

# MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG CỦA HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG</b>	<b>2</b>
<b>TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN.....</b>	<b>2</b>
1.1. Khái niệm hệ thống tự động truyền động điện. ....	2
1.2. Phân loại hệ thống truyền động điện.....	2
1.2.1. Các xu hướng phát triển của tự động hóa truyền động điện.....	3
1.3. Phương trình động học của truyền động điện. ....	3
1.3.1. Đối với hệ truyền động chuyển động quay. ....	3
1.3.2. Đối với hệ truyền động chuyển động tịnh tiến.....	4
1.4. Moment cản.....	5
1.4.1. Mô men cản phụ thuộc vào chiều chuyển động.....	5
1.4.2. Mô men cản phụ thuộc trị số tốc độ.....	6
1.4.3. Mô men cản phụ thuộc vào góc quay. ....	7
1.4.4. Mô men cản phụ thuộc vào hành trình.....	7
1.4.5. Mô men cản phụ thuộc vào thời gian.....	7
1.5. Quy đổi các đại lượng về trục động cơ. ....	7
1.5.1. Tính quy đổi mô men cản về trục động cơ. ....	7
1.5.2. Quy đổi lực cản về trục động cơ. ....	8
1.5.3. Quy đổi tất cả các mô men quán tính $J$ , khối quán tính $m$ về trục động cơ. ....	8
1.6. Đặc tính của hệ thống tự động truyền động điện. ....	9
1.6.1. Định nghĩa. ....	9
1.6.2. Phân loại đặc tính cơ. ....	9
1.6.3. Độ cứng của đặc tính cơ.....	10
1.6.3.1. Hệ đơn vị tương đối sử dụng trong truyền động điện.....	10
1.6.3.2. Đặc tính cơ của máy sản xuất. ....	11

<b>CHƯƠNG 2. GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ.....</b>	<b>13</b>
2.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc.....	13
2.1.1. Cấu tạo của động cơ không đồng bộ.....	13
2.1.2. Nguyên lý làm việc.....	14
2.1.2.1. Đặc tính cơ của động cơ KĐB.....	15
2.2. Các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ.....	16
2.2.1. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng phương pháp thay đổi điện áp.....	16
2.2.1.1. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh.....	16
2.2.1.2. Đặc tính cơ trong điều chỉnh.....	16
2.2.2. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng phương pháp thay đổi tần số nguồn $f_1$ .....	18
2.2.2.1. Khái niệm chung.....	18
2.2.2.2. Quy luật thay đổi tần số.....	19
2.2.2.3. Các đặc tính điều chỉnh.....	20
2.2.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB bằng phương pháp thay đổi số đôi cực...	22
2.2.3.1. Nguyên lý điều chỉnh.....	22
2.3. Mô hình toán của hệ thống.....	27
2.3.1. Phép biến đổi tuyến tính trong không gian vectơ.....	29
2.3.2. Sơ đồ khối động cơ dị bộ.....	32
2.3.2.1. Phương trình trạng thái trên hệ tọa độ tựa theo từ thông rôto dq.....	34
<b>CHƯƠNG 3. TỔNG HỢP HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ DỊ BỘ ROTOR LỒNG SÓC THAY ĐỔI BẰNG ĐIỆN ÁP.....</b>	<b>36</b>
3.1: Sơ đồ tổng quát điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp.....	36
3.2. Tổng hợp mạch vòng dòng điện.....	38
3.2.1. Tổng hợp bộ điều chỉnh Risq.....	39
3.2.2. Tổng hợp bộ điều chỉnh Ri <sub>sd</sub> .....	41

3.3. Tổng hợp mạch vòng điều chỉnh tốc độ.....	43
3.4: Tính toán hàm truyền hệ thống .....	44
3.4.1. Tính toán hàm truyền hệ hở .....	45
3.4.2. Giới thiệu về phần mềm matlab.....	47
3.4.3. Mô phỏng động cơ không đồng bộ roto lồng sóc trên simulink.....	50
3.4.3.1. Mô phỏng trên matlab mạch vòng dòng điện của động cơ.....	51
3.5. Tính toán hàm truyền hệ kín. ....	52
3.5.1. Mô phỏng trên matlab mạch vòng tốc độ: .....	57
<b>KẾT LUẬN.....</b>	<b>59</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>60</b>

# LỜI NÓI ĐẦU

Một trong những mục tiêu quan trọng hàng đầu mà Đảng và Nhà nước đã đặt là tiến trình công nghệ hoá , hiện đại hoá đất nước.

Trong những năm gần đây lĩnh vực điều khiển và truyền động điện đã phát triển mạnh mẽ. Đặc biệt với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, người ta đã khai thác được tất cả những ưu điểm vốn có của động cơ không đồng bộ

Với đề án này em đã nêu ra được một khía cạnh nhỏ trong lĩnh vực điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ: “ **Tổng hợp hệ thống tự động truyền động điện động cơ dị bộ rotor lồng sóc bằng thay đổi điện áp**”

Nội dung đề án gồm 3 chương:

**Chương 1. Những vấn đề chung của hệ thống tự động truyền động điện.**

**Chương 2. Giới thiệu động cơ không đồng bộ.**

**Chương 3. Tổng hợp hệ thống tự động truyền động điện động cơ dị bộ rotor lồng sóc bằng thay đổi điện áp.**

Để hoàn thành tốt được đề án, em đã được sự giúp đỡ rất nhiều của bộ môn điện công nghiệp tự động hóa và đặc biệt là sự giúp đỡ tận tình của thầy giáo **GS.TSKH.Thân ngọc Hoàn**. Sau một thời gian ngắn làm đề án em đã hiểu được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ. Và qua đó em đã biết cách tính toán, tổng hợp và mô phỏng hệ thống tự động truyền động điện động cơ không đồng bộ. Đó là những kinh nghiệm quý báu giúp em vững tin hơn trong công việc sau này. Trong quá trình thực hiện đề án cùng với năng lực hạn chế nên không tránh khỏi sai sót, em mong được sự chỉ bảo tận tình của các thầy cô.

