối. Chương trình có thể truy nhập miền này theo từng bit (DBX ), byte ( DBB ), từ (DBW ) hoặc từ kép (DBD ).

- L (Local Data Block): Miền dữ liệu địa phương, được các khối chương trình OB, FC, FB tổ chức và sử dụng cho các biến nhấp tức thời và trao đổi dữ liệu của biến hình thức với những khối chương trình đã gọi nó.

### **2.2.2. Kỹ thuật lập trình**

a) Qui trình thiết kế hệ thống điều khiển bằng PLC

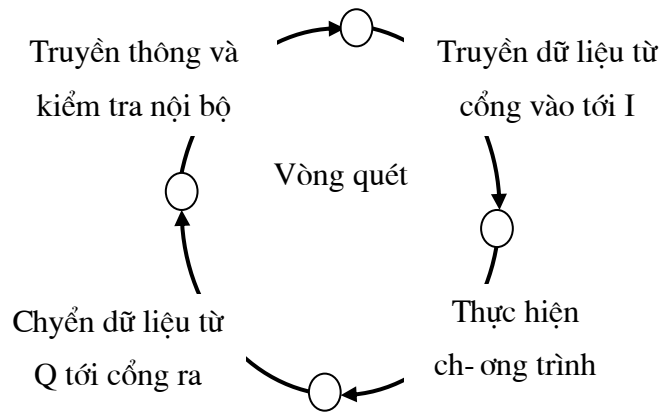
Để đơn giản, qui trình thiết kế điều khiển được mô tả theo lưu đồ sau:



**Hình 2.3.** Quy trình thiết kế một hệ thống điều khiển tự động

b) Các phương pháp lập trình

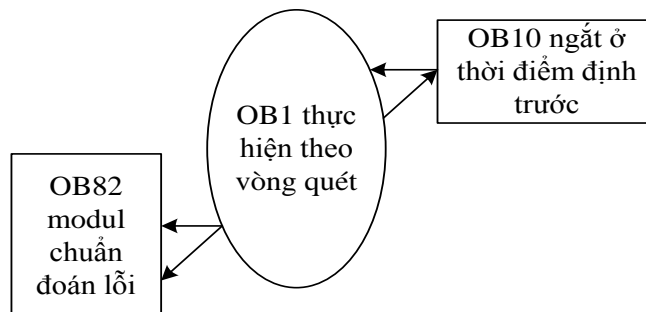
PLC thực hiện các công việc (bao gồm cả chương trình điều khiển) theo chu trình lặp. Mỗi vòng lặp được gọi là một vòng quét (scancycle). Mỗi vòng quét được bắt đầu bằng việc chuyển dữ liệu từ các cổng vào số tới vùng bộ đệm ảo I, tiếp theo là giai đoạn thực hiện chương trình. Trong từng vòng quét, chương trình được thực hiện từ lệnh đầu tiên đến lệnh kết thúc của khối OB1. Sau giai đoạn thực hiện chương trình là giai đoạn chuyển các nội dung của bộ đệm ảo Q tới các cổng ra số. Vòng quét được kết thúc bằng giai đoạn xử lý các yêu cầu truyền thông (nếu có) và kiểm tra trạng thái của CPU. Mỗi vòng quét có thể mô tả như sau:



**Hình 2.4.** *Quá trình hoạt động của một vòng quét  
Lập trình tuyến tính*

Phần bộ nhớ của CPU dành cho chương trình ứng dụng có tên gọi là logic block. Như vậy logic block là tên chung để gọi tất cả các khối bao gồm khối chương trình tổ chức, khối chương trình FC, khối hàm FB. Trong đó chỉ có duy nhất khối OB1 được thực hiện trực tiếp theo vòng quét, nó được hệ điều hành gọi theo chu kỳ lặp với khoảng thời gian không cách đều nhau mà phụ thuộc vào độ dài chương trình. Các khối chương trình khác không tham gia vào vòng quét.

Với tổ chức chương trình như vậy thì phần chương trình trong khối OB1 có đầy đủ đầy đủ điều kiện của một chương trình điều khiển thời gian thực và toàn bộ chương trình ứng dụng có thể chỉ cần viết trong OB1 là đủ như hình vẽ sau:

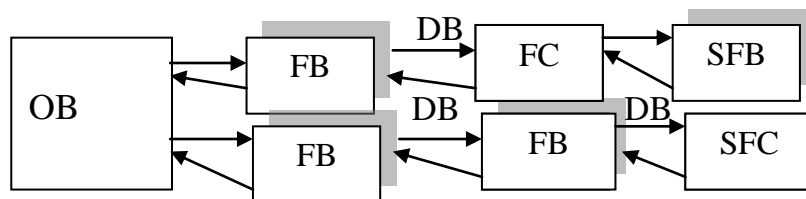


**Hình 2.5.** *Sơ đồ khối kiểu lập trình tuyến tính*

Cách tổ chức chương trình với chỉ một khối OB1 duy nhất như vậy gọi là lập trình tuyến tính.

*. Lập trình có cấu trúc*

Với kiểu lập trình có cấu trúc thì khác vì toàn bộ chương trình điều khiển được chia nhỏ thành các khối FC và FB mang một nhiệm vụ cụ thể riêng và được quản lý chung bởi những khối OB. Kiểu lập trình này phù hợp cho những bài toán phức tạp, nhiều nhiệm vụ nhưng thuận lợi cho việc sửa chữa sau này.



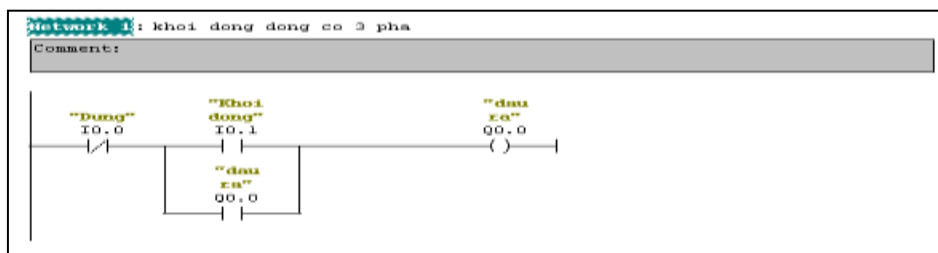
**Hình 2.6.** Sơ đồ kiểu lập trình có cấu trúc

c) Các ngôn ngữ lập trình

Đối với PLC có thể sử dụng 6 ngôn ngữ để lập trình: LAD, FBD, STL, SCL, S7-Graph, S7-HiGraph nhưng với điều kiện hạn chế luận văn chỉ giới thiệu ba ngôn ngữ đầu.

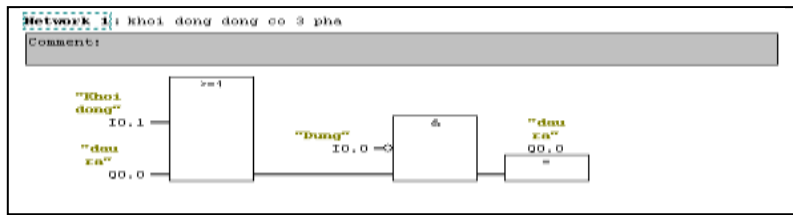
*- Ngôn ngữ lập trình LAD*

Loại ngôn ngữ này rất thích hợp với người quen thiết kế mạch điều khiển logic.



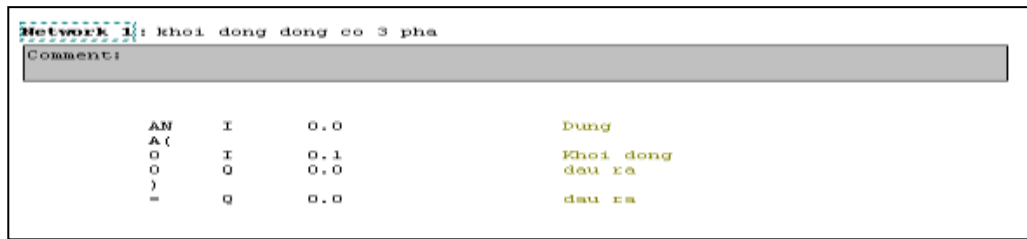
*- Ngôn ngữ lập trình FBD*

Ngôn ngữ này thích hợp cho những người quen sử dụng và thiết kế mạch điều khiển số. Chương trình được viết dưới dạng liên kết của các hàm logic kỹ thuật số



- Ngôn ngữ lập trình STL

Đây là ngôn ngữ lập trình thông thường của máy tính. Một chương trình được ghép bởi nhiều lệnh theo một thuật toán nhất định, mỗi lệnh chiếm một hàng và đều có cấu trúc chung là "tên lệnh" + "toán hạng". Và thường ngôn ngữ STL hay được sử dụng hơn vì một số hàm không có hai loại ngôn ngữ trên.



### 2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH THAM SỐ CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN

#### 2.3.1 Mở đầu

Mặc dù những tiên bộ của lý thuyết và các phương pháp thiết kế đang liên tục phát triển trong lĩnh vực điều khiển tự động, các bộ điều khiển *Tỉ lệ - Tích phân - Vi phân* (PID - *Proportional, Integral, Derivative control*) vẫn được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp do ưu điểm về tỉ số giá thành và lợi nhuận của chúng đem lại. Thực tế, mặc dù chúng tương đối đơn giản trong việc sử dụng, nhưng vẫn có khả năng thỏa mãn về thực thi trong nhiều tác vụ điều khiển quá trình. Thực ra quá trình lịch sử lâu dài và các kiến thức được để lại qua nhiều năm đã làm cho cách sử dụng chúng như một bộ điều khiển phản hồi chuẩn mực. Tuy nhiên khả năng đáp ứng cao của các bộ vi xử lý, các công cụ phần mềm và sự tăng yêu cầu nâng cao chất lượng sản phẩm đồng thời giảm giá thành sản phẩm đã thúc đẩy các nhà nghiên cứu phát minh

ra các phương pháp mới cho việc cải tiến khả năng hoạt động và sự đơn giản trong sử dụng các bộ điều khiển.

Các bộ điều khiển PID đã được phát triển trong quá trình phát triển công nghệ, và ngày nay nó được hiện thực rất phổ biến dưới dạng số với các phần tử điện hoặc khí nén,...Nó có thể thấy trong hầu hết các loại thiết bị điều khiển như một bộ điều khiển đơn - độc lập hoặc dưới dạng các khối chức năng trong các bộ điều khiển PLC (Programable Logic Controller) hoặc DCS (Distributed Control System).

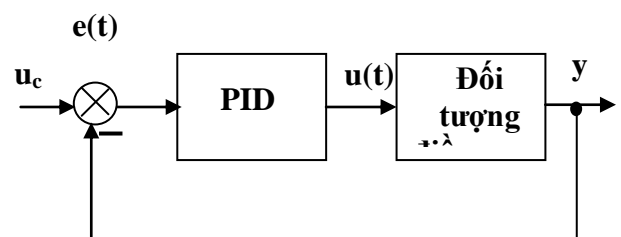
Các bộ điều khiển PID là công cụ chuẩn dùng cho tự động hóa công nghiệp. Sự linh hoạt của bộ điều khiển tạo cho nó khả năng sử dụng trong nhiều trường hợp. Các bộ điều khiển cũng có thể được sử dụng trong điều khiển tầng và các cấu hình bộ điều khiển khác. Nhiều vấn đề điều khiển đơn giản có thể được giải quyết rất tốt bởi điều khiển PID - với những yêu cầu chất lượng không quá cao. Thuật toán PID được đóng gói trong các bộ điều khiển tiêu chuẩn cho điều khiển quá trình và cũng là cơ sở cho nhiều hệ thống điều khiển đơn giản

Thuật toán PID được biểu diễn (hình 2.1) dạng công thức gồm 3 thành phần:

$$u(t) = K_c \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(s) ds + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

Trong đó:

- $u$  là biến điều khiển
- $e = u_c - y$  là sai số
- $u_c$  là giá trị đặt
- $y$  là đầu ra của quá trình



**Hình 2.7.** Điều khiển với bộ điều khiển PID

Thuật toán thực tế sử dụng gồm có nhiều sửa đổi. Nó thông thường là tiêu chuẩn cho phép thành phần vi phân chỉ tác dụng tới đầu ra quá trình. Có thể rất có lợi khi để thành phần tỉ lệ hoạt động chỉ như trong một phần của giá



trị đặt. Tác dụng của thành phần vi phân được thay thế bởi một đại lượng xấp xỉ có thể giảm độ tăng tại tần số cao. Thành phần tích phân được điều chỉnh sao cho nó không được tiếp tục tích lũy khi bão hòa các biến điều khiển (*anti-windup*). Sự điều chỉnh này có hiệu lực, và sẽ hạn chế sự thay đổi nhanh chóng khi bộ điều khiển chuyển từ chế độ bằng tay sang tự động hoặc khi các tham số được thay đổi.

Nếu sự phi tuyến của cơ cấu chấp hành có thể biểu diễn bởi hàm  $f$ , thì một bộ điều khiển PID thực tế có thể chấp nhận được mô tả như sau:

$$\begin{cases} u(t) = f(v(t)) \\ v(t) = P(t) + I(t) + D(t) \end{cases}$$

trong đó:

$$\begin{aligned} P(t) &= K_c(u_c(t) - y(t)) \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{K_c}{T_i}(u_c(t) - y(t)) + \frac{1}{T_i}(v(t) - u(t)) \\ \frac{T_d}{N} \frac{dD}{dt} &= -D - K_c T_d \frac{dy}{dt} \end{aligned}$$

Số hạng cuối cùng trong biểu thức  $di/dt$  được đưa vào để tránh hiện tượng tăng tích lũy khi đầu ra bão hòa (*anti-windup*). Điều này bảo đảm cho thành phần tích phân  $I$  được giới hạn. Tham số  $T_i$  là một hằng số thời gian cho việc reset hoạt động tích phân khi đầu ra bão hòa. Các tham số chủ yếu để điều chỉnh là  $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ . Tham số  $N$  có thể cố định, một giá trị điển hình là  $N = 10$ . Hằng số thời gian hiệu chỉnh là đặc trưng của một phần thời gian tích phân  $T_i$ .

### 2.3.2. Các tham số của bộ điều khiển PID

Bộ điều khiển *Tỉ lệ - Tích phân - Vi phân* gồm ba thành phần cơ bản: P, I, và D với các tính chất khác nhau:

+ *Thành phần Tỉ lệ (P - Proportional)*: đơn giản, phản ứng nhanh với tác động đầu vào, tuy nhiên khó tránh khỏi sai lệch tĩnh với đối tượng không có đặc tính tích phân. Thành phần tỉ lệ sử dụng phù hợp nhất với các đối tượng có tính quán tính - tích phân.

+ *Thành phần Tích phân (I - Integral)*: Có tác dụng tích lũy sai số để triệt tiêu sai lệch tĩnh. Tuy nhiên khâu tích phân cũng làm tăng thời gian đáp ứng của hệ thống, tăng thời gian xác lập, tăng độ quá điều chỉnh và dễ gây mất ổn định cho hệ thống.

+ *Thành phần Vi phân (D - Derivative)*: Có tác dụng giúp hệ thống nhanh chóng ổn định, đáp ứng nhanh với các phản ứng vào hệ thống, giảm thời gian xác lập và giảm độ quá điều chỉnh của hệ thống. Tuy nhiên thành phần vi phân cũng gây ra cho hệ thống sự nhạy cảm với nhiễu đầu vào.

Sự ảnh hưởng của các thành phần đến chất lượng của hệ kín được trình bày trong bảng 2.1.

**Bảng 2.1.** Tác dụng các tham số  $P, I, D$  tới chất lượng điều khiển

Đáp ứng	Thời gian tăng	Độ quá điều chỉnh	Thời gian Xác lập	Sai lệch tĩnh
$K_p$	Giảm	Tăng	Thay đổi nhỏ	Giảm
$K_i$	Giảm	Tăng	Tăng	Loại trừ
$K_d$	Thay đổi nhỏ	Giảm	Giảm	Thay đổi nhỏ

Đối với hệ thống có độ dự trữ ổn định lớn, muốn tăng độ dự trữ ổn định ta chỉ cần tăng độ hệ số khuếch đại điều khiển. Hệ thống sẽ không tồn tại sai lệch tĩnh nếu như tín hiệu vào có dạng hàm bậc thang đơn vị và hằng số thời gian tích phân  $T_I$  khác giá trị không. Luật điều khiển tích phân còn được gọi là luật điều khiển chậm sau vì sai số điều khiển được tích lũy cho đến khi đủ lớn thì mới đưa tín hiệu ra tác động điều khiển.

Khả năng tác động nhanh của hệ có thể được giảm bớt thời gian quá điều chỉnh bằng cách thay đổi hằng số thời gian tích phân  $K_D$  luật điều khiển vi phân – hay còn có thể nói luật điều khiển vi phân được gọi là điều khiển vượt trước.

Luật điều khiển PID có thể tổng quát bằng phương trình hàm truyền sau:

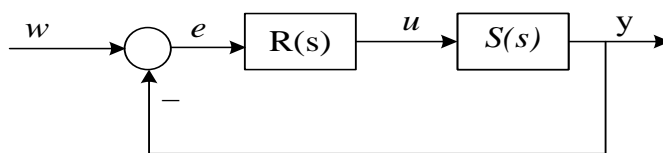
$$W_{dk}(p) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_I p} + T_D p \right) = \frac{K_I}{p} (1 + T_{D1} p + T_{D2} p)$$

Trong công nghiệp với bộ điều khiển PID, người ta có thể dễ dàng tích hợp các luật điều khiển khác như: luật tỷ lệ (P), điều khiển Tỷ lệ – Tích phân (PI), Tỷ lệ – Vi phân (PD) tạo thành bộ điều khiển tối ưu đạt được những tham số mong muốn, đem lại hiệu quả kinh tế cao mà bất kỳ các phương pháp điều khiển hiện đại nào có thể thay thế được. Có thể nói điều khiển theo PID là phương pháp điều khiển kinh điển mà các bộ điều khiển khác không thể thay thế được trong quá trình điều khiển tự động: khống chế nhiệt độ, tốc độ, ổn định...

Người ta vẫn thường nói rằng PID là một tập thể hoàn hảo bao gồm ba tính cách khác nhau:

- Phục tùng và thực hiện chính xác nhiệm vụ được giao ( tỷ lệ ).
- Làm việc và có tích lũy kinh nghiệm để thực hiện tốt nhiệm vụ ( tích phân).
- Luôn có sáng kiến và phản ứng nhanh nhạy với sự thay đổi tình huống trong quá trình thực hiện nhiệm vụ (vi phân).

Xét mô hình cấu trúc tổng quát của hệ thống khi sử dụng bộ điều khiển PID:



**Hình 2.8.** Sơ đồ cấu trúc của hệ thống

Trong mô hình bộ PID có nhiệm vụ đưa sai lệch  $e(t)$  của hệ thống về 0 sao cho quá trình quá độ thoả mãn các yêu cầu cơ bản về chất lượng.

- Nếu sai lệch  $e(t)$  càng lớn thì thông qua thành phần  $u_p(t)$  tín hiệu điều chỉnh  $u(t)$  hay càng lớn (vai trò khuếch đại  $K_p$ ).

- Nếu sai lệch  $e(t)$  chưa bằng 0 thì thông qua thành phần  $u_I(t)$ , bộ PID vẫn còn tạo tín hiệu điều chỉnh (vai trò của của tích phân  $T_I$ )

. - Nếu sự sai lệch của  $e(t)$  càng lớn thì thông qua thành phần  $u_D(t)$  bộ PID sẽ thay đổi càng nhanh tức phản ứng thích hợp của  $u(t)$  càng nhanh (vai trò của vi phân  $T_D$ ).

Đối với hệ thống điều khiển tự động tuyến tính liên tục, để nâng cao chất lượng của quá trình điều khiển, người ta ứng dụng các cơ cấu hiệu chỉnh để tạo ra bộ điều khiển có các định luật điều khiển phức tạp. Các bộ điều khiển có thể gồm các phần tử nối tiếp, hoặc song song hoặc nối tiếp – song song nhằm tạo ra các luật điều khiển khác nhau. Bình thường khi chưa có cơ cấu hiệu chỉnh thì bộ điều khiển có luật điều khiển tỉ lệ hay còn gọi là bộ điều khiển kiểu P. Khi có cơ cấu hiệu chỉnh thì bộ điều khiển có thể tạo ra luật điều khiển tỉ lệ - vi phân hay còn gọi là bộ điều khiển PD, tỉ lệ - tích phân hay còn gọi là bộ điều khiển PI, và tổ hợp tỉ lệ - vi tích phân còn gọi là bộ điều khiển PID.

#### *- Ảnh hưởng của bộ điều khiển PD*

Bộ điều khiển PD nhằm tạo ra tín hiệu điều khiển sớm pha, làm tăng độ dự trữ ổn định, và làm hệ thống tác động nhanh hơn do tăng dải thông của hệ và làm giảm tính dao động có thể xuất hiện trong hệ. Nhưng đồng thời bộ điều khiển PD cũng làm tăng hệ số khuếch đại của hệ ở miền tần số cao, gây mất ổn định nếu hệ làm việc ở tần số này.

#### *- Ảnh hưởng của bộ điều khiển PI*

Ngược lại bộ điều khiển PD nhằm tạo tín hiệu trễ pha làm thay đổi các đặc tính của hệ chủ yếu ở tần số thấp, do đó giảm sai số tức là làm tăng độ chính xác điều khiển. Nhưng đồng thời sự trễ pha làm hệ thống có xu hướng tiến gần biên giới ổn định. Vì vậy định luật điều khiển PI ít khi dùng một cách độc lập mà kết hợp với định luật điều khiển PD.

### *-Ảnh hưởng của bộ điều khiển PID*

Bộ điều khiển PID tạo ra tín hiệu điều khiển sớm – trễ pha tín hiệu thường được dùng để đảm bảo tăng chất lượng của hệ thống điều khiển ở cả hai trạng thái xác lập và quá độ. Mục đích của phần trễ pha là làm tăng độ chính xác và độ dự trữ ổn định của hệ thống, hiệu ứng chung là tăng toàn diện chất lượng của quá trình điều khiển tự động.

### **2.3.3. Cấu trúc bộ điều khiển PID**

Phương trình mô tả bộ điều khiển PID theo hàm thời gian như sau:

$$u(t) = K \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2.1)$$

Trong đó:

u: Biến điều khiển

e: sai lệch điều khiển ( $e = y_{sp} - y$ )

Các tham số của bộ điều khiển PID là:

K: hệ số khuếch đại

$T_i$ : Hằng số thời gian tích phân

$T_d$ : Hằng số thời gian vi phân.

Có thể mô tả bộ điều khiển PID dưới dạng hàm truyền như sau:

$$G(s) = K \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right] \quad (2.2)$$

Nếu ta đặt:

$$K = K' \frac{T_i' + T_d'}{T_i'}; \quad T_i = T_i' + T_i'; \quad T_d = \frac{T_i' T_d'}{T_i' + T_d'} \quad (2.3)$$

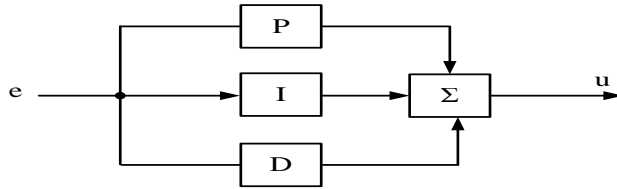
Thì ta có một dạng hàm truyền khác của bộ điều khiển PID:

$$G'(s) = K' \left( 1 + \frac{1}{T_i' s} \right) (1 + T_d' s) \quad (2.4)$$

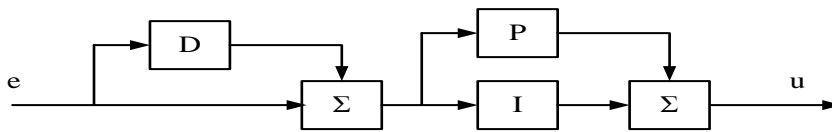
Tương ứng với dạng hàm truyền theo công thức (2.1) ta có bộ PID dạng chuẩn hay là dạng không ảnh hưởng lẫn nhau. Tương ứng với dạng hàm

truyền theo công thức (2.4) ta có PID dạng nối tiếp hoặc dạng kinh điển hay còn gọi là ảnh hưởng lẫn nhau vì  $T_d$  ảnh hưởng đến đường tích phân.

Hai dạng bộ điều khiển PID đó được thể hiện theo sơ đồ cấu trúc như sau:



**Hình 2.9.** Sơ đồ cấu trúc của bộ PID dạng chuẩn



**Hình 2.10.** Sơ đồ cấu trúc của bộ PID dạng nối tiếp

Một dạng khác mô tả hàm truyền của bộ PID như sau:

$$G''(s) = k + \frac{k_i}{s} + k_d s \quad (2.5)$$

Dạng này mô tả tương đương với dạng chuẩn nhưng giá trị tham số hoàn toàn khác. Tham số  $k_i$  được gọi là thời gian tích phân và  $k_d$  được gọi là thời gian vi phân. Nó thường được sử dụng trong tính toán, phân tích bởi vì những tham số của bộ điều khiển PID xuất hiện độc lập. Những tham số này liên hệ với bộ điều khiển PID dạng chuẩn như sau:  $k = K$ ;  $k_i = K/T_i$ ;  $k_d = K.T_d$ .

Chất lượng hệ thống phụ thuộc vào các tham số  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ . Muốn hệ thống có được chất lượng như mong muốn thì phải phân tích đối tượng rồi trên cơ sở đó

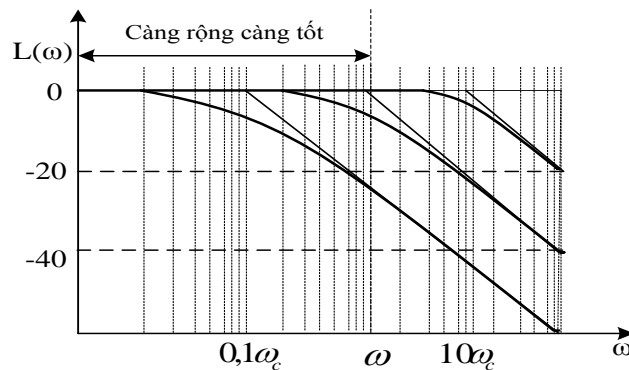
chọn các tham số đó cho phù hợp. Hiện có khá nhiều phương pháp xác định các tham số  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  cho bộ PID như là:

- Phương pháp Ziegler-Nichols
- Phương pháp Chien-Hrones-Reswick
- Phương pháp tổng T của Kuhn
- Phương pháp tối ưu độ lớn và phương pháp tối ưu đối xứng
- Phương pháp tối ưu theo sai lệch bám

### 2.3.4. Phương pháp tối ưu độ lớn

Một trong những yêu cầu chất lượng đối với hệ thống điều khiển kín trên mô tả bởi hàm truyền đạt  $G(s) = \frac{SR}{1+SR}$  là hệ thống luôn có đáp ứng  $y(t)$  giống như tín hiệu lệnh được đưa ở đầu vào  $w(t)$  tại mọi điểm tần số hoặc ít ra thời gian quá độ để  $y(t)$  bám được vào  $w(t)$  càng ngắn càng tốt. Nói cách khác, bộ điều khiển lý tưởng  $R(s)$  cần phải mang đến cho hệ thống khả năng  $|G(j\omega)|=1$  với mọi  $\omega$ .

Nhưng trong thực tế, vì nhiều lý do mà yêu cầu  $R(s)$  thỏa mãn khó được đáp ứng, chẳng hạn như vì hệ thống thực luôn chứa trong nó bản chất quán tính, tính “cưỡng lại lệnh” tác động từ ngoài vào. Song “tính xấu” đó của hệ thống lại được giảm bớt một cách tự nhiên ở chế độ làm việc có tần số lớn, nên người ta thường đã thỏa mãn với bộ điều khiển  $R(s)$  khi nó mang lại được cho hệ thống tính chất (2.1) trong một dải tần số rộng thuộc lân cận 0, như hình vẽ dưới đây:



**Hình 2.11.** Biểu đồ Bode hàm truyền hệ kín mong muốn với nguyên tắc điều khiển tối ưu độ lớn.

$$\text{Bộ điều khiển } R(s) \text{ thỏa mãn: } |G(j\omega)| \approx 1 \quad (2.6)$$

trong dải tần số thấp có độ rộng lớn được gọi là bộ điều khiển tối ưu độ lớn. Hình vẽ trên là ví dụ minh họa cho nguyên tắc điều khiển tối ưu độ lớn. Bộ điều khiển  $R(s)$  cần phải được chọn sao cho miền tần số của biểu đồ Bode

hàm truyền hệ kín  $G(s)$  thỏa mãn  $L(\omega) = 20\lg|G(j\omega)| \approx 0$  là lớn nhất. Dải tần số này càng lớn, chất lượng hệ kín theo nghĩa (2.6) càng cao.

Phương pháp tối ưu độ lớn được xây dựng chủ yếu chỉ phục vụ việc chọn tham số bộ điều khiển PID để điều khiển các đối tượng  $S(s)$  có hàm truyền đạt dạng quán tính bậc nhất, quán tính bậc hai, quán tính bậc ba.

a) Điều khiển đối tượng quán tính bậc nhất:

- Bộ điều khiển là khâu tích phân:  $R(s) = \frac{k_p}{T_I s}$  (2.7)

- Đối tượng là khâu quán tính bậc nhất:  $S(s) = \frac{k}{1 + T_s s}$  (2.8)

Như vậy sẽ có:

- Hàm truyền đạt hệ kín:  $G(s) = \frac{k}{T_R s + T_s + k}$  với  $T_R = \frac{T_I}{k_p}$

- Hàm truyền đạt hệ hở:  $G_h(s) = R(s)S(s) = \frac{k}{T_R s + T_s}$  (2.9)

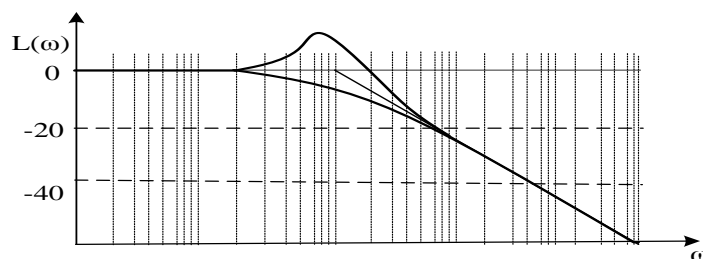
Suy ra:  $|G(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{k^2 - T_R T \omega^2 + T_R^2 \omega^2}}$

$\Leftrightarrow |G(j\omega)|^2 = \frac{k^2}{k^2 + T_R^2 \omega^2 - 2kT_R T \omega^2 + T_R^2 T^2 \omega^4}$

Và để điều kiện (2.6) được thỏa mãn trong một dải tần số thấp có độ rộng lớn, tất nhiên người ta có thể chọn  $T_R$  sao cho:

$$T_R^2 - 2kT_R T = 0 \Leftrightarrow T_R = \frac{T_I}{k_p} = 2kT$$

Khi đó hệ kín có biểu đồ Bode cho ở hình vẽ dưới đây:



**Hình 2.12.** Biểu đồ Bode của hệ thống với đối tượng quán tính bậc nhất



Với hàm truyền đạt  $G(s) = \frac{k}{2kT_R s + 1 + Ts + k} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2D\omega_n s + \omega_n^2}$  với

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{2T}} \quad \text{và} \quad D = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

**Định lý:** Nếu đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc nhất (2.8), thì bộ điều khiển tích phân (2.7) với tham số  $\frac{T_I}{k_p} = 2kT$  sẽ là bộ điều khiển tối ưu độ lớn.

Tiếp theo ta bàn về trường hợp đối tượng S(s) có dạng:

$$S(s) = \frac{k}{1 + T_1 s + T_2 s^2 + \dots + T_n s^n} \quad \text{với } T_1, \dots, T_n \text{ rất nhỏ.} \quad (2.10)$$

Để áp dụng định lý này với bộ điều khiển tối ưu độ lớn là khâu tích phân (2.7) thì trước tiên ta phải tìm cách chuyển mô hình (2.10) về dạng khâu quán tính bậc nhất (2.8), bằng phương pháp xấp xỉ mô hình.

Sử dụng công thức khai triển Vieta cho đa thức mẫu trong (2.10) được:

$$S(s) = \frac{k}{1 + (T_1 + T_2 + \dots + T_n)s + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + \dots)s^2 + \dots}$$

Do đó, ở những thời điểm tần số thấp khi s nhỏ, ta có thể bỏ qua những thành phần bậc cao của s và thu được công thức xấp xỉ (2.8) có  $T = \sum_{i=1}^n T_i$ .

Tương tự có bộ điều khiển tích phân với tham số  $\frac{T_I}{k_p} = 2k \sum_{i=1}^n T_i$  sẽ là bộ điều khiển tối ưu độ lớn.

d) Điều khiển đối tượng quán tính bậc hai:

Xét bài toán chọn tham số bộ điều khiển PID cho đối tượng quán tính bậc hai

$$S(s) = \frac{k}{1 + T_1 s + T_2 s^2} \quad (2.11)$$

Khi đó, để hàm truyền đạt hệ hở  $G_h(s)$  lại có dạng (2.9), và do đó sẽ ta chọn bộ điều khiển PI thay vì bộ điều khiển I như đã làm với đối tượng quán tính bậc nhất:

$$S(s) = k_p \left( 1 + \frac{1}{T_I s} \right) = \frac{k_p (1 + T_I s)}{T_I s} = \frac{k (1 + T_I s)}{T_R s} \quad T_R = \frac{T_I}{k_p} \quad (2.12)$$

$$\Rightarrow G_h(s) = R(s)S(s) = \frac{k (1 + T_I s)}{T_R s (1 + T_I s) (1 + T_2 s)} \quad (2.13)$$

nhằm thực hiện việc bù hằng số thời gian  $T_1$  của (2.11), theo định nghĩa

$$T_I = T_1$$

với cách chọn  $T_I$  này, hàm truyền đạt hệ hở (2.13) trở thành  $G_h(s) = \frac{k}{T_R s (1 + T_2 s)}$

và nó hoàn toàn giống như (2.9), tức là ta lại có được  $T_R$  theo định lý 2.1:

$$T_R = \frac{T_I}{k_p} = 2kT_2 \quad \Leftrightarrow \quad k_p = \frac{T_I}{2kT_2} = \frac{T_1}{2kT_2},$$

Nếu đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc hai (2.11) thì bộ điều khiển PI (2.13) với các tham số  $T_I = T_1$ ,  $k_p = \frac{T_1}{2kT_2}$  sẽ là bộ điều khiển tối ưu độ lớn.

Mở rộng ra, nếu đối tượng hàm truyền đạt  $S(s)$  dạng (2.10) với các hằng số thời gian  $T_2, T_3, \dots, T_n$  rất nhỏ so với  $T_1$  ( $T_1$  lớn vượt trội) thì nó có thể xấp xỉ bằng  $S(s) = \frac{k}{(1 + T_1 s) \prod_{i=2}^n (1 + T_i s)}$ , trong đó  $T = \sum_{i=2}^n T_i$  nhờ phương pháp tổng các hằng số thời gian nhỏ, ta có bộ điều khiển PI (2.12) có các tham số  $T_I = T_1$ ,

$$k_p = \frac{T_1}{2k \sum_{i=2}^n T_i} \text{ sẽ là bộ điều khiển tối ưu độ lớn.}$$

c) Điều khiển đối tượng quán tính bậc ba

Nếu đối tượng là khâu quán tính bậc ba có hàm truyền đạt:

$$S(s) = \frac{k}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)(1 + T_3 s)} \quad (2.14)$$

$$\text{Ta sẽ sử dụng bộ điều khiển PID } R(s) = k_p \left( 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) = \frac{k (1 + T_A s)(1 + T_B s)}{T_R s},$$

$$\text{với } T_R = \frac{T_I}{k_p}, T_A + T_B = T_I \text{ và } T_A T_B = T_I T_D \quad (2.15)$$

Khi đó, hàm truyền hệ hở sẽ lại trở về dạng (2.9), nếu ta chọn  $T_I = T_A, T_B = T_2$

$$\Leftrightarrow T_I = T_A + T_B, T_D = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$$

$$\text{Suy ra } T_R = \frac{T_I}{k_p} = 2kT_3 \Leftrightarrow k_p = \frac{T_I}{2kT_3} = \frac{T_1 + T_2}{2kT_3}, \text{ vậy:}$$

Nếu đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc ba (2.14) thì bộ điều khiển PID (2.15) với các tham số  $T_I = T_A + T_B$ ,  $T_D = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$ ,  $k_p = \frac{T_I}{2kT_3} = \frac{T_1 + T_2}{2kT_3}$  sẽ là bộ điều khiển tối ưu độ lớn.