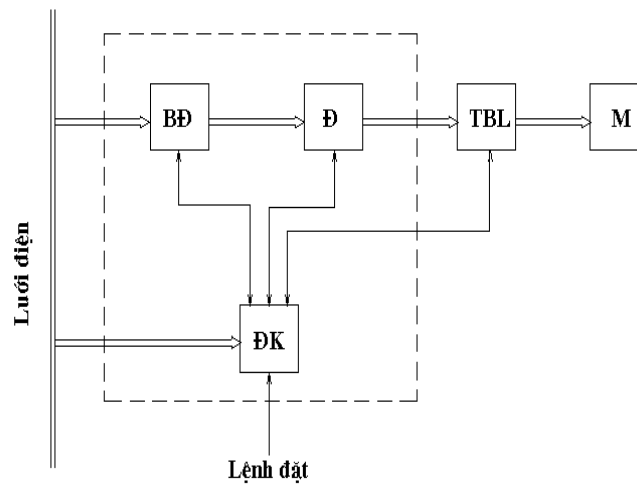
**Em xin chân thành cảm ơn!**

## CHƯƠNG 1.

### NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG CỦA HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

#### 1.1. Khái niệm hệ thống tự động truyền động điện.

Truyền động điện là một ngành khoa học thuộc lĩnh vực cơ điện hoặc chỉ một quá trình biến đổi năng lượng điện thành năng lượng cơ  
Ta có sơ đồ khối cơ bản của một hệ truyền động điện như sau



*Hình 1.1:* Sơ đồ khối hệ thống tự động truyền động điện

Trong đó

- BĐ: Bộ biến đổi có chức năng biến đổi dòng điện và điện áp lưới thành dòng điện và điện áp có tần số thích hợp
- Đ: Động cơ điện
- TBL : Thiết bị truyền lực
- M : Máy sản xuất
- ĐK : Bộ điều khiển

#### 1.2. Phân loại hệ thống truyền động điện.

- + Dựa vào loại động cơ điện

- Truyền động điện động cơ điện một chiều
- Truyền động điện động cơ điện xoay chiều
- Truyền động điện động cơ điện đặc biệt
- + Dựa vào tương quan giữa động cơ điện và máy sản xuất
- Truyền động điện nhóm : Một động cơ điện phục vụ cho một nhóm phụ tải
- Truyền động điện đơn : Một động cơ điện phục vụ cho một phụ tải riêng biệt
- Truyền động điện nhiều động cơ : Nhiều động cơ điện phục vụ cho một phụ tải
  - + Dựa vào mức độ tự động hóa
  - TĐĐ bán tự động : là hệ thống truyền động điện trong một vài khâu còn có sự can thiệp của người vận hành
  - TĐĐ tự động : là hệ thống truyền động điện không có sự can thiệp của người vận hành

### **1.2.1. Các xu hướng phát triển của tự động hóa truyền động điện.**

- Hoàn thiện cấu trúc của động cơ điện : Làm ra những động cơ điện có dải điều chỉnh rộng và dễ dàng
- Hoàn thiện cấu trúc cơ học của truyền động điện
- Mở rộng phạm vi ứng dụng của truyền động điện
- Tăng mức độ tự động hóa của hệ thống
- ứng dụng các thành tựu công nghệ mới trong lĩnh vực điều khiển

### **1.3. Phương trình động học của truyền động điện.**

#### **1.3.1. Đối với hệ truyền động chuyển động quay.**

Ta có phương trình cân bằng công suất của hệ

$$P_{đg} = P_d - P_c$$

Trong đó  $P_d$  : Công suất do động cơ sinh ra để gây chuyển động

$P_c$  : Công suất của phụ tải mà động cơ phải khắc phục

$P_{dg}$  : Công suất động đặc trưng cho sự thay đổi động năng của hệ  
 Hệ quay với tốc độ góc là  $\omega$  thì động năng tích lũy được sẽ là

$$A = J \frac{\omega^2}{2}$$

trong trường hợp tổng quát  $J$  phụ thuộc vào góc quay của bộ phận làm việc tức là  $J = f(\alpha)$  thì ta có

$$P_{dg} = \frac{dA}{dt} = J\omega \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ}{dt} = P_d - P_c$$

$$M_{dg} = M_d - M_c = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2} \frac{dJ}{dt}$$

vì  $\omega = \frac{d\alpha}{dt} \Rightarrow dt = \frac{d\alpha}{\omega}$  nên phương trình có thể viết lại như sau

$$M_{dg} = M_d - M_c = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ}{d\alpha}$$

Trường hợp  $J = \text{const}$  ta có  $M_{dg} = M_d - M_c = J \frac{d\omega}{dt}$

Đây là phương trình động học đối với chuyển động quay. Từ phương trình này ta có :

1.  $M_{dg} > 0$  ,  $M_d > M_c$  hệ tăng tốc khi  $\omega > 0$  , hãm khi  $\omega < 0$
2.  $M_{dg} < 0$  ,  $M_d < M_c$  hệ tăng tốc khi  $\omega < 0$  , hãm khi  $\omega > 0$
3.  $M_{dg} = 0$  ,  $M_d = M_c$  đây là trạng thái làm việc xác lập của hệ với  $\omega = \omega_{xl}$

### 1.3.2. Đối với hệ truyền động chuyển động tịnh tiến.

Tương tự như chuyển động quay công suất động của hệ được tính theo công thức

$$P_{dg} = \frac{d}{dt} \left( \frac{mv^2}{2} \right)$$

tổng quát  $m = f(L)$  trong đó  $L$  là quãng đường mà vật dịch chuyển được nên ta có  $m = f(t)$

$$P_{dg} = mv \frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{2} \frac{dm}{dt}$$

vì  $\frac{dL}{dt} = v \Rightarrow dt = \frac{dL}{v}$  nên phương trình có thể viết lại thành

$$P_{dg} = mv \frac{dv}{dt} + \frac{v^3}{2} \frac{dm}{dL}$$

$$F_{dg} = F_d - F_c = m \frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{2} \frac{dm}{dL}$$

vậy phương trình động học của hệ có dạng sau

$$F_d - F_c = m \frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{2} \frac{dm}{dL}$$

trong trường hợp  $m = \text{const}$  thì ta có  $F_d - F_c = m \frac{dv}{dt}$

Trong đó  $F_d$ : lực gây ra chuyển động

$F_c$ : Lực cản do vật tạo ra

$m$ : Khối lượng của vật

$v$ : Vận tốc chuyển động

$L$ : Quãng đường dịch chuyển được của vật

$t$ : Thời gian dịch chuyển

trong chuyển động quay nếu cho tốc độ là  $n=v/p$  thì ta có thể tính đổi như sau