Trong trường hợp đối tượng có dạng hàm truyền đạt (2.14), nhưng các hằng số thời gian  $T_3, T_4, \dots, T_n$  rất nhỏ so với hai hằng số thời gian còn lại  $T_1, T_2$  sử dụng phương pháp tổng các hằng số thời gian nhỏ để xấp xỉ nó về dạng khâu quán tính bậc ba:  $S(s) = \frac{k}{1 + T_1 s + T_2 s + T s}$  trong đó  $T = \sum_{i=3}^n T_i$  ta sẽ có

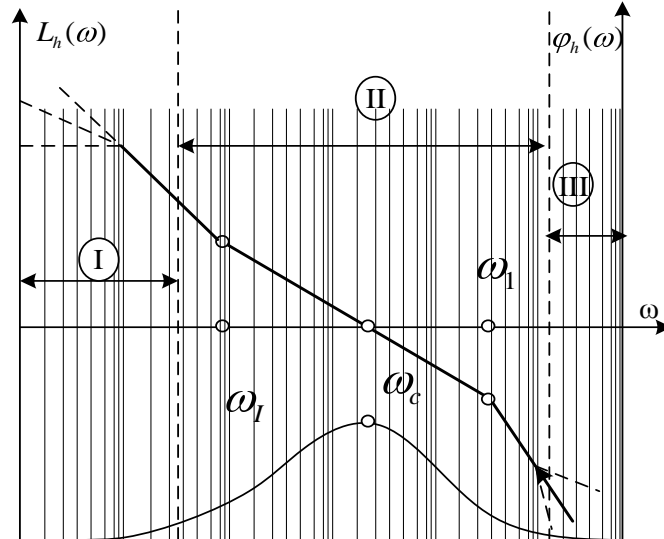
$$T_I = T_A + T_B, T_D = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}, k_p = \frac{T_I}{2kT_3} = \frac{T_1 + T_2}{2k \sum_{i=3}^n T_i}.$$

### 2.3.5. Phương pháp tối ưu đối xứng

Có thể thấy ngay được sự hạn chế của phương pháp thiết kế PID tối ưu độ lớn là đối tượng  $S(s)$  phải ổn định, hàm quá độ  $h(t)$  của nó phải đi từ 0 và có dạng hình chữ. Phương pháp chọn tham số PID theo nguyên tắc tối ưu đối xứng được xem như là một sự bù đắp cho điều khiển khuyết trên của tối ưu độ lớn.

Gọi  $G_h(s) = R(s)S(s)$  là hàm truyền đạt của hệ hở. Khi đó hệ kín có hàm truyền đạt:  $G(s) = \frac{G_h(s)}{1 + G_h(s)} \Leftrightarrow G_h(s) = \frac{G(s)}{1 - G(s)}$ . (2.16)

Và giống như ở phương pháp tối ưu độ lớn, để có  $|G(j\omega)| \approx 1$  trong dải tần số thấp thì phải có  $|G(j\omega)| \gg 1$  trong dải tần  $\omega$  nhỏ.



**Hình 2.13.** Đặc tính biên độ tần số logarit mong muốn của hệ hở tối ưu đối xứng.

Biểu đồ bode mong muốn của hàm truyền hệ hở  $G_h(\omega)$  gồm  $L_h(\omega)$  và  $\varphi_h(\omega)$ . Dải tần số ồtomg biểu đồ Bode được chia ra làm ba vùng:

- Vùng I là vùng tần số thấp. Điều kiện (2.16) được thể hiện rõ nét ở vùng I là hàm đặc tính tần số hệ hở  $G_h(j\omega)$  phải có biên độ rất lớn, hay  $L_h(\omega) \gg 0$ . Vùng này đại diện cho chất lượng hệ thống ở chế độ xác lập hoặc tĩnh (tần số nhỏ). Sự ảnh hưởng của nó tới tính động học của hệ kín có thể bỏ qua.

- Vùng II là vùng tần số trung bình và cao. Vùng này mang thông tin đặc trưng của tính động học hệ kín. Sự ảnh hưởng của vùng này tới tính chất hệ kín ở dải tần số thấp (tĩnh) hoặc rất cao là có thể bỏ qua. Vùng II được đặc trưng bởi điểm tần số cắt  $L_h(\omega_c) = 0$  hay  $|G(j\omega_c)| = 1$ . Mong muốn rằng hệ kín không có cấu trúc phức tạp nên hàm  $G_h(j\omega)$  cũng được giả thiết chỉ có một tần số cắt  $\omega_c$ .

Đường đồ thị biên độ Bode  $L_h(\omega)$  sẽ thay đổi độ nghiêng một giá trị 20db/dec tại điểm tần số gãy  $\omega_l$  của đa thức tử số và -20db/dec tại điểm tần số gãy  $\omega_1$  của đa thức mẫu số. Nếu khoảng cách độ nghiêng đủ dài thì đường  $\varphi_h(\omega)$  sẽ thay đổi một giá trị là  $90^\circ$  tại  $\omega_l$  và  $-90^\circ$  tại  $\omega_1$ . Ngoài ra, hệ kín sẽ ổn định nếu tại tần số cắt đó hệ hở có góc pha  $\varphi_h(\omega_c)$  lớn hơn  $-\pi$ . Bởi vậy, tính

ổn định hệ kín đảm bảo nếu trong vùng I đã có  $|G_h(j\omega)| \gg 1$  và ở vùng II này, xung quanh điểm tần số cắt, biểu đồ Bode  $L_h(\omega)$  có độ dốc là  $-20\text{dB/dec}$  cũng như khoảng cách độ dốc đó là đủ lớn.

- Vùng III là vùng tần số rất cao. Vùng này mang ít hoặc có thể bỏ qua được, những thông tin về chất lượng kỹ thuật của hệ thống. Để hệ không bị ảnh hưởng bởi nhiễu tần số rất cao, tức là khi ở tần số rất cao  $G(s)$  cần có biên độ rất nhỏ, thì trong vùng này hàm  $G_h(j\omega)$  có giá trị tiến đến 0.

Có thể thấy ngay được rằng, nếu kí hiệu  $T_l = \omega_l^{-1}$ ,  $T_c = \omega_c^{-1}$ ,  $T_1 = \omega_1^{-1}$  thì hệ hở  $G_h(s)$  mong muốn với biểu đồ Bode cho trong (2.16) phải là

$$G_h(s) = R(s)S(s) = \frac{k_h(1+T_l s)}{s^2(1+T_1 s)} \quad (2.17)$$

Thực tế đã chứng minh được hàm truyền hệ hở mong muốn (2.17) với tiêu chuẩn tối ưu đối xứng có thể viết ở dạng:

$$G_h(s) = \frac{4T_\mu p + 1}{4T_\mu p} \cdot \frac{1}{2T_\mu p(T_\mu p + 1)} \quad (2.18)$$

Công thức này viết cho vòng thứ  $i$  ( $i=1$ ) và cũng áp dụng cho vòng tiếp theo khi thay đổi  $T_{\mu i} = 2^{i-1} \cdot T_\mu$  là tổng các hằng số thời gian không bù của đối tượng quy về vòng thứ 1 bên trong. Khâu được xây dựng để tối ưu modul không phải luôn đảm bảo được các chỉ tiêu chất lượng cho trước của quá trình quá độ theo tác động của nhiễu loạn. Vì vậy vòng ngoài của hệ truyền động điện (vòng tốc độ hay góc) thường được xây dựng theo phương pháp tối ưu đối xứng, hàm truyền hệ hở trong trường hợp này có dạng:

$$G_{h\omega} = \frac{4T_0 p}{8T_0^2 p^2 (T_0 p + 1)} \quad (2.19)$$

Từ đây ta sẽ xác định được hàm truyền của bộ điều khiển nếu có hàm truyền của đối tượng, hàm truyền vòng kín có dạng:  $G_{k\omega} = \frac{1}{8T_0^2 p^2 + 4T_0 p + 1}$

## **2.4. KHAI THÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN PID TRONG PLC**

### **2.4.1. Giới thiệu về module PID mềm trong Step7**

Phần mềm Step7 cung cấp các module mềm PID để điều khiển các đối tượng có mô hình liên tục như lò, động cơ, mức... Đầu ra của đối tượng được đưa vào đầu vào của bộ điều khiển qua các cổng vào tương tự của các module vào tương tự của Simatic S7-300/400. Tín hiệu ra của bộ điều khiển có nhiều dạng và được đưa đến các cơ cấu chấp hành qua những module vào ra khác nhau như:

- Qua cổng ra tương tự của module ra tương tự (AO),
- Qua các cổng ra số của module ra số (DO), hoặc
- Qua các cổng phát xung ra tốc độ cao.

Mỗi module mềm PID đều có một khối dữ liệu riêng (DB) để lưu giữ các dữ liệu phục vụ cho chu trình tính toán thực hiện luật điều khiển. Các khối hàm FB của module mềm PID đều cập nhật được những khối dữ liệu này ở mọi thời điểm. Module mềm FB PULSEGEN được sử dụng kết hợp với module FB CONT\_C nhằm tạo ra bộ điều khiển có tín hiệu dạng xung tốc độ cao thích ứng với những cơ cấu chấp hành tỷ lệ.

Một bộ điều khiển PID mềm được hoàn thiện thông qua khối hàm FB nhiều chức năng tạo ra tính linh hoạt cao trong thiết kế. Người sử dụng có thể chọn chức năng này hoặc loại bỏ các chức năng không cần cho hệ thống. Các chức năng cơ bản khác như xử lý tín hiệu chủ đạo, tín hiệu quá trình và tính toán các biến khác cùng với bộ điều khiển theo thuật điều khiển PID cũng được tích hợp sẵn trong một module điều khiển mềm.

Những module mềm không toàn năng tới mức có thể ứng dụng được vào mọi bài toán điều khiển. Đặc tính điều khiển và tốc độ xử lý của module PID mềm phụ thuộc vào loại CPU được chọn để giải quyết bài toán điều khiển. Do khi xử lý một mạch vòng điều khiển người ta phải thực hiện công việc trích mẫu tín hiệu đầu vào cho mạch vòng điều khiển đó (liên quan đến

tín hiệu báo ngắt cho chu kì thời gian (OB30÷OB38), nên cần phải có sự tương thích giữa số mạch vòng điều khiển PID và khả năng cũng như tốc độ tính toán của CPU. Nếu bài toán điều khiển yêu cầu tần suất cập nhật càng cao thì số vòng điều khiển phải càng giảm. Chỉ ở những bài toán có số vòng điều khiển ít người ta mới có thể sử dụng các module mềm có tần suất truy nhập cao.

Tất cả các module PID mềm đều cung cấp nhiều giải pháp lựa chọn luật điều khiển trong khi thiết kế để bộ điều khiển phù hợp với đối tượng như: luật điều khiển tỷ lệ P, luật điều khiển tỷ lệ-vi phân PD, luật điều khiển tỷ lệ-tích phân PI... Chất lượng của hệ thống hoàn toàn phụ thuộc vào các tham số của bộ điều khiển. Do đó, điều kiện bắt buộc đảm bảo thành công trong thiết kế là người sử dụng phải có mô hình đối tượng chính xác. Đó cũng chính là nhược điểm cơ bản của phương pháp điều khiển kinh điển.

Phụ thuộc vào cơ cấu chấp hành, người sử dụng có thể chọn được module mềm PID tương thích. Ba module PID được tích hợp trong phần mềm Step7 phù hợp với ba kiểu cơ cấu chấp hành nêu trên đó là:

- 1) Điều khiển liên tục với module mềm FB41 (tên hình thức CONT\_C)
- 2) Điều khiển bước với module mềm FB42 (tên hình thức CONT\_S)
- 3) Điều khiển kiểu phát xung với khối hàm hỗ trợ FB43 (tên hình thức PULSEGEN).

Với đối tượng trong đề tài này, module mềm FB41 cần được tìm hiểu để giải quyết bài toán.

#### **2.4.2. Điều khiển liên tục với FB41 “CONT\_C”**

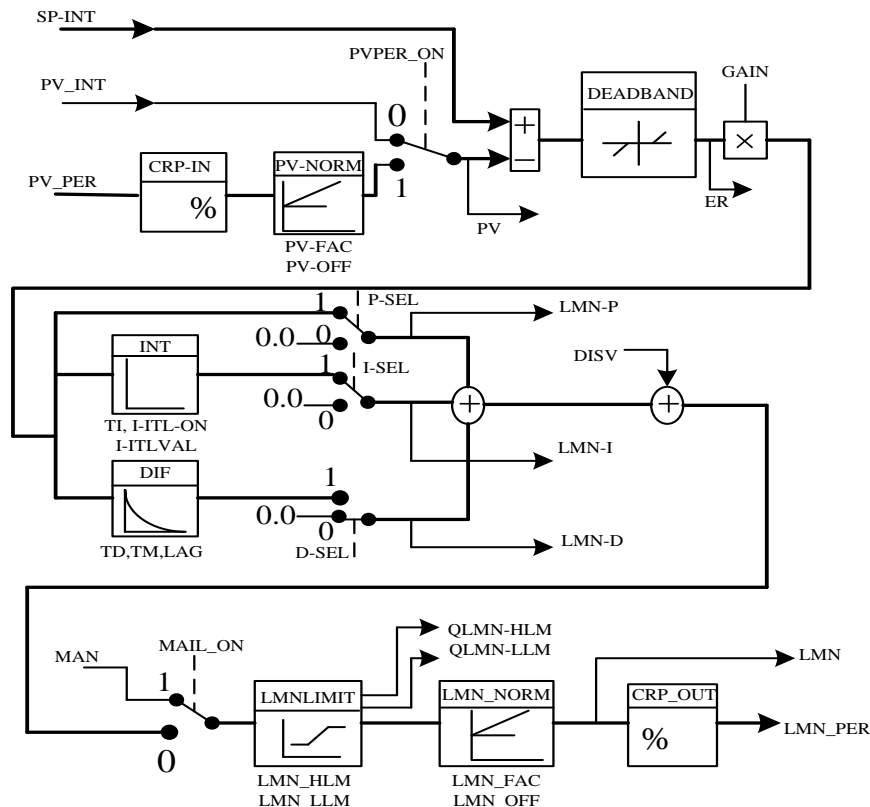
##### **a) Giới thiệu chung về FB41**

FB41 “CONT\_C” được sử dụng để điều khiển các quá trình kĩ thuật với các biến đầu vào và đầu ra tương tự trên cơ sở thiết bị khả trình Simatic. Trong khi thiết lập tham số, có thể tích cực hoặc không tích cực một số thành phần chức năng của bộ điều khiển PID cho phù hợp với đối tượng. Có thể sử

dụng module mềm PID như một bộ điều khiển với tín hiệu chủ đạo đặt cứng (fixed setpoint) hoặc thiết kế một hệ thống điều khiển nhiều mạch vòng theo kiểu điều khiển cascade. Những chức năng điều khiển được thiết kế trên cơ sở của thuật điều khiển PID của bộ điều khiển mẫu với tín hiệu tương tự.

b) Cấu trúc modul mềm PID FB41 “CONT\_C”.

Sơ đồ cấu trúc của module mềm FB41 “CONT\_C” được minh họa như sau:



**Hình 2.14.** Sơ đồ cấu trúc modul mềm FB41

Module mềm PID bao gồm tín hiệu chủ đạo SP-INT, tín hiệu ra của đối tượng PV-PER, tín hiệu giả để mô phỏng tín hiệu ra của đối tượng PV-IN, các biến trung gian trong quá trình thực hiện luật và thuật điều khiển PID như PVPER-ON, P-SEL, I-SEL, D-SEL, MAN-ON...

- + Tín hiệu chủ đạo SP-INT: được nhập dưới dạng dấu phẩy động
- + Tín hiệu ra của đối tượng PV-PER: Thông qua hàm nội của FB41 có tên CRP-IN, tín hiệu ra của đối tượng có thể được nhập dưới dạng số nguyên có dấu hoặc số thực dấu phẩy động. Chức năng của CRP-IN là chuyển đổi



kiểu biểu diễn của PV-PER từ dạng số nguyên sang số thực dấu phẩy động có giá trị nằm trong khoảng -100 đến 100% theo công thức:

$$\text{Tín hiệu ra của CRP-IN} = \text{PV-PER} \times \frac{100}{27648}$$

+ Chuẩn hóa: Chức năng của hàm chuẩn hóa PV-NORM tín hiệu ra của đối tượng là chuẩn hóa tín hiệu ra của hàm CRP-IN theo công thức:

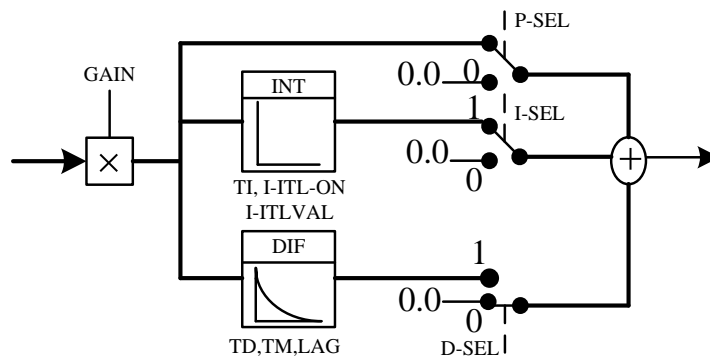
$$\text{Tín hiệu ra của PV-NORM} = (\text{Tín hiệu ra của CRP-IN}) \times \text{PV-FAC-OFF}$$

Hai tham trị khống chế dải giá trị cho phép của PV-NORM là PV-FAC và PV-OFF. Mặc định PV-FAC của hàm PV-NORM có giá trị bằng 1 và PV-OFF có giá trị 0.