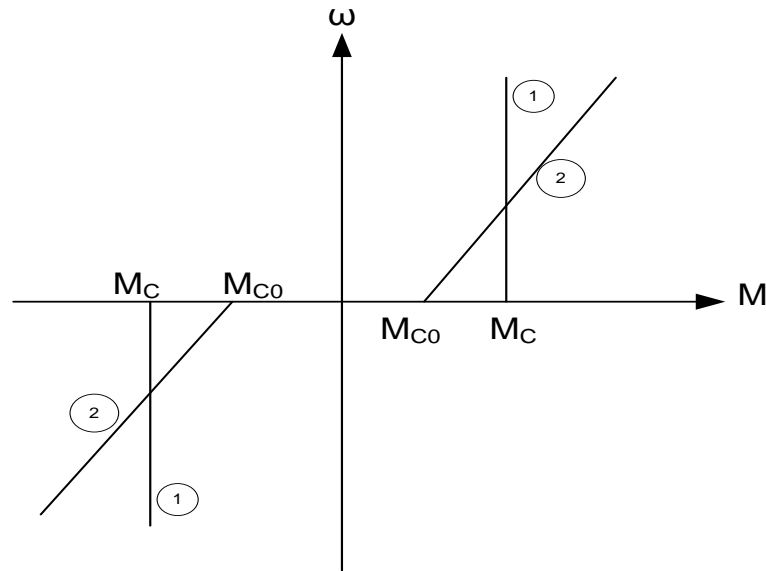
$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{n}{9,55}$$

## 1.4. Moment cản.

### 1.4.1. Mô men cản phụ thuộc vào chiều chuyển động.

+ Mô men phản kháng: Là loại mô men mà chiều của nó luôn chống lại chiều chuyển động như mô men ma sát trên trục các máy sản xuất. Qui ước chiều âm của mô men trùng chiều dương của tốc độ

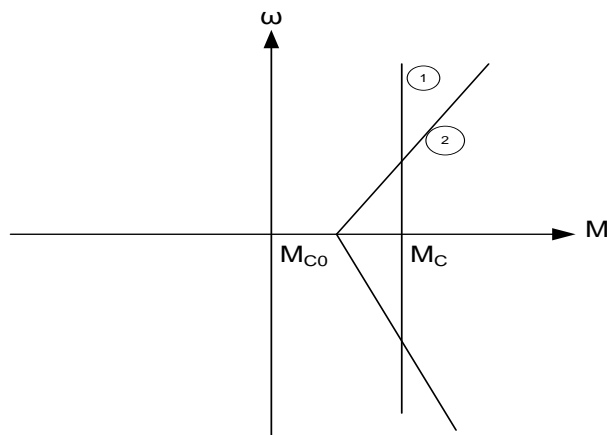




**Hình 1.2:** Đặc tính cơ của moment cản phản kháng.

Đường 1 là đường  $M_c$  không phụ thuộc tốc độ còn đường 2 là đường mô men cản tỷ lệ bậc nhất của tốc độ

+ Mô men cản thế năng : Là loại mô men cản do tải trọng sinh ra trong các máy nâng hạ , tời , cần trục . loại mô men cản này có chiều không phụ thuộc vào chiều chuyển động



**Hình 1.3:** Đặc tính cơ của moment cản thế năng.

#### 1.4.2. Mô men cản phụ thuộc trị số tốc độ.

- + Mô men cản không phụ thuộc tốc độ
- + Mô men cản tỷ lệ bậc nhất tốc độ

- + Mô men cản tỷ lệ bậc hai với tốc độ
- + Mô men cản tỷ lệ nghịch với tốc độ

### 1.4.3. Mô men cản phụ thuộc vào góc quay.

Là loại mô men cản xuất hiện trong các máy sản xuất có cơ cấu thanh gạt tay quay như các bơm piston, máy nén khí ...

### 1.4.4. Mô men cản phụ thuộc vào hành trình.

Trong các cơ cấu nâng - vận chuyển và những loại xe tải chuyển động trên mặt phẳng nghiêng, mô men cản không những phụ thuộc vào tốc độ dịch chuyển mà còn phụ thuộc vào quãng đường mà vật dịch chuyển được. Trong trường hợp tổng quát mô men này được biểu diễn như sau :

$$M_c = M_{co} + k\varphi$$

$M_{co}$  : giá trị mô men cản khi hành trình = 0

$k$  : hệ số tỉ lệ

### 1.4.5. Mô men cản phụ thuộc vào thời gian.

- + Phụ tải dài hạn không đổi
- + Phụ tải dài hạn biến đổi liên tục
- + Phụ tải thay đổi đột biến
- + Phụ tải ngắn hạn lặp lại
- + Phụ tải ngắn hạn

## 1.5. Quy đổi các đại lượng về trục động cơ.

### 1.5.1. Tính quy đổi mô men cản về trục động cơ.

Ta phải quy đổi  $M_t$  về trục động cơ, ở đây ta cần đảm bảo công suất của hệ trước và sau khi quy đổi là như nhau

$$\frac{M_t \cdot \omega_t}{\eta} = M_c \cdot \omega_d$$

$$\Rightarrow M_c = M_t \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{\omega_t}{\omega_d}$$

$$\text{với } i = \frac{\omega_d}{\omega_t} \Rightarrow M_c = M_t \cdot \frac{1}{i \cdot \eta}$$

Trong đó  $M_c$  là mô men cản tĩnh của tang quay đã quy đổi về trục động cơ

### 1.5.2. Quy đổi lực cản về trục động cơ.

Trong sơ đồ động học ta giả thiết tải trọng  $G$  sinh ra lực  $F$  và làm cho khối nặng chuyển động với vận tốc chuyển động tịnh tiến là  $v$ . Tính toán quy đổi  $F_c$  về trục động cơ

Trường hợp này ta cũng cần đảm bảo công suất của tải trọng không đổi như vậy ta có

$$\frac{F_c \cdot v}{\eta} = M_c \cdot \omega_d \Rightarrow M_c = \frac{F_c \cdot v}{\eta \cdot \omega_d}$$

Đặt  $\rho = \frac{v}{\omega_d} \Rightarrow M_c = \frac{F_c \cdot \rho}{\eta}$  với  $\rho$  là bán kính quy đổi lực phụ tải về trục động cơ

### 1.5.3. Quy đổi tất cả các mô men quán tính $J$ , khối quán tính $m$ về trục động cơ.

Giả thiết động cơ có mô men quán tính là  $J_d$ . Hộp tốc độ gồm có  $k$  bánh răng, mỗi bánh răng có mô men quán tính là  $J_1, J_2, \dots, J_k$ , vận tốc góc là  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k$ . Tang quay có mô men quán tính  $J_t$ , tốc độ góc là  $\omega_t$