Lọc nhiễu tác động trong lân cận điểm làm việc: Tín hiệu sai lệch giữa tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra của đối tượng. Nó được tọa ngay ra trong FB41 là đầu vào của khối DEADBAND có tác dụng lọc những dao động nhỏ xung quanh giá trị xác lập. Nếu không muốn sử dụng DEADBAND hoặc với đối tượng mà có thể bỏ qua sự ảnh hưởng của nhiễu trong lân cận điểm làm việc ta chọn DEAD-W=0.

c) Chọn luật điều khiển trên module FB41 “CONT\_C”

Thuật PID được thiết kế theo kiểu song song của ba thuật điều khiển đơn lẻ tỷ lệ (P), tích phân (I), vi phân (D) theo sơ đồ cấu trúc sau:



**Hình 2.15.** Thuật điều khiển PID

Chính vì cấu trúc song song như vậy nên ta có thể thông qua các tham trị P-SEL, I-SEL hay D-SEL mà tích hợp được các thuật điều khiển khác nhau từ bộ điều khiển mẫu này như thuật điều khiển P,PI, PD, PID.

d) Khai báo tham số và các biến của Modul mềm PID

Chúng ta có thể khai báo tham số và các biến cho bộ điều khiển trong khối dữ liệu cơ sở thông qua các bước sau:

START→ SIMATIC→ STEP7→PID PARAMETTER ASIGNMENT

Trên thanh công cụ trong cửa sổ của màn hình soạn thảo có biểu tượng của các hàm thư viện có trong Step7. Kích chuột vào biểu tượng này ta nhận được bảng danh mục các khối hàm thư viện ngay trong cửa sổ màn hình soạn thảo.

- *Đặt giá trị cho khối FB41*

Phần mềm cho phép chọn chế độ tự động (automatic mode) hoặc chế độ bằng tay. Ở chế độ bằng tay các giá trị của các biến được chọn bằng tay. Bộ tích phân (INT) tự thiết lập chế độ LNM-LNM-P-DISV và bộ vi phân (DIF) tự động về 0. Điều đó đảm bảo việc chuyển chế độ từ thiết lập giá trị bằng tay về chế độ tự động không gây một biến đổi đột ngột nào đối với các biến đã được thiết lập giá trị bằng tay.

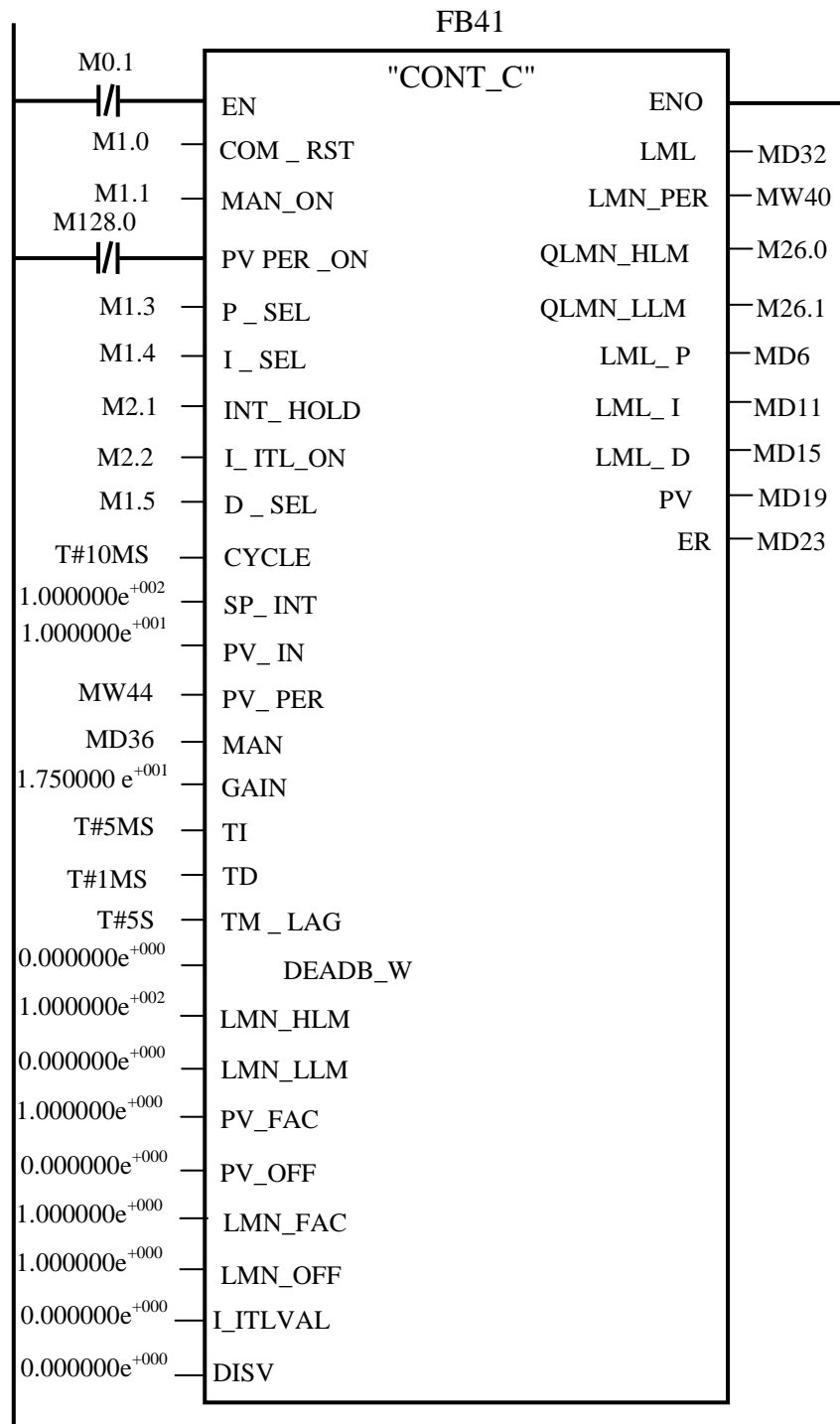
Cũng có thể giới hạn cho các giá trị được thiết lập bằng tay nhờ hàm LMNLIMIT. Một bit cờ sẽ có giá trị bằng 1 khi biến vào có giá trị vượt quá giới hạn đã chọn. Hàm LMN-NORM sẽ chuẩn hóa tín hiệu ra của hàm LMNLIMIT theo công thức:

$$LMN = (\text{Tín hiệu ra của LMNLIMIT}) * LMN-FAC + LMN-OFF$$

Mặc định LMN-FAC có giá trị bằng 1, còn LMN-OFF có giá trị bằng 0. Các giá trị đặt bằng tay có thể theo một cách biểu diễn riêng. Hàm CRP-OUT có chức năng biến đổi từ kiểu biểu diễn số thực dấu phẩy động sang kiểu biểu diễn riêng theo công thức:  $LMN-PER = LMN * \frac{27648}{100}$

Ngoài ra nhiều có thể được lọc trước bằng cách đưa qua đầu vào DISV.

### 2.4.3. Khai báo tham biến hình thức đầu vào và đầu ra



**Hình 2.16.** Sơ đồ khối cài đặt các chân module FB41 “CONT\_C”

Nhìn vào sơ đồ khối FB41 “CONT\_C” có 26 tham biến hình thức đầu vào như sau:

<b>Tên biến</b>	<b>Kiểu dữ liệu</b>	<b>Phạm vi giới hạn</b>	<b>Giá trị mặc định</b>	<b>Mô tả chức năng</b>
COM-RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART Khởi chức năng khởi tạo lại hệ thống hoàn toàn khi đầu vào “complete restart” được thiết lập giá trị logic true
MAN-ON	BOOL		TRUE	MANUAL VALUE ON Khi đầu vào “manual value on” có giá trị logic TRUE mạch vòng điều khiển sẽ bị ngắt, các fxa trị sẽ được thiết lập bằng tay
PVPER-ON	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL ON Khi đọc biến quá trình từ các cổng vào/ra đầu vào PV-PER phải được nối với các cổng vào/ra và đầu vào “process variable peripheral on” có giá trị logic TRUE
P-SEL	BOOL		TRUE	PROPORTIONAL ACTION ON Hoạt động của bộ điều khiển PID có thể tích cực hoặc không tích cực từng phần riêng trong thuật điều khiển PID. Thuật điều khiển tỷ lệ khi giá trị logic TRUE được thiết lập tại cổng vào “proportional action on”.

<b>Tên biến</b>	<b>Kiểu dữ liệu</b>	<b>Phạm vi giới hạn</b>	<b>Giá trị mặc định</b>	<b>Mô tả chức năng</b>
I-SEL	BOOL		TRUE	INTERGRAL ACTION ON Hoạt động của bộ điều khiển PID có thể tích cực hoặc không tích cực từng phần riêng trong thuật điều khiển PID. Thuật điều khiển tích phân được kích hoạt khi giá trị logic TRUE được thiết lập tại cổng vào “integral action on”
INT-HOLD	BOOL		FALSE	INTERGRAL ACTION HOLD Đầu ra của bộ điều khiển tích phân có thể bị “đông lạnh” (không được sử dụng) khi thiết lập giá trị logic TRUE cho đầu vào “integral action hold”.
I-ITL-ON	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTERGRAL ACTION Đầu ra của bộ điều khiển tích phân có thể được nối vào cổng I-ITL-VAL nếu như cổng vào “initialization” of the intergral action on” có giá trị logic TRUE.
D-SEL	BOOL		FALSE	DERIVATE ACTION ON Hoạt động của bộ điều khiển PID có thể tích cực hoặc không tích cực từng phần riêng trong thuật điều khiển PID. Thuật điều khiển vi phân được kích hoạt khi giá trị logic TRUE được thiết lập tại cổng vào “derivate action on”

Tên biến	Kiểu dữ liệu	Phạm vi giới hạn	Giá trị mặc định	Mô tả chức năng
CYCLE	TIME	$\geq 1\text{ms}$	T#1s	SAMPLING TIME Thời gian lấy mẫu là khoảng thời gian không đổi giữa các lần khối được cập nhật
SP-INT	REAL	-100...100% Hoặc giá trị vật lý	0.0	INTERNAL SETPOINT Đầu vào “internal setpoint” được sử dụng để thiết lập tín hiệu chủ đạo (tín hiệu mẫu).
PV-IN	REAL	-100...100% Hoặc giá trị vật lý	0.0	PROCESS VARIABLE IN Giá trị khởi tạo có thể đặt ở đầu vào “process variable on” hoặc từ biến quá trình được biểu diễn dưới dạng số thực dấu phẩy động.
PV-PER	WORD		W#16#0 000	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL Biến quá trình được nối với CPU thông qua cổng vào tương tự .
MAN	REAL	-100...100% Hoặc giá trị vật lý	0.0	MANUAL VALUE Cổng vào “manual value” được sử dụng để đặt giá trị bằng các hàm gia diện.
GAIN	REAL		2.0	PROPOTIONAL GAIN Đầu vào “propotional gain” được sử dụng để thiết lập hệ số tỷ lệ cho bộ điều khiển theo luật tỷ lệ

Tên biến	Kiểu dữ liệu	Phạm vi giới hạn	Giá trị mặc định	Mô tả chức năng
TI	TIME	$\geq$ CYCLE	T#20s	RESET TIME Cổng Vào “reset time” được sử dụng để thiết lập hằng số thời gian tích phân cho bộ điều khiển tích phân.
TD	TIME	$\geq$ CYCLE	T#10s	DERIVATE TIME Cổng vào “derivate time” sử dụng để thiết lập hằng số thời gian vi phân cho bộ điều khiển vi phân.
TM-LAG	TIME	$\geq$ CYCLE	T#2s	TIME LAG OF DERIVATE ACTION Thời gian tích cực của luật điều khiển vi phân được chọn thông qua cổng vào “time lag of derivate action”.
DEAB-W	REAL	$\geq 0.0\%$ hoặc giá trị vật lý	0.0	DEAD BAND WIDTH Một vùng kém nhạy được sử dụng để xử lý tín hiệu sai lệch. Độ rộng của vùng kém nhạy được đặt thông qua cổng vào “dead band width”.
LMN-HLM	REAL	LMN-LLM ... 100% hoặc giá trị vật lý	100.0	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT Giá trị hạn chế trên được thiết lập bằng tay qua cổng vào “manipulated value high limit”.

<b>Tên biến</b>	<b>Kiểu dữ liệu</b>	<b>Phạm vi giới hạn</b>	<b>Giá trị mặc định</b>	<b>Mô tả chức năng</b>
LMN-LLN	REAL	-100%... LMN-LLM hoặc giá trị vật lý	0.0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT  Giá trị hạn chế dưới được thiết lập bằng tay qua cổng vào “manipulated value low limit”.
PV-FAC	REAL		1.0	PROCESS VARIABLE FACTOR  Biến quá trình được nhân với một hệ số cho phù hợp với phạm vi quy định của biến này. Hệ số được chọn thông qua cổng vào “process variable factor”.
LMN-FAC	REAL		1.0	MANIPULATED VALUE FACTOR  Giá trị giới hạn được nhân với một hệ số cho phù hợp với phạm vi quy định của biến quá trình. Hệ số này được đặt qua cổng vào “manipulated value factor”.
LMN-OFF	REAL		0.0	MANIPULATED VALUE OFFSET  Giá trị giới hạn được nhân với một hệ số cho phù hợp với phạm vi quy định của biến quá trình. Hệ số này được đặt qua cổng vào “manipulated value offset”.



<b>Tên biến</b>	<b>Kiểu dữ liệu</b>	<b>Phạm vi giới hạn</b>	<b>Giá trị mặc định</b>	<b>Mô tả chức năng</b>
I-ITLVAL	REAL	-100...100% Hoặc giá trị vật lý	0.0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTERGRAL ACTION Giá trị đầu ra của bộ điều khiển tích phân có được thiết lập thông qua cổng vào “initialization value of the intergral action”.
DISV	REAL	-100...100% Hoặc giá trị vật lý	0.0	DISTURBANCE VARIABLE Khi điều khiển hệ thống bằng phương pháp feedforward thì một giá trị bù nhiễu được đặt thông qua cổng vào “disturbance variable”.
PV-OF	REAL		1.0	PROCESS VARIALE OFFSET Biến quá trình được cộng với một lượng bù cho phù hợp với phạm vi qui định của biến này. Giá trị bù được chọn thông qua cổng vào “process variable offset”.

Khai báo tham biến hình thức đầu ra:

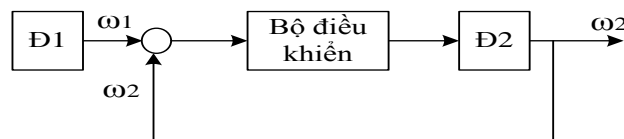
<b>Tên biến</b>	<b>Kiểu dữ liệu</b>	<b>Mặc định</b>	<b>Mô tả</b>
LMN	REAL	0.0	MANIPULATED VALUE Giá trị ra được thiết lập bằng tay thông qua cổng ra “manipulated value”.
LMN- PER	WORD	W#16# 0000	MANIPULATED VALUE PERIPHERAL Giá trị đầu ra thiết lập bằng tay theo kiểu biểu diễn phù hợp với các cổng vào/ra tương tự được chọn qua cổng “manipulated value peripheral”.
QLMN- HLM	BOOL	FALSE	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED Cổng ra “high limit of manipulated value reached” thông báo giá trị biến qua trình vượt quá giá trị giới hạn trên.
QLMN- LLM	BOOL	FALSE	LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED Cổng ra “low limit of manipulated value reached” thông báo giá trị biến qua trình nhỏ hơn quá giá trị giới hạn dưới.
LMN-P	REAL	0.0	PROPOTIONAL COMPONENT Tín hiệu ra của bộ điều khiển tỷ lệ được xuất qua cổng ra của “propotional component”
LMN-I	REAL	0.0	INTEGRAL COMPONENT Tín hiệu ra của bộ điều khiển vi phân được xuất qua cổng ra “integral component”.

Tên biến	Kiểu dữ liệu	Mặc định	Mô tả
LMN-D	REAL	0.0	DERIVATIVE COMPONENT Tín hiệu ra của bộ điều khiển vi phân được xuất qua cổng ra “derivative component”.
PV	REAL	0.0	PROCESS VALUE Tín hiệu quá trình được xuất qua cổng ra “process value”.
ER	REAL	0.0	ERROR SIGNAL Tín hiệu sai lệch được xuất qua cổng ra “error signal”.

## 2.5. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ PLC-BIẾN TẦN-ĐỘNG CƠ CHO HỆ ĐỒNG TỐC

### 2.5.1. Cấu trúc hệ đồng tốc:

Trong các băng tải, hay máy cuộn dây đồng có hai động cơ Đ<sub>1</sub>, Đ<sub>2</sub> cần phải được đồng bộ tốc độ. Cơ sở của của bài toán hệ thống đồng bộ tốc độ chính là bài toán của hệ thống bám. Để đồng tốc hai động cơ này thì bắt buộc tốc độ Đ<sub>1</sub> phải bám theo tốc độ Đ<sub>2</sub> hoặc ngược lại, khi đó ta có sơ đồ cấu trúc tổng quát của hệ đồng tốc như hình 2.1:

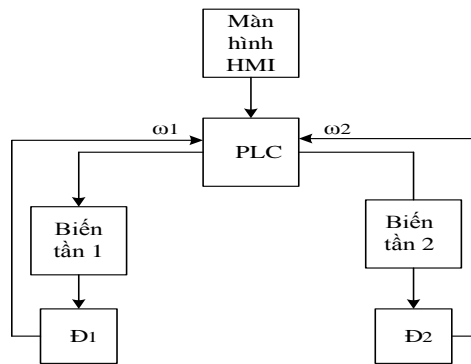


**Hình 2.17.** Sơ đồ cấu trúc tổng quát điều khiển đồng bộ tốc độ

Bộ điều chỉnh là bộ điều chỉnh PID có nhiệm vụ điều chỉnh tốc độ góc hoặc tốc độ dài động cơ Đ<sub>2</sub> bằng với tốc độ góc hoặc tốc độ dài động cơ Đ<sub>1</sub>.

Sơ đồ trên đây bảo đảm khả năng bám của tốc độ động cơ Đ<sub>2</sub> theo động cơ Đ<sub>1</sub> khi tương quan tốc độ  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  theo một tỷ số không đổi.