Ta phải quy đổi các đại lượng cơ học trên về trục động cơ, trường hợp này cần đảm bảo động năng của hệ không thay đổi nghĩa là ta có

$$J_d \frac{\omega_d^2}{2} + \sum_1^n J_n \frac{\omega_n^2}{2} + J_t \frac{\omega_t^2}{2} + m \frac{v^2}{2} = J \frac{\omega_d^2}{2}$$

$$J_d + \sum_1^n J_n \frac{\omega_n^2}{\omega_d^2} + J_t \frac{\omega_t^2}{\omega_d^2} + m \frac{v^2}{\omega_d^2} = J$$

Từ đó ta rút ra

Đặt  $i_n = \frac{\omega_d}{\omega_n}; i_t = \frac{\omega_d}{\omega_t}$  là các tỷ số truyền và  $\rho = \frac{v}{\omega_d}$  là bán kính quy đổi

khối quán tính  $m$  về trục động cơ

$$J = J_d + \sum_1^n J_n \frac{1}{i_d^2} + J_t \frac{1}{i_t^2} + m \rho^2$$

Thực tế do có hộp số mà mô men quán tính của động cơ tăng lên  $\sigma$  lần vì vậy ta có

$$J = \sigma J_d + J_t \frac{1}{i_t^2} + m\rho^2$$

trong các sơ tay kỹ thuật thường cho mô men vô lăng của động cơ với ký hiệu là  $GD^2$  thì mô men quán tính  $J$  được xác định bằng công thức

$$J = \frac{GD^2}{4}$$

## 1.6. Đặc tính của hệ thống tự động truyền động điện.

### 1.6.1. Định nghĩa.

Mối quan hệ giữa tốc độ  $n$  hoặc  $\omega$  với mô men sinh ra của động cơ hoặc của máy sản xuất gọi là đặc tính cơ của động cơ hoặc máy sản xuất

Đặc tính cơ có thể viết ở hai dạng : Hàm thuận và hàm ngược

- Hàm thuận  $n = f(M)$  hoặc  $\omega = f(M)$

Hàm thuận hay được sử dụng để đánh giá chất lượng tĩnh của hệ truyền động điện

- Hàm ngược  $M = f(n)$  hoặc  $M = f(\omega)$

Hàm ngược thường được sử dụng trong việc tính toán giải tích

### 1.6.2. Phân loại đặc tính cơ.

- Đặc tính cơ tĩnh : mối quan hệ  $\omega = f(M)$  của động cơ trong những trạng thái làm việc xác lập của

- Đặc tính cơ động : là quỹ tích các điểm có tọa độ  $(M_i, \omega_i)$  trong thời gian của quá trình quá độ hay còn được gọi là quỹ đạo pha của hệ

- Đặc tính cơ điện : Là mối quan hệ giữa tốc độ của động cơ và dòng điện phản ứng hoặc mạch động lực

$n = f(I)$  hoặc  $\omega = f(I)$

Đặc tính cơ điện dùng để đánh giá mức độ chịu tải của động cơ về mặt dòng điện

Đối với đặc tính cơ tĩnh và đặc tính cơ động thì mỗi đặc tính lại được chia làm 2 loại

- Đặc tính cơ tự nhiên : là đặc tính cơ ứng với các thông số của động cơ là định mức

- Đặc tính cơ nhân tạo : là đặc tính cơ thu được khi ta thay đổi các thông số của động cơ

### 1.6.3. Độ cứng của đặc tính cơ.

Độ cứng của đặc tính cơ biểu thị sự thay đổi của tốc độ khi mô men thay đổi.

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}$$

$$\beta_A = \frac{dM}{d\omega} = \operatorname{tg} \varphi$$

Để dễ phân biệt thì độ cứng của động cơ ta ký hiệu là  $\beta$  còn của máy sản xuất là  $\beta_c$

#### 1.6.3.1. Hệ đơn vị tương đối sử dụng trong truyền động điện.

Để thuận tiện cho việc tính toán thiết kế , hoặc so sánh đánh giá các hệ truyền động điện , người ta thường sử dụng hệ đơn vị tương đối .

Muốn biểu diễn một đại lượng nào đó dưới dạng đơn vị tương đối ta lấy trị số của nó chia cho trị số của đại lượng cơ bản tương ứng đã chọn . Trong truyền động điện các đại lượng cơ bản thường chọn là các đại lượng định mức như :

$$U_{dm} , I_{dm} , \omega_{dm} , M_{dm} R_{dm} \dots\dots$$

Để ký hiệu ta dùng dấu \* trên các đại lượng đó . Ví dụ trị số tương đối của điện áp

$$\dot{U} = \frac{U}{U_{dm}} \quad \dot{U} \% = \frac{U}{U_{dm}} \cdot 100\%$$

tương tự của dòng điện  $\dot{I} = \frac{I}{I_{dm}}$  ; mô men  $\dot{M} = \frac{M}{M_{dm}}$  và từ thông

$$\dot{\Phi} = \frac{\Phi}{\Phi_{dm}}$$

Khi sử dụng ta cần chú ý :

-Đối với các máy điện một chiều kích từ độc lập và hỗn hợp , tốc độ cơ bản là  $\omega_0$  ; với các máy đồng bộ và không đồng bộ tốc độ cơ bản là tốc độ không tải lý tưởng ; với các máy điện một chiều kích từ nối tiếp tốc độ cơ bản là tốc độ định mức

-Đại lượng cơ bản của điện trở là điện trở định mức

Với các máy một chiều

$$R_{dm} = \frac{U_{dm}}{I_{dm}}(\Omega)$$

Với động cơ không đồng bộ ro to dây quấn thì điện trở định mức của ro to  $R_{dm}$  bao gồm điện trở của cuộn dây roto ở một pha  $r_2$  cộng với điện trở phụ  $R_f$  mắc nối tiếp vào mỗi pha sao cho khi roto đứng yên , mạch stato đặt vào điện áp định mức , tần số định mức thì dòng ở mỗi pha có trị số định mức . Khi roto đấu hình sao thì tổng trở định mức ở mỗi pha là

$$Z_{2dm} = \frac{E_{2nm}}{\sqrt{3}I_{2dm}}(\Omega)$$

$E_{2nm}$  : sđđ giữa 2 vành góp khi roto đứng yên còn stato có thông số định mức

$I_{2dm}$  : dòng điện định mức ở mỗi pha của roto

do trong các động cơ không đồng bộ  $x_{2dm} \ll Z_{2dm}$  nên ta có  $R_{2dm} = Z_{2dm}$

Nếu mạch roto đấu tam giác thì điện trở định mức ở mỗi pha tính quy đổi

sang đấu sao là :  $R_{2dmY} \approx \frac{1}{2}R_{2dm\Delta}$

### 1.6.3.2. Đặc tính cơ của máy sản xuất.

Trong thực tế sản xuất có nhiều loại máy sản xuất khác nhau , tuy nhiên đặc tính cơ của chúng có thể biểu diễn bằng biểu thức tổng quát sau

$$M_c = M_{c0} + (M_{cdm} - M_{c0}) \left( \frac{\omega_c}{\omega_{dm}} \right)^x$$

Trong đó  $M_c$  : Mô men cản trên trục máy sản xuất ứng với tốc độ nào đó

$M_{c0}$  : Mô men cản trên trục máy sản xuất ứng với tốc độ  $\omega=0$

$M_{\text{cdm}}$  : Mô men cản trên trục máy sản xuất ứng với tốc độ  $\omega_{\text{dm}}$

$x$  : số tự nhiên đặc trưng cho từng đặc tính

a. Với  $x=0$   $M_c = \text{const}$

Đặc tính dạng này thường có trong các cơ cấu nâng hạ , các băng chuyền ..

b. Với  $x=1$   $M_c$  tỷ lệ với bậc nhất tốc độ

Mô men này thường có trên trục của máy phát điện một chiều kích từ độc lập khi làm việc với tải thuần trở , mô men cản do ma sát trượt sinh ra

c. Với  $x=2$   $M_c$  tỷ lệ với bình phương tốc độ

Mô men cản dạng này thường xuất hiện trong các bơm ly tâm , quạt gió ....

d. Với  $x= -1$   $M_c$  tỷ lệ nghịch với tốc độ

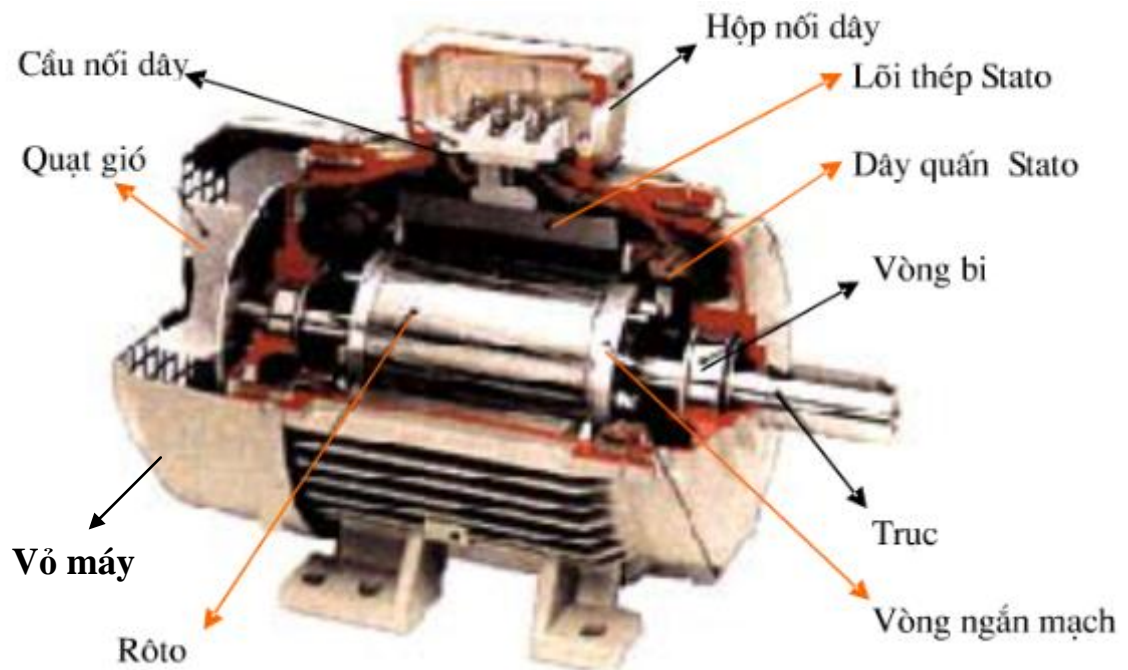
Thường có trong các máy cắt gọt kim loại.

## CHƯƠNG 2.

### GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

#### 2.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc.

##### 2.1.1. Cấu tạo của động cơ không đồng bộ.



**Hình 2.1:** Cấu tạo động cơ không đồng bộ.

##### \*Phần tĩnh - Stator:

- Lõi thép stator được ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện hình vành khăn có xẻ rãnh ở bên trong để đặt dây quấn stator. Lõi thép được ép vào phía trong vỏ máy.

- Dây quấn stator thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện đặt trong các rãnh của lõi thép.

- Vỏ máy gồm thân máy và nắp máy thường làm bằng gang.

##### \*Phần động - Roto:



- Lõi thép là các lá thép kỹ thuật điện được ghép lại với nhau, mặt ngoài có xẻ rãnh để đặt dây quấn, ở giữa có đục lỗ để lắp trục.

- Dây quấn roto gồm hai loại: roto kiểu dây quấn và roto kiểu lồng sóc

Loại roto kiểu dây quấn: cũng giống như dây quấn ba pha stator, cuộn dây roto được đấu hình sao còn ba đầu được nối đến ba vành trượt gắn vào trục quay của roto và cách điện với trục. Ba chổi than tiếp xúc với ba vành trượt được nối ra ngoài với các điện trở phụ để khởi động hoặc điều chỉnh tốc độ.

Loại roto kiểu lồng sóc: Loại dây quấn này khác với dây quấn stator. Mỗi rãnh của lõi sắt được đặt một thanh dẫn bằng đồng hoặc nhôm và được nối tắt lại ở đầu bằng hai vòng ngắn mạch bằng đồng hoặc nhôm. Dây quấn roto kiểu lồng sóc không cần cách điện với lõi sắt.

### 2.1.2. Nguyên lý làm việc.

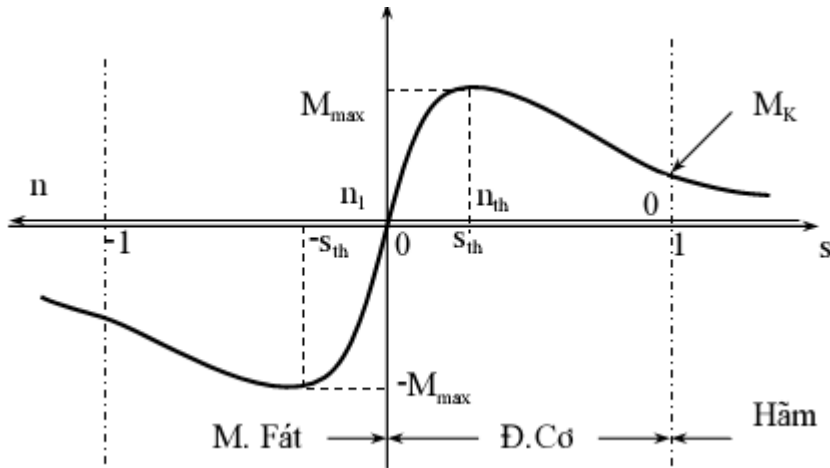
**Động cơ không đồng bộ** là **động cơ điện** hoạt động với tốc độ quay của **Rotor** chậm hơn so với tốc độ quay của **từ trường Stator**. Ta thường gặp động cơ không đồng bộ Rotor lồng sóc vì đặc tính hoạt động của nó tốt hơn dạng dây quấn.