Trong trường hợp do yêu cầu công nghệ tương quan  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  cần phải thay đổi, với điều kiện khoa học kỹ thuật ngày nay để điều khiển hệ thống này người ta thường điều khiển theo phương pháp điều khiển các động cơ theo phương pháp điều chỉnh tự động tần số, kết hợp cả biến tần và PLC thì ta cũng có sơ đồ cấu trúc đồng bộ tốc độ dạng khác như sau:



**Hình 2.18.** Sơ đồ cấu trúc tổng quát hệ thống đồng tốc hai động cơ sử dụng PLC và biến tần

Trong đó: Máy tính điều khiển chương trình, tốc độ động cơ được điều chỉnh được điều chỉnh bởi bộ điều chỉnh PID trong PLC bằng cách điều khiển biến tần cung cấp tần số cho động cơ theo phương pháp đã được cài đặt trong biến tần.

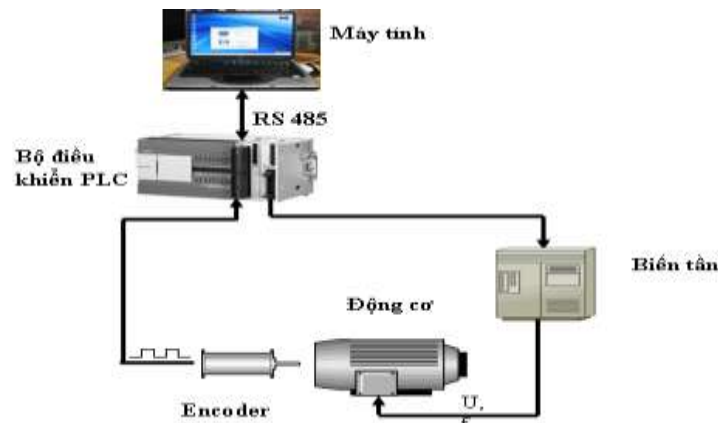
### 2.5.2 Sơ đồ thực nghiệm hệ thống.

Trong nội dung chương này, tiến hành thực nghiệm xây dựng hệ truyền động ổn định tốc độ lập trình trên PLC điều khiển biến tần - động cơ, kết nối máy tính qua cáp truyền thông MPI của Siemens.

Trên mô hình gồm có:

- Panel lắp thiết bị
- Bộ PLC S7 -300 của Siemens
- Biến tần MM440
- Bộ máy tính điều khiển chương trình
- Encoder đo tốc độ động cơ
- Động cơ điện không đồng bộ ba pha

Ngoài ra, còn các trang thiết bị kèm theo như: Attomat, cơ cấu đo,...



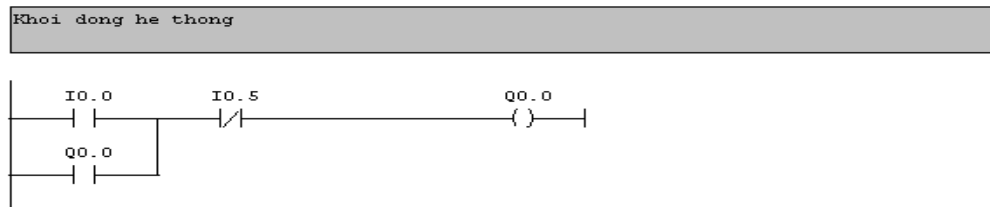
**Hình 2.19.** Sơ đồ thực nghiệm hệ thống điều khiển bám vị trí

### 2.5.3. Chương trình điều khiển.

*Phần mềm thực hiện chương trình P*

Các chế độ làm việc của hệ thống là Tự động - Bằng tay, Quay thuận - Quay ngược được thực hiện trên Panel điều khiển. Tín hiệu điều khiển này được PLC đọc và thực hiện phát tín hiệu ra biến tần để thực hiện điều khiển động cơ.

Network 1: Nối vào DIN0 của biến tần



**Hình 2.20.** Khởi động và dừng hệ thống

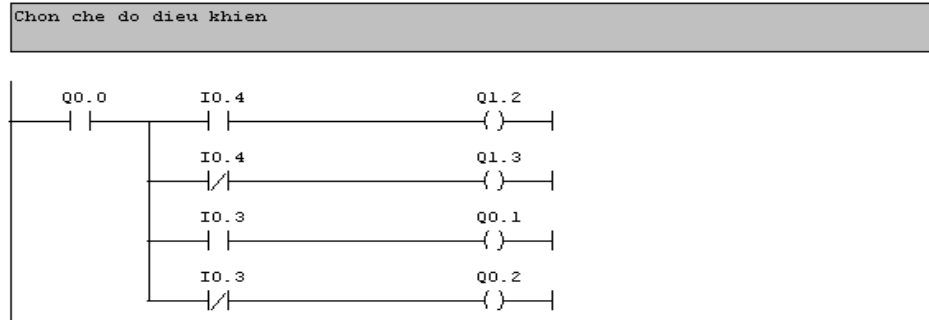
I0.0 : khởi động

I0.5 : Dừng

Q0.0: Động cơ chạy (nối vào DIN0 của biến tần)

Đầu ra số Q0.0 của PLC được nối với đầu vào số 3 DIN0 của biến tần thực hiện khởi động và dừng động cơ. DIN0 = 0 thì động cơ không hoạt động, khi DIN0 = 1 thì động cơ làm việc.

**Network 2 : Chọn chế độ điều khiển**



**Hình 2.21.** Chọn chế độ điều khiển

Q1.2 : Điều chỉnh bằng tay

Q1.3 : Tự động điều chỉnh

Q0.1 : Động cơ quay ngược

Q0.2 : Động cơ chạy thuận

Khi hệ thống đã khởi động thì ta có thể chọn chế độ làm việc của hệ thống là chế độ điều khiển bằng tay hay là tự động điều chỉnh tốc độ, động cơ quay theo chiều thuận hay chiều ngược. Như hình trên, đầu ra số Q0.1 vào đầu vào số 4 DIN1 của biến tần. Nếu Q0.1 = 0 thì quay thuận còn khi Q0.1 = 1 thì thực hiện đảo chiều động cơ.

**Chế độ điều khiển bằng tay C (Điều khiển vòng hở)**

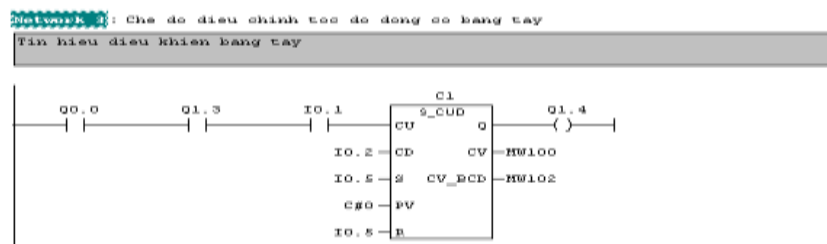
Chế độ này tốc độ được điều chỉnh trực tiếp bằng tay thông qua các nút điều khiển.

Khi hệ thống đang chạy ở chế độ điều khiển bằng tay các nút bấm tăng giảm tốc độ mới có tác dụng. Các nút bấm này là các tiếp điểm thường hở. Nút tăng tốc và giảm tốc được nối vào đầu vào số I0.1 và I0.2 của PLC. Các tín hiệu kích thích của các nút bấm này là tín hiệu on /off mức 0 ứng với điện áp 0V mức 1 ứng với 24V DC cấp tới các đầu vào số của PLC. Điện áp 24V DC này được lấy từ khối nguồn PS của PLC.

Khi ta ấn nút bấm tăng tốc và giảm tốc các tiếp điểm I0.0 và I0.1 sẽ có tín hiệu bằng 1, khi đó bộ đếm Counter (C1) sẽ đếm số lần nhấn tăng tốc, số lần nhấn giảm tốc và lưu vào ô nhớ MW100 và MW102 dưới dạng Integer và

BCD giá trị này có tầm từ 0 - 999. Ngõ ra Q1.4 có giá trị = 1 khi giá trị đếm lớn hơn 0. Khi có tín hiệu dừng hệ thống thì bộ đếm có giá trị bằng 0 nhờ cách ta đặt thông số cho các đầu vào S, PV, R của Counter. Giá trị của các ô nhớ này dùng để biến đổi thành cấp điện áp từ 0 - 10V DC xuất ra đầu ra analog của PLC đưa vào đầu vào số 8 của Biến tần (Giải điện áp 0 G- 10V DC này sẽ ứng với giải tần số 0 - 50Hz. Cách quy đổi này sẽ được thực hiện ở các phần sau).

Chế độ điều khiển này được thực hiện qua Network 3 như hình bên dưới.



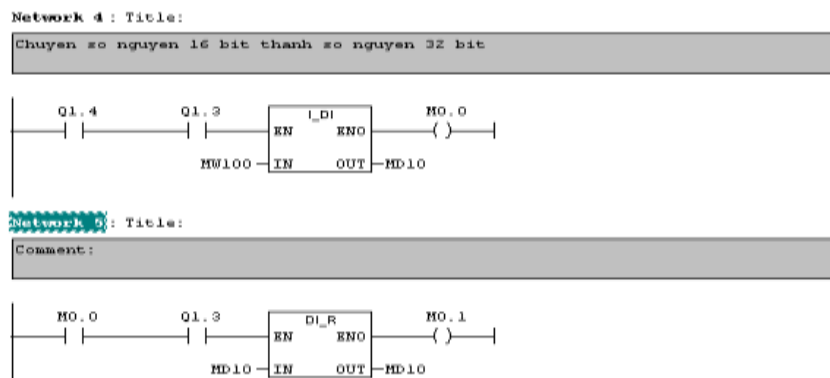
**Hình 2.22.** Thực hiện điều chỉnh tốc độ động cơ bằng tay

IO.1 : tăng tốc      IO.2 : giảm tốc      IO.5 : dừng động cơ

Các ô nhớ MW 100 và MW 102 có dung lượng 16 bit (2byte) lưu giá trị đặt tốc độ dưới dạng số nguyên 16 bit. Để xuất giá trị này ra đầu ra analog thì chúng ta biến đổi giá trị này thành số thực bằng cách qua 2 lần chuyển đổi.

- Từ số nguyên 16 bit thành số nguyên 32 bit
- Từ số nguyên 32 bit thành số thực có độ dài 32 bit

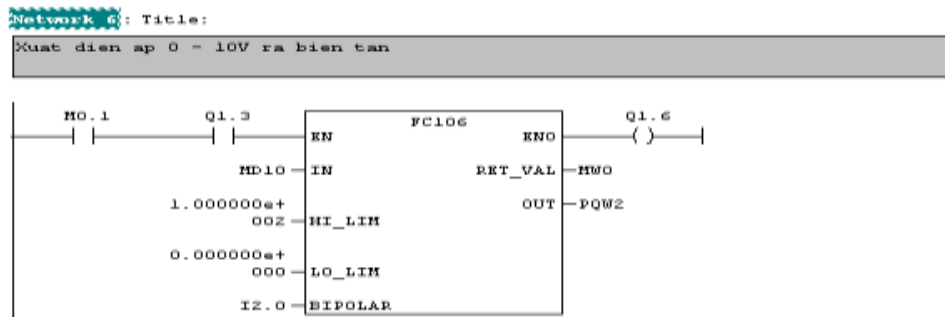
Giá trị đặt tốc độ bằng tay này được lưu vào ô nhớ MD 10



**Hình 2.23.** Biến đổi số nguyên thành số thực

Sau khi thực hiện biến đổi giá trị tốc độ này thành số thực chúng ta tiến hành xuất ra cổng đầu ra analog AV0 có địa chỉ PQW0. Tín hiệu ra này có giá

trị điện áp từ 0 - 10V. Chúng ta cần đặt các thông số cho hàm UNSCALE (FC 106) đó là các mức cao nhất và thấp nhất. ở đây em đặt giá trị cao nhất HI\_LIM = 100 còn giá trị nhỏ nhất LO\_LIM = 0, điều này có nghĩa là khi MD10 có giá trị = 100 thì đầu ra xuất ra điện áp 10V còn khi MD10 = 0 thì xuất giá trị điện áp 0V. Tương ứng với điều này là khi MD10 = 100 thì tần số điều khiển của biến tần là 50Hz (Tần số lớn nhất P1082 = 50Hz) ngược lại khi MD10 = 0 thì tần số này là 0Hz (Tần số nhỏ nhất P1082 = 0Hz). Chúng ta có thể quy đổi ra độ phân giải của chế độ điều khiển này mỗi lần nhấn tăng tốc hoặc giảm tốc thì điện áp tăng - giảm 0,1V hay tần số thay đổi mỗi lần ấn là 0.5Hz.



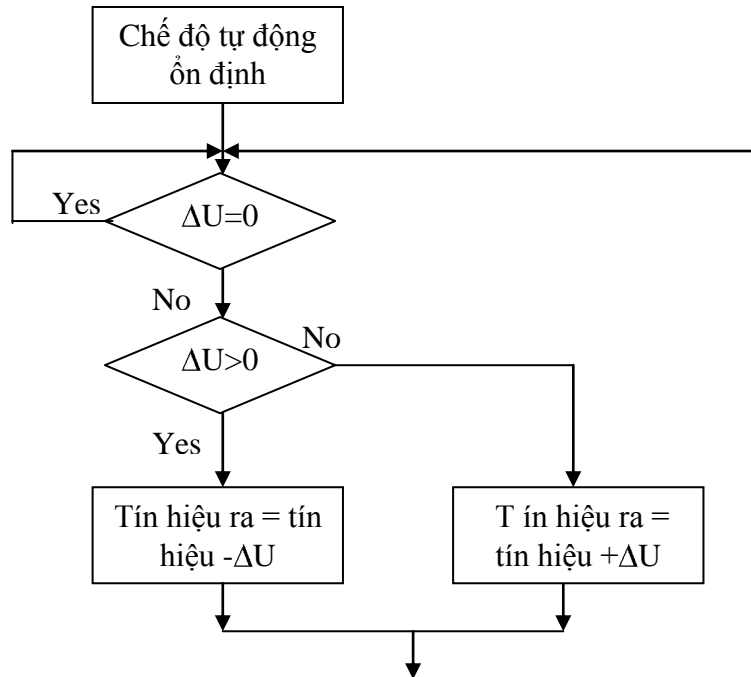
**Hình 2.24.** Xuất tín hiệu điện áp 0 - 10V ra cổng analog

Biến tần sẽ có nhiệm vụ đọc giá trị yêu cầu điều khiển này để tạo đặt tần số ra điều khiển tốc độ động cơ.

### **Chế độ tự động điều chỉnh C (Điều khiển theo vòng kín)**

Chuyển chế độ bằng nút bấm TĐ - BĂNG tay = 1 khi đó hệ thống sẽ chạy ở chế độ tự động ổn định tốc độ. Ở chế độ này, hệ thống sẽ tự động ổn định tốc độ động cơ ở một tốc độ được đặt trước bằng phần mềm, khi đó các nút bấm tăng giảm tốc không còn tác dụng điều khiển nữa. Khi thay đổi tải, tốc độ động cơ sẽ tăng hoặc giảm sẽ được encoder xung (được nối đồng trục với động cơ) đọc và đưa tín hiệu phản hồi về PLC thông qua đầu đọc xung tốc độ cao. Tín hiệu phản hồi này được so sánh với tốc độ đặt sau đó được điều chỉnh, biến đổi thông qua bộ PID có trong phần mềm STEP7 để tạo ra tín hiệu tương tự điều khiển Biến tần - Động cơ

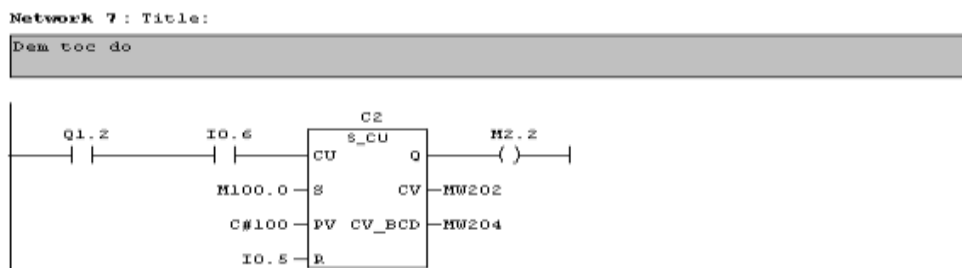


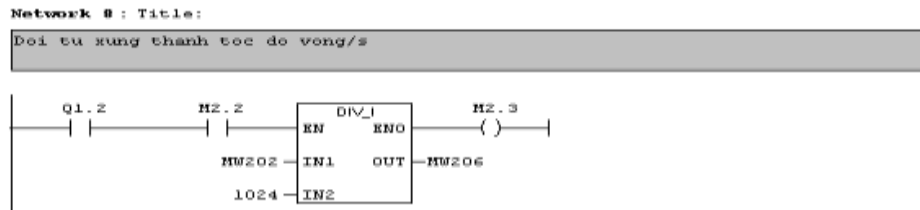


**Hình 2.25.** Lưu đồ thuật toán mạch vòng điều chỉnh tốc độ

Trong đó  $\Delta U$  là tín hiệu sai lệch giữa tốc độ đặt và tốc độ của động cơ lấy phản hồi về từ Encoder.

Encoder được sử dụng ở đây là loại encoder xung có các đặc điểm cấu tạo chung là một đĩa tròn có các rãnh bằng nhau. Tốc độ được xác định bằng cách đếm số xung của các rãnh mà nó đi qua cảm biến quang. Như vậy khi ta lấy 1 kênh tín hiệu của encoder đã thì tín hiệu về tốc độ mà encoder đưa về là một dãy xung. Dãy xung này có thể được PLC đọc bằng đầu đọc xung tốc độ cao. Quá trình trích mẫu tín hiệu phản hồi về sẽ được PLC thực hiện bằng cách đặt một khoảng thời gian trích dẫn nhất định, cứ sau một khoảng thời gian nhất định thì chốt số lượng dãy xung từ đó quy đổi thành số vòng mà động cơ quay được trong một giây.





**Hình 2.26.** Đọc tín hiệu phản hồi về từ encoder

I0.6 : Tín hiệu phải hồi từ encoder    I0.5 : Dừng

Giá trị tốc độ thực tế của động cơ lấy phản hồi về này sẽ được đem so sánh với tín hiệu đặt để tạo ra tín hiệu điều khiển ổn định.

Quy trình so sánh và biến đổi này được thực hiện nhờ bộ điều khiển mềm PID FB41 (CONT\_S)

## 2.6. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 này đã trình bày cơ sở để xây dựng hệ thống tự động điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều không đồng bộ bằng tần số sử dụng PLC S7-300. Trong chương đã làm được điều đó, tác giả đã nghiên cứu nghiên cứu tìm hiểu về thiết bị điều khiển logic khả trình PLC bao gồm cấu hình phần cứng, các ngôn ngữ lập trình, các phương pháp lập trình và lập trình PLC thực hiện điều khiển, đồng thời khai thác về modul mềm FB41 trong PLC. Trong chương cũng đề cập tới nội dung bộ điều khiển PID, ảnh hưởng của các luật điều khiển đối với quá trình khảo sát độ ổn định của hệ thống điều khiển, nêu một số phương pháp xác định tham số của bộ điều khiển PID theo một số phương pháp khác nhau, từ đó đi nghiên cứu xây dựng hệ thống TĐĐ đồng tốc của 2 động cơ dị bộ lồng sóc bằng PLC S7-300.

### CHƯƠNG 3.

## ỨNG DỤNG HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN ĐỒNG TỐC CHO MÁY CUỘN DÂY ĐỒNG

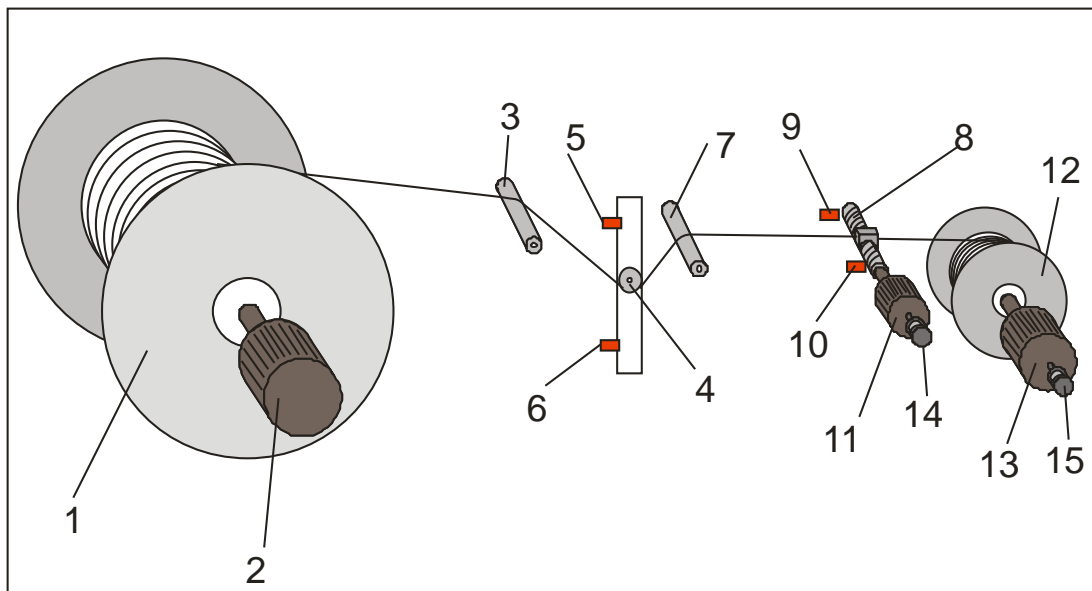
### 3.1. SƠ ĐỒ KHỐI CHỨC NĂNG CỦA HỆ THỐNG MÁY CUỘN DÂY ĐỒNG

Hệ thống đồng bộ tốc độ trong máy cuộn dây đồng

Máy cuộn dây đồng sử dụng trong các nhà máy sản xuất dây đồng hoặc các cơ sở phân phối dây đồng, mục đích sử dụng của máy là:

- Cuộn những lô dây đồng từ những lô cuộn dây đồng (hoặc sợi đồng không theo lô cuộn) không xếp theo lớp( cuộn tự do) thành cuộn dây xếp theo lớp.
- Cuộn dây đồng từ lô cuộn to thành những cuộn dây đồng nhỏ xếp theo lớp. Cuộn thành cuộn dây đồng nhỏ nhằm mục đích chính là phân phối cho thị trường dân dụng.

*Giới thiệu công nghệ máy cuộn dây đồng:*



**Hình 3.1.** Sơ đồ công nghệ máy cuộn dây đồng

*Giải thích:*

- |                                     |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Lô nhả                           | 8. Vít dẫn hướng dây             |
| 2. Động cơ lô nhả                   | 9. Sensor biên trái (Proximity)  |
| 3. Con lăn phụ trước                | 10. Sensor biên phải (Proximity) |
| 4. Con lăn điều khiển độ căng dây   | 11. Động cơ điều khiển dẫn hướng |
| 5. Sensor báo căng dây (Proximity)  | 12. Lô cuộn                      |
| 6. Sensor báo trùng dây (Proximity) | 13. Động cơ lô cuộn              |
| 7. Con lăn phụ sau                  | 14. Encoder vít dẫn hướng        |
|                                     | 15. Encoder lô cuộn              |

- Để chuẩn bị cho máy chạy, người vận hành lắp lô nhả, lô cuộn và luôn dây từ lô nhả qua các con lăn điều khiển căng-trùng, vít dẫn hướng rồi định vị vào lô cuộn. Đặt các tham số điều khiển như: Đường kính dây, tốc độ góc lô cuộn, tổng độ dài dây cuộn vào lô cuộn...(Các tham số điều khiển được nêu rõ ở các mục dưới).

- Lô nhả (hoặc trường hợp cuộn trực tiếp từ sợi đồng không theo lô) có nhiệm vụ cấp dây đồng sang cho lô cuộn.

- Con lăn điều khiển căng trùng và các sensor báo căng trùng làm nhiệm vụ báo trạng thái quá căng hoặc quá trùng về bộ điều khiển để điều chỉnh tốc độ của lô nhả nhằm tránh đứt dây.

- Vít dẫn hướng dây làm nhiệm vụ hướng dây vào lô cuộn sao cho dây xếp thành lớp không chồng chéo lên nhau. Việc dây bị chồng chéo lên nhau là bị lỗi, công nhân vận hành phải theo dõi để phát hiện lỗi này.

- Ba động cơ được điều khiển bởi ba biến tần. Tốc độ hệ thống chính là tốc độ góc của lô cuộn. Để tránh đứt dây thì tốc độ dài của lô nhả và tốc độ tịnh tiến của vít dẫn hướng dây (dẫn hướng để xếp dây theo lớp) phải bám theo tốc độ dài của lô cuộn. Khi lớp dây cuốn vào lô cuộn tăng lên thì tốc độ dài của lô cuộn cũng tăng lên. Sự thay đổi này được Encoder lô cuộn phản hồi về bộ điều

khuyến. Tốc độ thực của vít dẫn hướng được Encoder vít dẫn hướng phản hồi về. Cơ cấu phản hồi của lô nhả đơn giản hơn với 2 sensor báo căng, trùng.

- Encoder lô cuộn có 2 chức năng là:

+ *Phản hồi tốc độ góc* thực của lô cuộn ( dựa vào tốc độ góc, đường kính dây và số lượt dây ta tính được tốc độ dài thực của lô cuộn).

+ *Phản hồi vị trí* ( độ dài ) dây thực đã cuộn vào lô cuộn. Việc phản hồi là 2 chiều tiến lùi vì khi có lỗi xảy ra, hệ thống cần quay ngược lại để khắc phục lỗi, lúc này độ dài dây phải trừ đi.

- Encoder vít dẫn hướng có 1 chức năng là báo tốc độ thực của vít dẫn hướng để bộ điều khiển đồng tốc với tốc độ dài của lô cuộn.

- Khi máy bắt đầu hoạt động:

+ Lô cuộn, lô nhả và vít dẫn hướng cùng chạy đồng thời.

+ Các con lăn phụ và con lăn điều khiển căng-trùng là các con lăn bị động sẽ quay theo chuyển động của dây. Khi sensor báo căng có tín hiệu, tốc độ của lô nhả được tăng và ngược lại, nếu sensor báo trùng có tín hiệu thì tốc độ của lô nhả được giảm lên để đảm bảo dây không bị đứt.

+ Dây qua hệ thống điều chỉnh độ căng thì được vít dẫn hướng điều chỉnh dây sao cho cuộn vào lô cuộn thành từng vòng cạnh nhau bắt đầu từ bên phải sang bên trái. Khi gặp sensor biên trái thì động cơ vít đảo chiều để xếp lượt dây ngược lại từ trái sang phải. Ngược lại khi gặp sensor biên phải động cơ vít lại đảo chiều, cứ thế xếp các lớp đồng lên nhau. Encoder lô cuộn sẽ đo độ dài dây cuộn được, khi đủ độ dài máy sẽ dừng và báo hiệu cho người vận hành lấy sản phẩm ra.

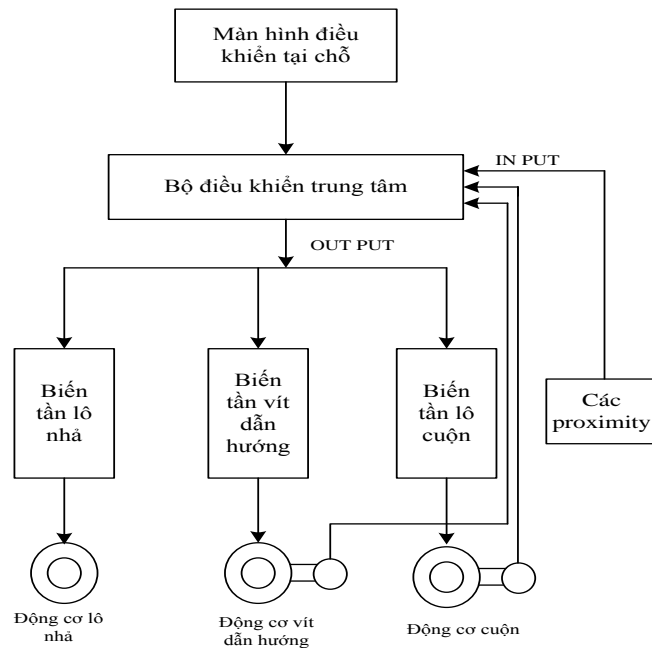
+ Encoder vít dẫn hướng đo tốc độ và liên tục điều chỉnh tốc độ theo tốc độ dài của lô cuộn để đảm bảo dây đồng được xếp đều theo lớp.

*Bài toán điều khiển công nghệ máy cuộn dây đồng:*

Đây là máy cuộn dây đồng sợi nhỏ vì vậy máy cần phải làm với độ ổn định cao, đạt được độ chính xác điều chỉnh theo yêu cầu thực tế, độ tin cậy

cao. Xuất phát từ yêu cầu thực tế này, máy cuộn dây đồng được thiết kế gồm hai phần điều chỉnh tốc độ: Điều chỉnh tốc độ động cơ vít dẫn hướng luôn bằng với tốc độ động cơ lô cuộn theo phương pháp điều chỉnh tần số nguồn, điều chỉnh tốc độ lô nhả bám tương đối theo tốc độ động cơ lô cuộn.

### Sơ đồ chức năng của máy cuộn dây đồng



**Hình 3.2.** Sơ đồ chức năng của của hệ thống máy cuộn dây đồng

Như đã trình bày ở trên yêu cầu điều khiển hệ thống máy cuộn dây đồng gồm hai phần: Một là điều khiển động cơ vít dẫn hướng đồng bộ tốc độ với động cơ lô cuộn bằng bộ điều chỉnh PID mềm tích hợp trong PLC, bộ PID này điều khiển biến tần theo phương pháp vecto không gian. Hai là điều khiển động cơ lô nhả bám tương đối động cơ lô cuộn bằng chương trình điều khiển thông thường khi các sensor cảm ứng lực căng dây đồng báo về bộ điều khiển PLC, nếu độ căng trùng của dây vượt quá giới hạn cho phép lúc này PLC sẽ điều chỉnh tốc độ động cơ lô nhả. Vậy để xây dựng được hệ thống máy cuộn dây đồng như mong muốn thì cần phải tính toán chọn các bộ điều khiển PID tối ưu cho động cơ vít dẫn hướng đồng thời tiến hành lựa chọn các thiết bị có tích hợp đầy đủ các chức năng đã được cơ sở chương 2 phân tích để hệ thống làm việc nhịp nhàng ổn định hơn.

Từ sơ đồ hình 3.2 ta thấy để xây dựng cấu hình hệ thống máy cuộn dây đồng cần phải có một số thiết bị chính được lựa chọn như sau:

### 3.2. LỰA CHỌN THIẾT BỊ CHÍNH TRONG HỆ THỐNG

#### 3.2.1. Động cơ

Theo tính toán momen cơ, công suất của các động cơ như sau:

- Động cơ lô nhà: 3,7kW. Hãng Teco- Đà Loan
- Động cơ vít dẫn hướng: RA71B4.0,37kW.
- Động cơ lô cuộn: 1,5kW. Hãng Teco- Đà Loan

*Thông số kỹ thuật:*

Bảng4.3.1. Một số thông số các động cơ

Thông số	Động cơ lô nhà	Động cơ vít dẫn hướng	Động cơ lô cuộn
Công suất	3,7kW(5HP)	0,7kW	1,5kW(2HP)
Nguồn cấp	3P-380VAC	3P-380VAC	3P-380VAC
Điện áp ( $\Delta/Y$ )	220/380	220/380	220/380
Dòng định mức	8,03A	1A	3,68A
Tốc độ định mức	1445 RPM	1375RPM	1400 RPM
Hiệu suất	84,5%	66%	78,5%
Momen định mức	2,512 kgm <sup>2</sup>		1,037 kgm <sup>2</sup>

#### 3.2.2. Encoder:

Chọn Encoder hãng Autonic (Hàn Quốc). Loại có độ phân dải cao để đo chiều dài và đếm tốc độ chính xác. Chọn loại: E50S8-1000-3-T-24.



**Hình 3.3.** Encoder E50S8-1000-3-T-24 hãng Autonic

*Thông số kỹ thuật:*

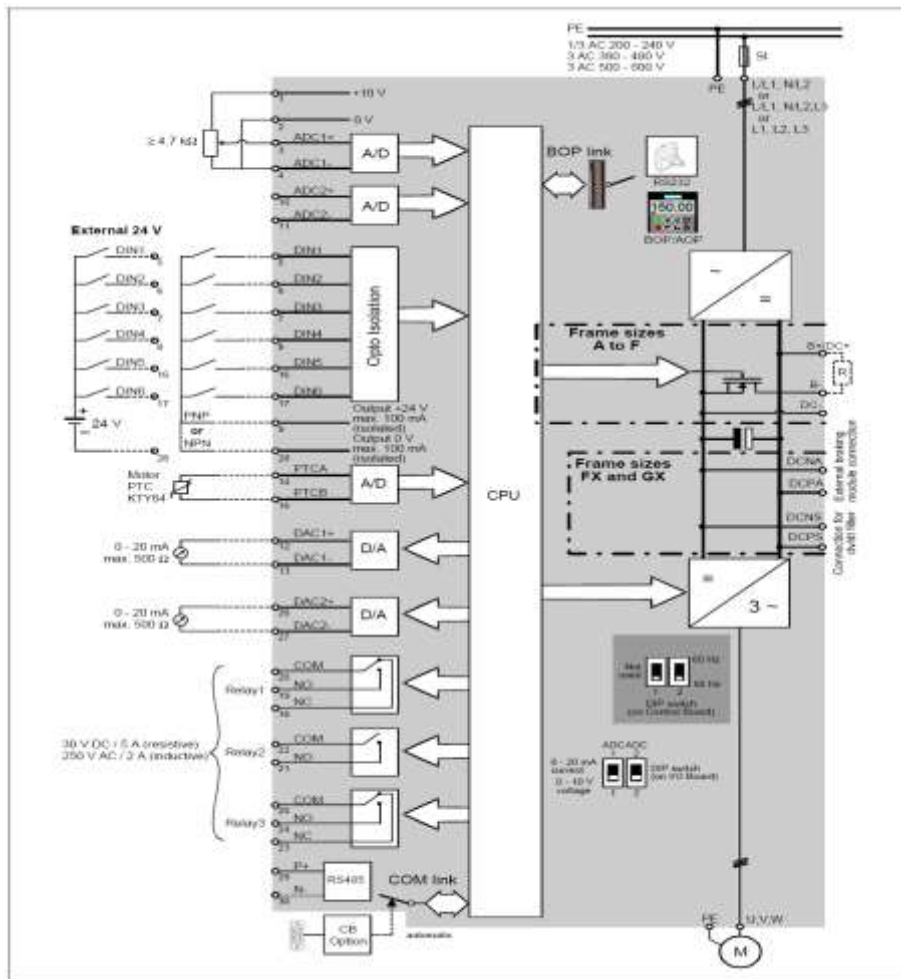
- + Điện áp nguồn: 12-24VDC
- + Độ phân dải: 1000 xung/vòng (PPR).
- + Ngõ ra totem pole (Có thể dùng theo dạng NPN hoặc Voltage output).
- + Pha ngõ ra: A , B , Z.
- + Đường kính trục : 8mm
- + Đường kính ngoài: 50mm.