Stator được quấn các cuộn dây lệch nhau về không gian (thường là 3 cuộn dây lệch nhau góc  $120^\circ$ ). Khi cấp điện áp 3 pha vào dây quấn, trong lòng Stator xuất hiện từ trường  $F_s$  quay tròn với tần số  $S=60 \cdot f/p$ , với  $p$  là số cặp cực của dây quấn Stator,  $f$  là tần số.

Từ trường này móc vòng qua Rotor và gây điện áp cảm ứng trên các thanh dẫn lồng sóc của rotor. Điện áp này gây dòng điện ngắn mạch chạy trong các thanh dẫn. Trong miền từ trường do Stator tạo ra, thanh dẫn mang dòng  $I$  sẽ chịu tác động của lực Bio-Savart-Laplace lôi đi. Có thể nói cách khác: dòng điện  $I$  gây ra một từ trường  $F_r$  (từ trường cảm ứng của Rotor), tương tác giữa  $F_r$  và  $F_s$  gây ra momen kéo Rotor chuyển động theo từ trường quay  $F_s$  của Stator.

### 2.1.2.1. Đặc tính cơ của động cơ KĐB.

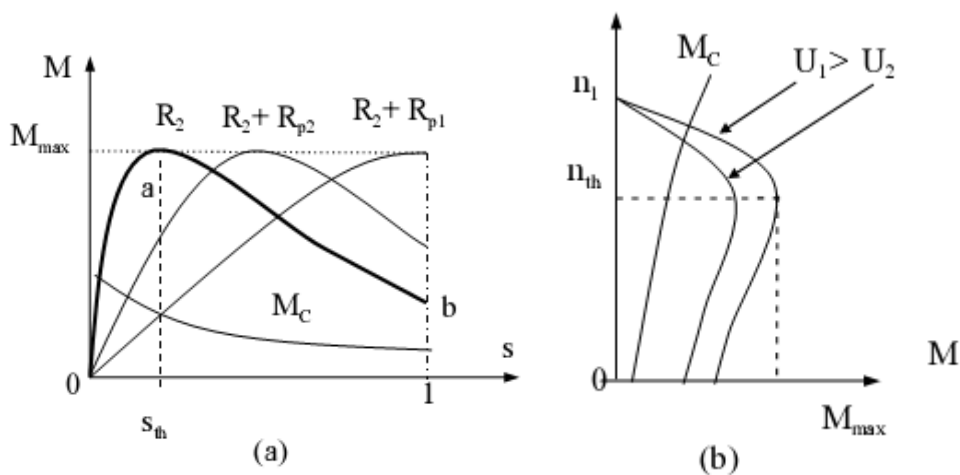
Đặc tính cơ của động cơ điện chính là quan hệ  $n=f(M_2)$  hoặc  $M_2 = f(n)$ . Mà ta có  $M=M_0+M_2$ , ở đây ta xem  $M_0=0$  hoặc chuyển về Momen cản tĩnh  $M_c$ . Vì vậy  $M_2=M=f(n)$



Quan hệ  $M=f(s)$

**Hình 2.2:** Đặc tính cơ thay đổi tần số.

Từ hình 2.2 ta xét chế độ động cơ nghĩa là  $s=0 \div 1$  hình 2.3a. Nếu thay  $s=(n-n)/n_1$  ta sẽ có quan hệ  $n = f(M_2)$  chính là đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ (hình 2.3b).



**Hình 2.3:** Đặc tính động cơ không đồng bộ

(a) Quan hệ momen theo hệ số trượt

(b) Đặc tính cơ của động cơ

+ Đoạn 0a ( $0 < s < s_{th}$ ) Động cơ làm việc ổn định. Đặc tính cơ cứng .

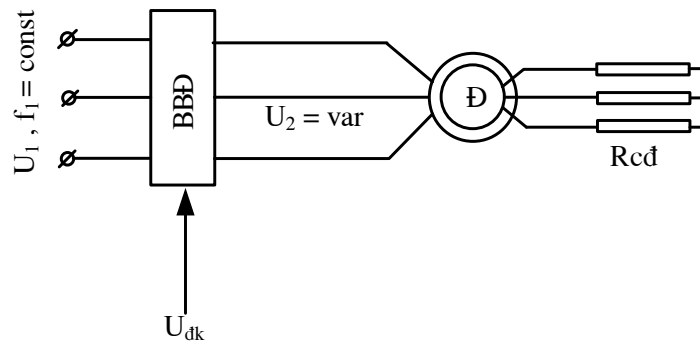
+ Đoạn ab ( $s_{th} < s < 1$ ) Động cơ làm việc không ổn định.

## 2.2. Các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ.

### 2.2.1. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng phương pháp thay đổi điện áp.

#### 2.2.1.1. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh.

Để điều chỉnh điện áp ta dùng bộ biến đổi BĐ có tín hiệu điện áp ra thay đổi theo tín hiệu điều khiển như sơ đồ nguyên lý sau

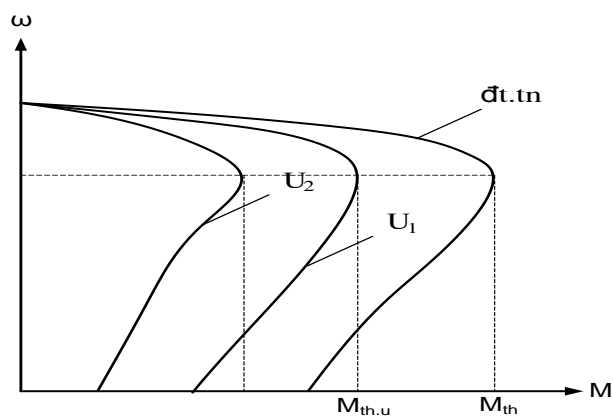


**Hình 2.4:** Sơ đồ nguyên lý của động cơ điều chỉnh điện áp

#### 2.2.1.2. Đặc tính cơ trong điều chỉnh.

a. Nếu bỏ qua tổng trở nguồn và không dùng điện trở phụ trong mạch ro to.