### **3.2.3. Biến tần điều khiển tốc độ động cơ**

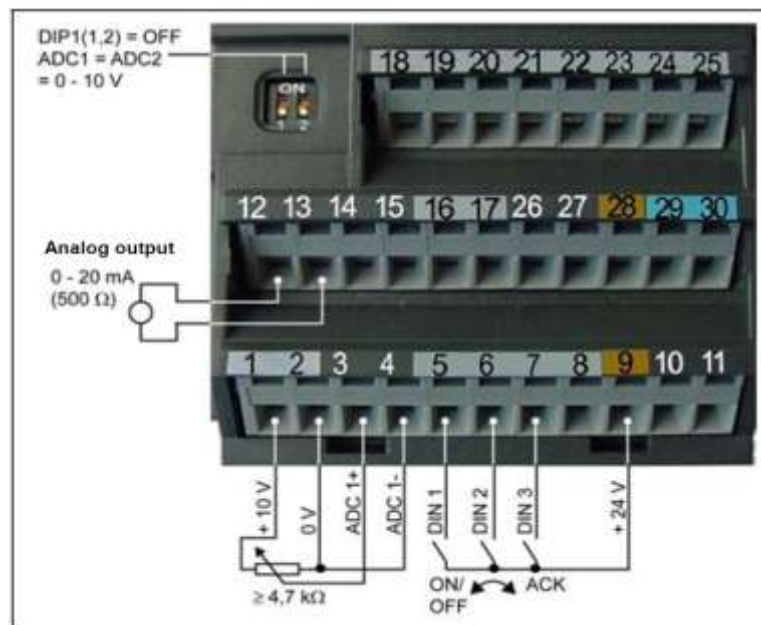
Chọn biến tần của hãng SIEMENS, loại *MICROMASTER 440*, công suất phụ thuộc vào công suất động cơ, nên chọn 3 biến tần 420 với các công suất của các động cơ



**Sơ đồ cấu trúc của biến tần MM440:**



**Hình 3.4.** Sơ đồ nguyên lý của biến tần MM440



**Hình 3.5.** Cầu đấu nối của MM440

**Bảng 3.2. Các đầu dây điều khiển**

<b>Đầu dây</b>	<b>Kí hiệu</b>	<b>Chức năng</b>
1	-	Đầu nguồn ra +10V
2	-	Đầu nguồn ra 0V
3	ADC1+	Đầu vào tương tự số 1(+)
4	ADC1-	Đầu vào tương tự số 1(-)
5	DIN1	Đầu vào số 1
6	DIN2	Đầu vào số 2
7	DIN3	Đầu vào số 3
8	DIN4	Đầu vào số 4
9	-	Đầu ra cách ly +24V/max, 100mA
10	ADC2+	Đầu vào tương tự số 2(+)
11	ADC2-	Đầu vào tương tự số 2(-)
12	DAC1+	Đầu ra số tương tự 1(+)
13	DAC1-	Đầu ra số tương tự 1(-)
14	PTCA	Đầu dây nối cho PTC/KTY 84
15	PTCB	Đầu dây nối cho PTC/KTY 84
16	DIN5	Đầu vào số 5
17	DIN6	Đầu vào số 6
18	DOUTT1/NC	Đầu ra số số 1/ tiếp điểm NC
19	DOUTT1/NO	Đầu ra số số 1/ tiếp điểm NO
20	DOUTT1/COM	Đầu ra số số 1/ chân chung
21	DOUTT2/NO	Đầu ra số số 2/ tiếp điểm NO
22	DOUTT2/COM	Đầu ra số số 2/ chân chung
23	DOUTT3/NC	Đầu ra số số 3/ tiếp điểm NC
24	DOUTT3/NO	Đầu ra số số 3/ tiếp điểm NO
25	DOUTT3/COM	Đầu ra số số 3/ chân chung

<b>Đầu dây</b>	<b>Kí hiệu</b>	<b>Chức năng</b>
26	DAC2+	Đầu ra số tương tự 2(+)
27	DCA2-	Đầu ra số tương tự 2 (-)
28	-	Đầu ra cách ly 0V/max,100mA
29	P+	Cổng RS485
30	N-	Cổng RS485

Các thông số của biến tần MM440:

+ Có 4 cấp cho người dùng truy cập vào: Tiêu chuẩn, mở rộng, chuyên gia và dịch vụ được chọn bằng thông số P0003. Trong hầu hết các ứng dụng, các thông số ở cấp tiêu chuẩn và chuyên gia là đủ. Số lượng các thông số xuất hiện trong mỗi nhóm chức năng tùy thuộc vào cấp truy cập đặt trong P0003.

+ Ưu điểm của biến tần MM440

- Thiết kế nhỏ gọn và dễ dàng lắp đặt.
- Điều khiển vectơ vòng kín tốc độ và mômen.
- Có nhiều lựa chọn truyền thông như: PROFIBUS, Device Net, CAN.
- Định mức theo tải mômen không đổi hoặc bơm, quạt.
- Dự trữ năng lượng chống sụt áp.
- Tích hợp sẵn bộ hãm dùng điện trở cho các biến tần 75kW.
- Khởi động bám khi biến tần nối với động cơ quay.
- Tích hợp chức năng bảo vệ nhiệt cho động cơ dùng PTC/KTY.
- Mômen không đổi khi qua tốc độ 0.
- Kiểm soát mômen tải.

### 3.2.4. Bộ điều khiển trung tâm

Chọn PLC hãng Siemens.Loại CPU: *CPU 314*.



Hình 3.6. *CPU 314* hãng Siemens

*Thông số kỹ thuật:*

- Thời gian thực hiện cho lệnh hoạt động: 0.12  $\mu$ s
- Có 256 bộ đếm
- Có 256 bộ thời gian
- Số đầu vào/đầu ra lớn nhất: 1024/1024
- Kênh vào/ra tương tự lớn nhất: 256/256.
- Số Rack nhiều nhất: 4
- Số module mỗi rack, lớn nhất: 8
- Môi trường giao tiếp: MPI – Yes ; Profibus-DP – No; Point-to-point – No .
- Điện áp nguồn: 24 V DC (khoảng cho phép: 20.4 V to 28.8 V)
- Dòng tiêu thụ: 650 mA

+ *Module vào/ra số:* Chọn module vào/ra số **SM323**: 16DI-24VDC/16DO-24VDC/0,5A.

+ *Module analog output :* điều khiển tốc độ biến tần. Chọn loại độ phân dải 12bit: module **SM332-5HD00** với 4AO 12bit.(Đầu vào biến tần có độ phân dải 10bit).

+ *Module đếm tốc độ cao:*

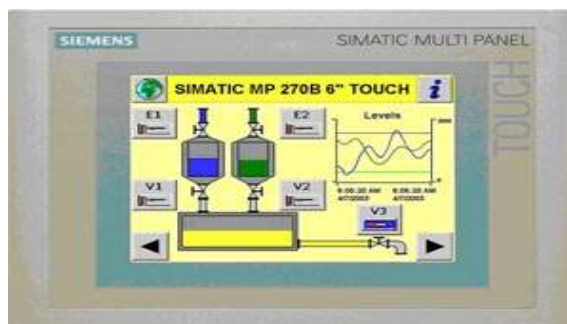
Siemens có 2 loại module đếm: FM350-1 với 1 đầu vào 200kHz(open collector); và FM350-2 với 8 đầu vào đếm 10kHz.

+ *Module nguồn*: PS307 5A

Enco.der 1000PPR phát ra tần số max khi động cơ quay tốc độ max 1500RPM =>  $f_{max} = 1500 \cdot 1000 / 60 = 25000 \text{Hz} = 25 \text{kHz}$ . Để nhận xung đếm từ Encoder. Chọn loại module **FM350-1** với 1 đầu vào đếm 200kHz(đầu vào open collector)/500kHz(đầu vào line driver)

### 3.2.5. Màn hình điều khiển tại chỗ

Chọn màn hình điều khiển của hãng SIEMENS, loại *MultiPanels MP270 - 6" Touch*



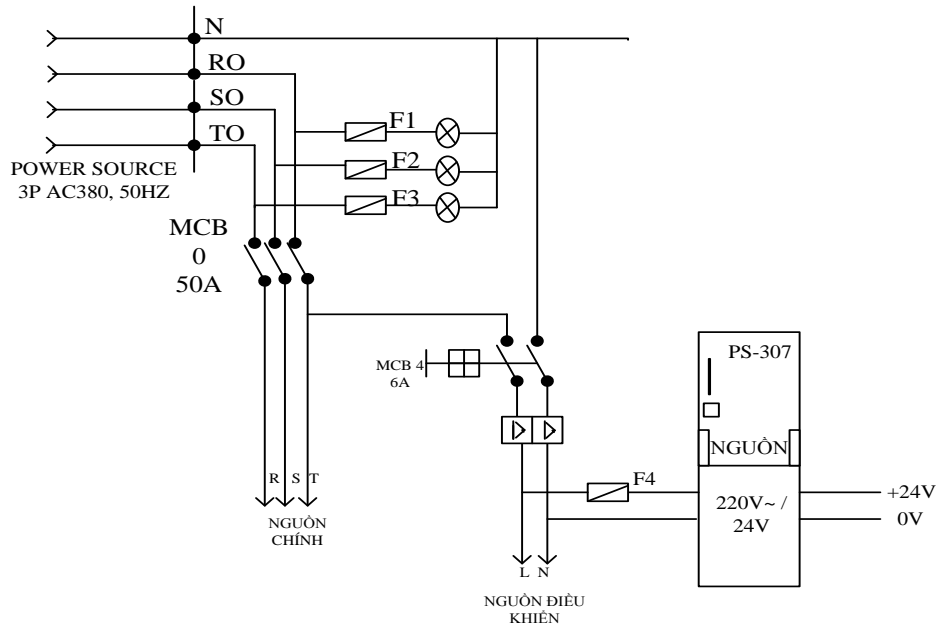
**Hình 3.7.** Màn hình *MultiPanels MP270 - 6" Touch* hãng SIEMENS

*Thông số kỹ thuật:*

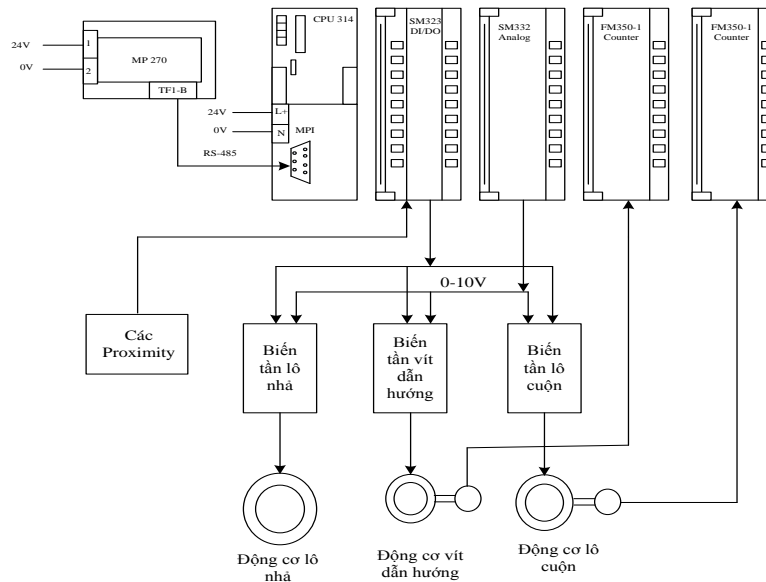
- Bộ phận xử lý: 32 bit CPU
- Cấu hình bộ nhớ: 4 Mbyte
- Phần mềm: Microsoft Windows CE
- Kết nối truyền thông với PLC, PC/PU, máy in: 1 × RS232/TTY (active/passive); 1 × RS232 (9-pin); 1 × RS422/RS485.
- Màn hình: TFT LCD 6"; Độ phân giải (pixels) 640 × 480; 256 màu
- Tuổi thọ: 40,000 (h)
- Môi trường hoạt động: Touch.
- Điện áp cung cấp: 24VDC
- Công suất: 14W.

### 3.3. SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN VÀ KẾT NỐI CÁC PHẦN TỬ CỦA MÁY CUỘN DÂY ĐỒNG

Sơ đồ kết nối nguồn cung cấp cho hệ thống: Nguồn ba pha cung cấp cho các biến tần; nguồn một chiều cung cấp cho CPU và các module biến tần.

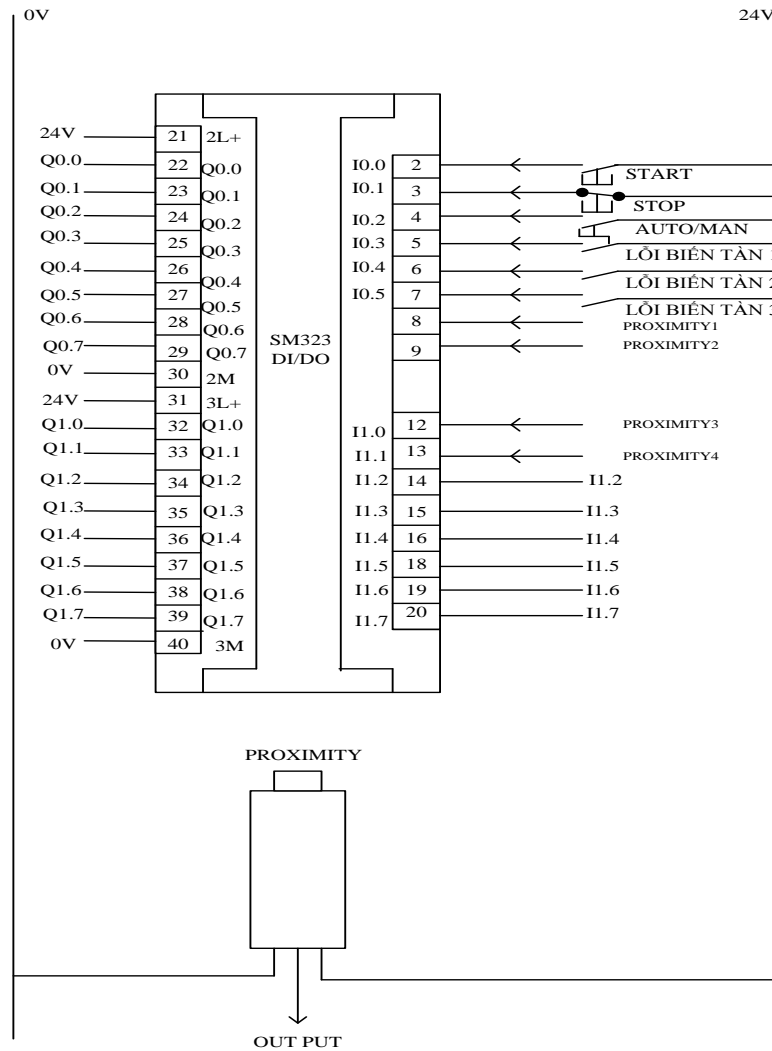


**Hình 3.8** Sơ đồ hệ thống nguồn cung cấp cho động cơ

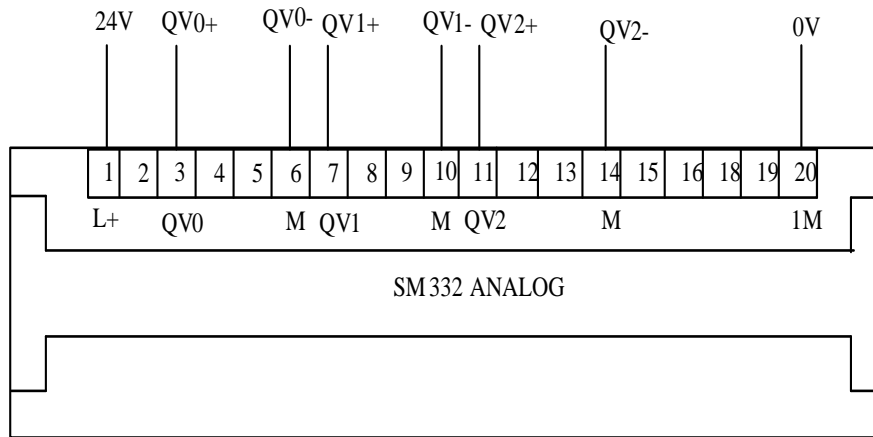


**Hình 3.9.** Sơ đồ kết nối biến tần, encoder, các Proximity, màn hình với CPU và các module

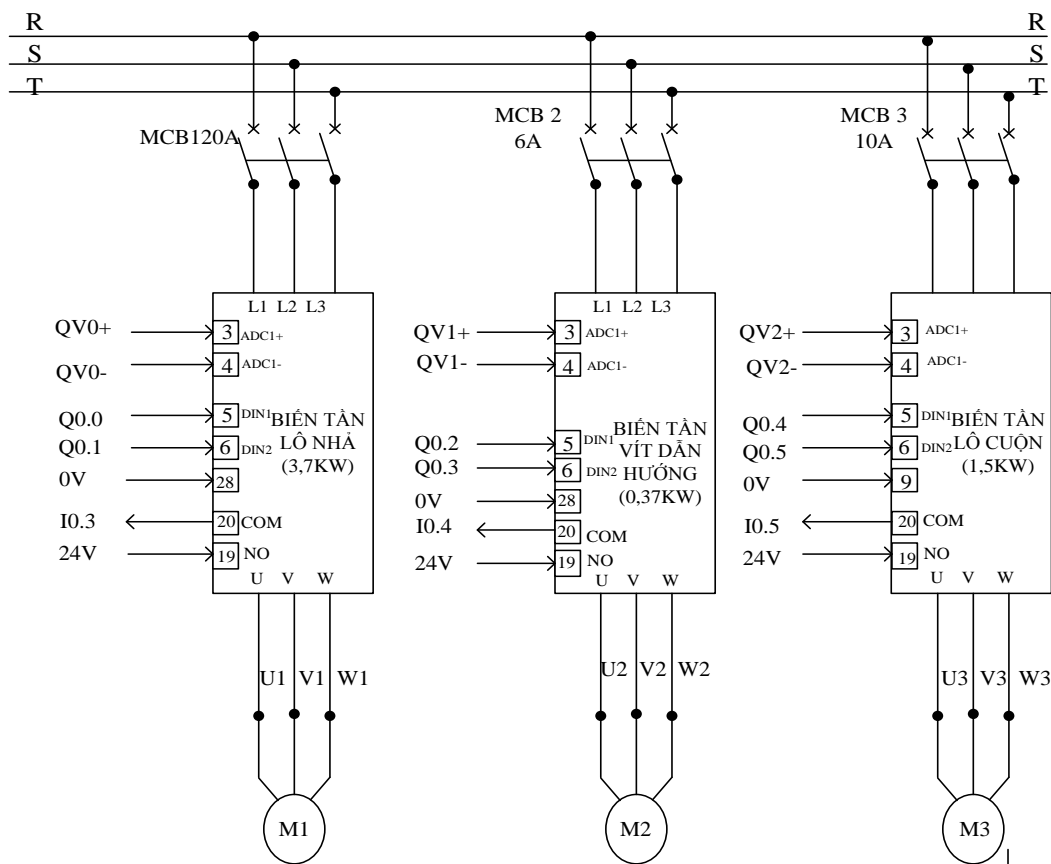
Các Encoder đo tốc độ động cơ vít dẫn hướng và động cơ lô cuộn được nối tới các module đếm để đếm số xung rồi từ đó PLC chuyển từ số nguyên (số xung) sang số thực (tốc độ dài).