- Điện áp nguồn thay đổi ta thu được một họ đặc tính điều chỉnh có độ trượt tới hạn giữ nguyên còn  $M_{th}$  thay đổi tỉ lệ với  $U^2$



**Hình 2.5:** Đặc tính cơ thay đổi điện áp.

Như vậy những đường đặc tính điều chỉnh này có đoạn làm việc ngắn, độ cứng thấp và  $M_{th}$  giảm nhanh khi điện áp giảm

Để cải thiện đặc tính điều chỉnh và làm giảm mức phát nóng của máy điện người ta nối thêm một điện trở  $R_{cd}$  vào mạch roto . Khi điện áp đặt vào stato là định mức thì ta thu được đặc tính mềm hơn đặc tính tự nhiên, ta gọi nó là đường đặc tính giới hạn

$$s_{thgh} = s_{th} \cdot \frac{R_2 + R_{cd}}{R_2} \quad M_{thgh} = M_{th}$$

$M_{thgh}$  ,  $s_{thgh}$  : mô men và độ trượt tới hạn giới hạn của đặc tính giới hạn

$M_{th}$  ,  $s_{th}$  : mô men và độ trượt tới hạn của đặc tính tự nhiên

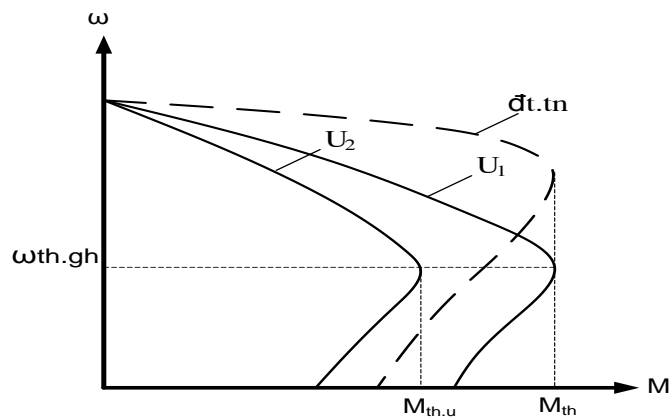
Khi điện áp đặt vào khác định mức , mô men tới hạn  $M_{th.u}$  sẽ thay đổi tỉ lệ với bình phương điện áp còn độ trượt tới hạn  $s_{th.u}$  thì không đổi

$$M_{th.u} = M_{thgh} \left( \frac{U}{U_{dm}} \right)^2 = M_{thgh} \cdot U^{*2}$$

$$s_{th.u} = s_{thgh} = const$$

Dựa vào đặc tính giới hạn  $M_{gh}(s)$  ta suy ra đặc tính điều chỉnh ứng với giá trị  $U$  cho trước nhờ quan hệ  $M_u = M_{gh} \cdot U^{*2}$

Các đường đặc tính điều chỉnh sẽ có dạng như sau



**Hình 2.6:** Dạng đặc tính cơ điều chỉnh.

b. Nếu tính đến cả tổng trở nguồn.

Trường hợp đơn giản ta xét bộ biến đổi có điện trở  $R_b$  , điện kháng  $X_b$  và các thông số này không phụ thuộc vào điện áp  $U$  đặt vào động cơ , khi đó ta có:

$$s_{thgh} = \frac{R_2 + R_{cd}}{\sqrt{(R_{lt}^2 + (X_{lt} + X_2)^2)}$$

$$M_{thgh} = \frac{3U^2}{2\omega_0 [R_{lt} + \sqrt{R_{lt}^2 + (X_{lt} + X_2)^2}]} = M_{th} \frac{R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}}{R_{lt} + \sqrt{R_{lt}^2 + (X_{lt} + X_2)^2}}$$

Trong đó  $R_{lt} = R_1 + R_b$  ;  $X_{lt} = X_1 + X_b$

Phương trình đặc tính cơ của đường đặc tính giới hạn sẽ là

$$M_{gh} = \frac{2M_{thgh}(1 + a' s_{thgh})}{\frac{s}{s_{thgh}} + \frac{s_{thgh}}{s} + 2a' s_{thgh}}$$

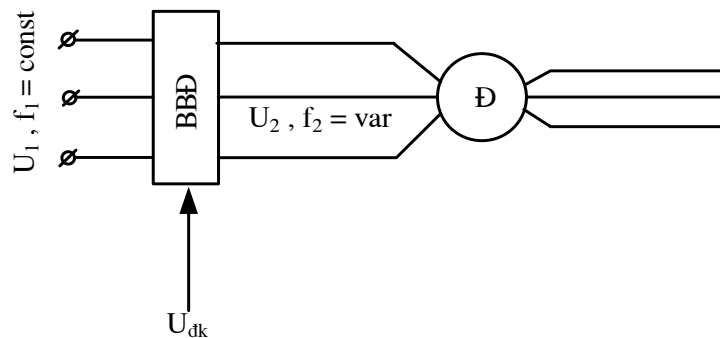
$$\text{với } a' = \frac{R_{lt}}{R_2 + R_{cd}}$$

## 2.2.2 Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng phương pháp thay đổi tần số nguồn $f_1$ .

### 2.2.2.1. Khái niệm chung.

Xuất phát từ biểu thức  $\omega = \omega_0(1-s) = \frac{2\pi f_1}{p}(1-s)$ , ta nhận thấy khi thay đổi tần số  $f_1$  ta cũng có thể thay đổi được tốc độ của động cơ không đồng bộ.