**Hình 3.10.** Sơ đồ kết nối các tín hiệu báo lỗi từ biến tần, các Proximity với module SM 323 DI/DO



Hình 3.11. Sơ đồ các chân ra của module tương tự SM332 ANALOG

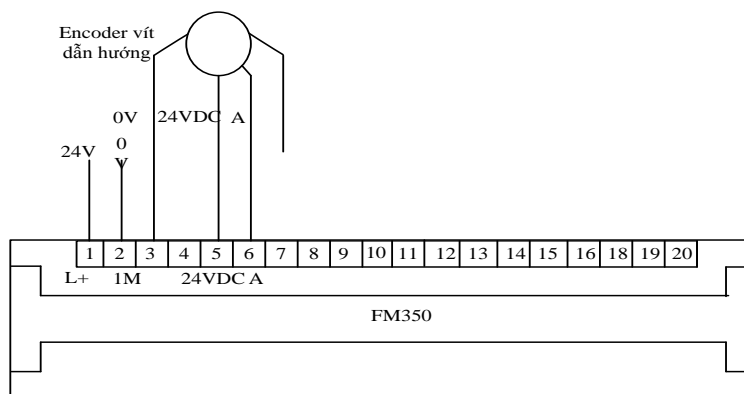


Hình 3.12. Sơ đồ kết nối các đầu vào ra của module SM 323 DI/DO và module SM332AO

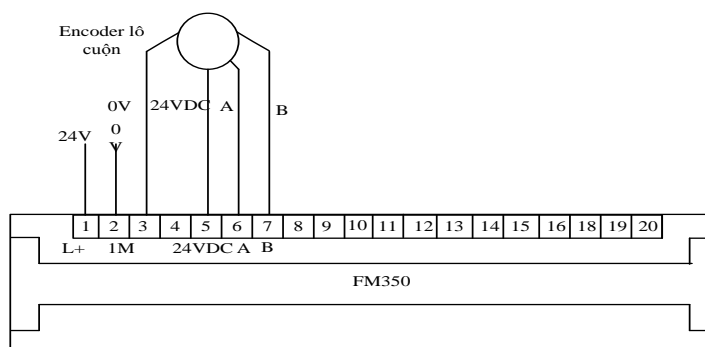
Các chân báo nổi của biến tần kết nối với đầu vào của module vào ra số SM, khi có sự cố thì các đầu ra của module này điều khiển ngắt biến tần hoạt động.

Các chân đầu ra của module tương tự điều khiển tần số ra của biến tần cung cấp cho động cơ.





Hình 3.13. Sơ đồ kết nối Encoder vít dẫn hướng với module đếm



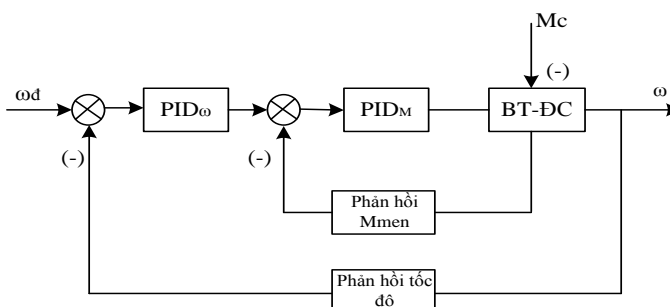
Hình 3.14. Sơ đồ kết nối module đếm với Encoder lô cuộn

Các Encoder được cung cấp nguồn từ module đếm FM350-1, Encoder vít dẫn hướng chỉ thực hiện đếm tiến nên chỉ nối kênh A chân điều khiển của module đếm còn Encoder lô cuộn thực hiện cả đếm tiến và lùi nên cả hai kênh A, B chân điều khiển của module đếm.

### 3.4.XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ BỘ ĐIỀU CHỈNH CHO ĐỘNG CƠ VÍT DẪN HƯỚNG

#### 3.4.1. Sơ đồ cấu trúc tổng quát

a) Sơ đồ khối chức năng



Hình 3.15. Sơ đồ khối chức năng điều khiển động cơ

Trong đó:

$PID_{\omega}$ ,  $PID_M$ : các bộ điều chỉnh tốc độ, mômen có hàm truyền dạng :

$$W_{\omega} = k_{p\omega} \left( 1 + \frac{1}{T_{I\omega}s} + \frac{1}{T_{D\omega}s} \right)$$

$$W_M = k_{pM} \left( 1 + \frac{1}{T_{IM}s} + \frac{1}{T_{DM}s} \right)$$

Áp dụng phương pháp điều khiển vector gián tiếp, tốc độ động cơ không đồng bộ định hướng theo véctơ từ thông rôto vì vậy hàm truyền của biến tần động cơ có dạng:

- BT-ĐC: hàm truyền biến tần-động cơ có dạng :

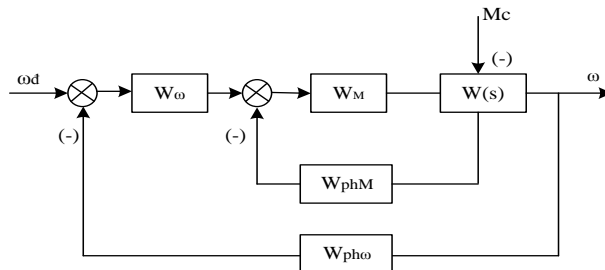
$$W(s) = \frac{K_{dl}}{T_{dl}s + 1} \cdot \frac{K_M}{(T_E s + 1)Js}$$

$K_M$ , : hệ số điều chỉnh mômen.

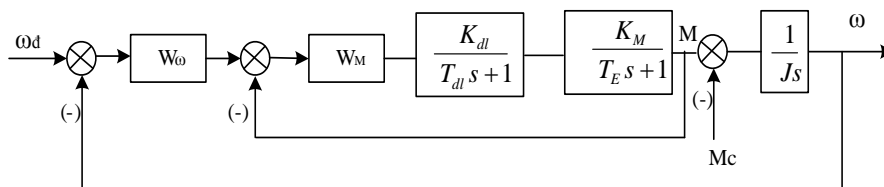
$K_{dl}$ ,  $T_{dl}$ : hệ số đo lường, hằng số thời gian trong khối đo lường biến đổi của biến tần.

$T_E$ : Hằng số thời gian điện từ

b) Sơ đồ cấu trúc điều chỉnh động cơ vít dẫn hướng



Hình 3.16. Sơ đồ khối điều chỉnh tốc độ động cơ



Hình 3.17. Sơ đồ cấu trúc tổng quát điều chỉnh điều chỉnh động cơ

Áp dụng với động cơ RA71B4 có các tham số:

P(KW)	Trọng lượng (kg)	$n_{dm}$ (vòng/p)	H%	$\cos\varphi$	$I_{dm}$ (A)	$I_{th}/I_{dm}$	$M_{th}/M_{dm}$
0,37	6	1375	66%	0,76	1	3,7	2

$J = 0,2(\text{kg.m}^2)$  hệ số cấu trúc  $c = 1,02$ ,  $f_{dm} = 50(\text{Hz})$ ,  $(\Delta/Y)$ : 220/380,

+ Số đôi cực: vì luôn có  $n_{dm} = 1375 \leq \frac{60f_{dm}}{p}$  nên chọn được  $p = 2$ ,  $s_{th} = 0,083$

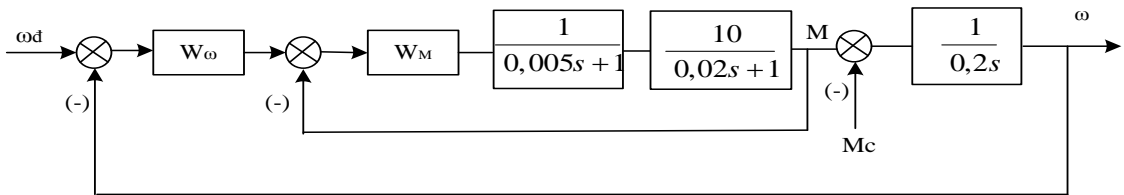
$$s_{th} = (m_{th} + \sqrt{m_k^2 - 1})s_{dm} = (2 + \sqrt{4 - 1}) \cdot 0,083 = 0,309, \quad m_{th} = \frac{M_{th}}{M_{dm}}$$

+  $T_E = \frac{1}{\omega_{0dm} \cdot s_{th}} = \frac{1}{157 \cdot 0,309} = 0,02(s)$ : hằng số mômen điện từ,

$$\omega_{0dm} = 2\pi f_{dm}$$

- Hàm truyền khâu đo lường mômen:  $W_{phM}(s) = 1$

- Hàm truyền khâu đo lường tốc độ:  $W_{ph\omega}(s) = 1$



Hình 3.18. Sơ đồ cấu trúc điều chỉnh tốc độ động cơ vít dẫn hướng

### 3.4.2. Xác định các tham số bộ điều khiển

a) Xác định tham số cho bộ điều chỉnh mômen

Hàm truyền đạt đối tượng của vòng mômen:

$$W_{DTM} = \frac{K_{dl}K_M}{(T_{dl}s + 1)(T_Es + 1)}, \text{ là khâu quán tính bậc hai. Vì vậy các}$$

tham số bộ điều chỉnh ở vòng mômen được xác định theo phương pháp tối ưu modul. Khi đó bộ điều khiển PI có dạng hàm truyền:  $W_M = k_{pM} \left(1 + \frac{1}{T_{IM}s}\right)$  là bộ điều khiển tối ưu modul, hàm truyền đạt hệ hở mong muốn vòng mômen:

$$W_{hMmm} = W_M \cdot W_{DTM} = \frac{K_{dl} K_M}{(T_{dl}s + 1)(T_E s + 1)} k_{pM} \left(1 + \frac{1}{T_{IM} s}\right)$$

$$= \frac{K_{dl} K_M k_{pM} (1 + T_{IM} s)}{(T_{dl} s + 1)(T_E s + 1) T_{IM} s}, \quad T_{dl} \ll T_E$$

Nhằm thực hiện bù hằng số thời gian lớn  $T_E$  của đối tượng trong vòng điều chỉnh mômen thì  $T_{IM} = T_E = 0,02$ .

$$\Rightarrow W_{hMmm} = \frac{K_{dl} K_M k_{pM}}{T_{IM} s (T_{dl} s + 1)}$$

Hàm truyền đạt hệ kín vòng điều chỉnh mômen:

$$W_{kM} = \frac{W_{hMmm}}{1 + W_{hMmm}}$$

Theo phương pháp tổng hợp tối ưu modul thì phải có  $|W_{kM}| \approx 1$  nên:

$$\frac{T_{IM}}{k_{pM}} = 2K_{dl} K_M T_{dl}$$

$$\Rightarrow k_{pM} = \frac{T_{IM}}{2K_{dl} K_M T_{dl}} = \frac{T_E}{2K_{dl} K_M T_{dl}} = \frac{0,02}{2 \cdot 0,005 \cdot 10} = 0,2$$

$$\Rightarrow K_{IM} = 10$$

$$\Rightarrow W_{hMmm} = \frac{1}{2T_{dl} (T_{dl} s + 1)} \Rightarrow W_{kM} = \frac{1}{2T_{dl} s (T_{dl} s + 1) + 1}$$

b) *Xác định tham số bộ điều chỉnh tốc độ*

- Hàm truyền đạt đối tượng vòng tốc độ:

$$W_{DT\omega} = \frac{1}{J_s} \cdot \frac{1}{2T_{dl} s (T_{dl} s + 1) + 1} \approx \frac{1}{J_s (2T_{dl} s + 1)}$$
 là khâu tích phân quán

tính bậc nhất.

Hàm truyền đạt hệ hở mong muốn đối với phương pháp điều khiển tối

ưu đối xứng:  $W_{hmm} = \frac{4T_{\mu} s + 1}{4T_{\mu} s} \cdot \frac{1}{2T_{\mu} s (T_{\mu} s + 1)}$ , vì vậy:

- Bộ điều khiển PI,  $W_{\omega} = k_{p\omega} \left(1 + \frac{1}{T_{I\omega} s}\right)$  là bộ điều khiển tối ưu đối xứng

cho đối tượng  $W_{DT\omega}$  trên.

$$\Rightarrow k_{p\omega} \left(1 + \frac{1}{T_{I\omega}s}\right) \cdot \frac{1}{(2T_{dl}s+1)Js} = \frac{4T_{\mu}s+1}{4T_{\mu}s} \cdot \frac{1}{2T_{\mu}s(T_{\mu}s+1)}$$

$$\Leftrightarrow k_{p\omega} \left(\frac{T_{I\omega}s+1}{T_{I\omega}s}\right) \cdot \frac{1}{(2T_{dl}s+1) \cdot J \cdot s} = \frac{4T_{\mu}s+1}{4T_{\mu}s} \cdot \frac{1}{2T_{\mu}s(T_{\mu}s+1)}$$

Đồng nhất hai vế, ta có:

$$T_{\mu} = 2T_{dl} = 0,01(s)$$

$$T_{I\omega} = 4T_{\mu} = 0,04(s)$$

$$k_{p\omega} = \frac{JT_{I\omega}}{8T_{\mu}} = 10, \quad k_{I\omega} = \frac{k_{p\omega}}{T_{I\omega}} = 250$$

### 3.5 KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Dựa trên cơ sở của chương 2, nội dung của chương 3 đã xác định được tham số PID, ta chỉ cần nạp vào PLC nó sẽ đưa ra được sự ổn định tốc độ của động cơ vít dẫn hướng và tính ổn định đó được kiểm tra bằng phần mềm MATLAB-SIMULINK, tiến hành thiết kế hệ thống tự động điều khiển máy cuộn dây đồng bao gồm sơ đồ kết nối, kết nối chương trình điều khiển với phần mềm Winccflexible và mô phỏng quan sát quá trình làm việc của hệ thống.

## KẾT LUẬN CHUNG

Qua quá trình nghiên cứu, tìm hiểu thực tế và tiến hành thực hiện luận văn, được sự hướng dẫn, chỉ bảo nhiệt tình của ThS. Nguyễn Đồng Khang và các thầy giáo trong bộ môn điện công nghiệp, sự giúp đỡ nhiệt tình của bạn bè đồng nghiệp, đề án tốt nghiệp với đề tài **”Xây dựng hệ truyền động điện xoay chiều- biến tần PLC”** đã được hoàn thành và đạt được một số kết quả như sau:

- Tìm hiểu công nghệ máy cuộn dây đồng có sử dụng động cơ đồng tốc.
- Nghiên cứu tổng hợp bộ điều bộ điều chỉnh tần số động cơ xoay chiều không đồng bộ.
- Nghiên cứu các phương pháp xác định tham số của bộ điều khiển PID trong hệ thống truyền động điện sử dụng động cơ xoay chiều.
- Các phương pháp điều chỉnh theo luật PID.
- Nghiên cứu tìm hiểu về thiết bị điều khiển logic khả trình PLC (Programmable Logic Control) bao gồm cấu hình phần cứng, các ngôn ngữ lập trình, các phương pháp lập trình và lập trình PLC thực hiện điều khiển.
- Xây dựng cấu trúc cho hệ thống điều khiển, phân tích được bài toán. Từ đó xây dựng bộ điều khiển cho động cơ vít dẫn hướng.

Có thể nói rằng, đề án này đã hoàn thành được mục tiêu nhiệm vụ đề ra ban đầu. Khả năng và hiệu quả ứng dụng vào thực tế cần phải được kiểm nghiệm nhiều hơn nữa, nhưng với những kết quả đã đạt được của luận văn, có thể khẳng định hướng tiếp cận, sử dụng PLC để thiết kế hệ thống điều khiển tự động cho khối đồng tốc độ trong máy cuộn dây đồng nói riêng và trong dây chuyền sản xuất nói chung là một hướng đi đúng và triển vọng.

Kết quả của luận văn đó đạt được giúp cho em có cái nhìn tổng quan hơn về một hệ thống truyền động điện trong công nghiệp, quy trình điều khiển của hệ thống cũng như các bước tiến hành xây dựng mô hình, thiết kế, lựa chọn

phương pháp điều khiển... Tuy nhiên trong quá trình thực hiện luận văn này, bản thân em không tránh khỏi những thiếu sót do điều kiện khách quan và chủ quan mà bản thân chưa khai thác hết. Em rất mong các thầy, cô giáo và những người quan tâm tới vấn đề này đóng góp và bổ xung để luận văn được hoàn thiện hơn, nâng cao được khả năng ứng dụng.

Cuối cùng em xin chân thành cảm ơn tới tập thể các thầy giáo, cô giáo trong khoa đã nhiệt tình tạo mọi điều kiện hướng dẫn, giúp đỡ thuận lợi nhất để em hoàn thành luận văn này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn ( 2005), *Máy điện*, NXB xây dựng Hà Nội.
2. GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn, TS Nguyễn Tiến Ban ( 2007), *điều khiển tự động các hệ thống truyền động điện*, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội .
3. Đào Hoa Việt ( 2008), *Phân tích và tổng hợp hệ thống truyền động điện tự động*, Bộ môn kỹ thuật điện, Khoa kỹ thuật điều khiển,HVVTQS.
4. Bùi Quốc Khánh( 2004), Nguyễn Văn Liễn, Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi, *Điều khiển tự động truyền động điện*, NXBKH và KT
5. Nguyễn Phùng Quang( 1996), *Điều khiển tự động truyền động điện xoay chiều ba pha*, NXBGD – Hà Nội
6. Nguyễn Doãn Phước ( 2007), *Lý thuyết điều khiển tuyến tính*, NXBKH và KT
7. Vũ Gia Hanh( 2001), Trần Khánh Hà, Phan Từ Thụ, Nguyễn Văn Sáu, *Máy điện 1*, NXBKH và KT.
8. Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh ( 2003), *Tự động hoá với Simatic S7-300*, NXBKH và KT.



## LỜI CẢM ƠN

Sau 4 năm học tập và nghiên cứu em đã trang bị và tích lũy đầy đủ những kiến thức cần thiết, bên cạnh đó việc thực hiện đề án tốt nghiệp này giúp em tổng hợp lại những kiến thức mình đã được học, giúp cho công việc sau này.

Trong quá trình làm đề án em đã nhận được sự hướng dẫn nhiệt tình của **ThS.Nguyễn Đông Khang** và các thầy giáo, cô giáo trong khoa điện - điện tử. Em xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu đó.

Do thời gian cũng như kiến thức còn hạn chế trong đề án không thể tránh khỏi những sai sót. Rất mong được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo và các bạn để đề án hoàn thiện hơn nữa.

Xin chân thành cảm ơn!

*Hải Phòng, ngày ... tháng 7 năm 2010*

**Sinh viên**

***Lê Văn Luận***