Ta có sơ đồ điều chỉnh như sau :



**Hình 2.7:** Sơ đồ điều chỉnh tốc độ động cơ bằng thay đổi điện áp.

Do máy điện được thiết kế để làm việc với một tần số nhất định nên việc thay đổi tần số sẽ làm ảnh hưởng đến chế độ công tác của máy điện.

$$\dot{E}_1 = C\Phi f_1 = \dot{U}_1 - \dot{I}_1 Z_1$$

$$C\Phi f_1 \approx \dot{U}_1 \Rightarrow \Phi = \frac{\dot{U}_1}{Cf_1} = C' \frac{\dot{U}_1}{f_1}$$

Nếu điện áp  $U_1 = \text{const}$  thì khi tần số  $f_1$  tăng thì từ thông  $\Phi$  sẽ giảm do đó sẽ dẫn đến hiện tượng giảm mô men trong máy . Để giữ cho mô men không đổi thì ta phải tăng dòng điện. Như vậy động cơ sẽ bị quá tải về điện

Nếu ta giảm tần số  $f_1$  thì từ thông  $\Phi$  sẽ tăng lên , điều này sẽ làm đốt nóng lõi thép và làm cho hiện tượng bão hoà từ trong máy tăng lên

Như vậy đối với phương pháp thay đổi tần số thì khi điều chỉnh tần số thì ta cũng phải thay đổi  $U_1$  cho phù hợp nhằm mục đích giữ cho  $\Phi$  là không đổi

### 2.2.2.2. Quy luật thay đổi tần số.

Khi tiến hành điều chỉnh nếu ta giữ cho hệ số quá tải về mô men là một hằng số thì chế độ làm việc của máy điện sẽ luôn được duy trì ở mức tối ưu như khi làm việc với tải định mức

Như vậy khi điều chỉnh ta cần phải luôn thoả mãn điều kiện :

$$\lambda = \frac{M_{th}}{M_c} = \text{const}$$

Nếu coi  $r_1 \approx 0$  từ biểu thức của  $M_{th}$  ta có

$$M_{th} \approx \frac{3U_1^2}{2\omega_0(x_1 f_1 + x_2' f_1)} = \frac{3U_1^2}{\frac{4\pi}{p}(C_1 + C_2') f_1^2}$$

Trong đó ta đã thay thế  $\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$

Hệ số quá tải về mô men của động cơ được xác định dựa vào  $M_{th}$  và  $M_c = f(\omega)$

$$\lambda = \frac{M_{th}}{M_c} = \frac{3U_1^2}{\frac{4\pi}{p}(C_1 + C_2') f_1^2 \cdot M_c(\omega)} = A \cdot \frac{U_1^2}{f_1^2 \cdot M_c(\omega)}$$

Thay thế  $M_c = f(\omega)$  bằng phương trình đặc tính cơ dạng gần đúng của

máy sản xuất và coi 
$$\omega \approx \omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p} \Rightarrow M_c(\omega) = M_{c.dm} \cdot \omega^x = M_{c.dm} \frac{(2\pi)^x}{p^x} \cdot f_1^x = B \cdot f_1^x$$

Như vậy ta có 
$$\lambda = \frac{M_{th}}{M_c} = \frac{A}{B} \cdot \frac{U_1^2}{f_1^{(2+x)}}$$
 và viết biểu thức  $\lambda$  cho trường hợp làm việc ở các thông số định mức và trong trường hợp  $U_1, f_1$  bất kỳ và thoả mãn điều kiện  $\lambda = \text{const}$  lúc đó ta có

$$\frac{U_{1dm}^2}{f_1^{(2+x)}} = \frac{U_1^2}{f_1^{(2+x)}} \Rightarrow \frac{U_1^2}{U_{1dm}^2} = \frac{f_1^{(2+x)}}{f_1^{(2+x)}}$$

Từ đó ta rút ra quy luật biến đổi của điện áp 
$$\frac{U_1}{U_{1dm}} = \sqrt{\frac{f_1^{(2+x)}}{f_{1dm}^{(2+x)}}}$$
 hoặc 
$$U_1^* = \sqrt{f_1^{*(2+x)}}$$

Vậy điện áp stato phải thay đổi phụ thuộc tần số và đặc tính phụ tải . Cho x các giá trị khác nhau ta sẽ có những quy luật biến đổi khác nhau của điện áp . Ta có bảng biểu diễn quy luật

**Bảng 2.1:** Bảng biểu diễn quy luật điều chỉnh.

Loại tải	X	Quy luật điều chỉnh
Kiểu máy tiện	-1	$\sqrt{f_1^*}$
Kiểu máy nâng	0	$f_1^*$
Ma sát nhớt	1	$\sqrt{f_1^{*3}}$
Quạt gió	2	$f_1^{*2}$

### 2.2.2.3. Các đặc tính điều chỉnh.

Đặc tính cơ của động cơ khi điều chỉnh tần số không những phụ thuộc vào  $f_1$  mà còn phụ thuộc vào quy luật thay đổi điện áp , nghĩa là phụ thuộc vào đặc tính tải

Khi sử dụng quy luật điều chỉnh điện áp gần đúng thì mô men tới hạn của đặc tính điều chỉnh cũng được xác định gần đúng . Khi tần số và điện áp là định mức thì mô men tới hạn sẽ là

$$M_{th.dm} = \frac{3U_{1dm}^2}{\frac{4\pi}{p} f_{1dm}^2 (C_1 + C_2')}$$

So sánh với  $M_{th}$  ta có  $M_{th} = M_{th.dm} \frac{U_1^{*2}}{f_1^{*2}}$  và thay  $U_1^*$  bằng quy luật biến thiên vừa xác định được ta sẽ có  $M_{th} = M_{th.dm} f_1^{*x}$

Độ trượt tới hạn được xác định theo biểu thức gần đúng

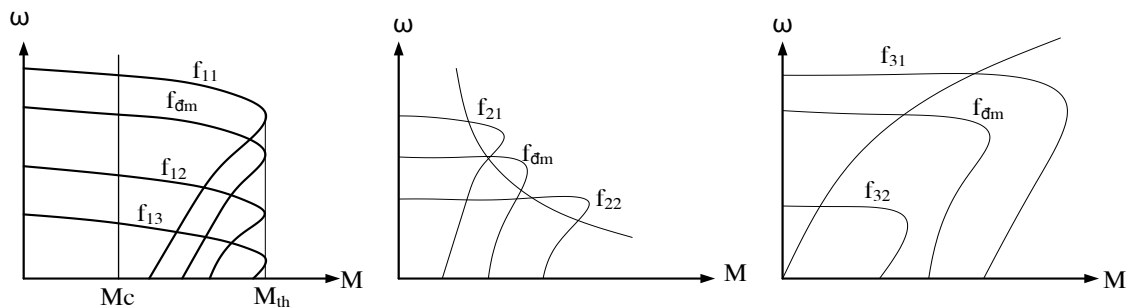
$$s_{th} = \frac{R_2'}{C_1 f_1^* + C_2' f_1^*} = \frac{s_{th.dm}}{f_1^*}$$

Trong đó  $s_{th.dm}$  là độ trượt tới hạn của đặc tính cơ tự nhiên.

Như vậy khi biết số liệu của đặc tính tự nhiên và đặc tính cơ của máy sản xuất ta có thể xác định được  $M_{th}$  và  $s_{th}$  của động cơ tại bất kỳ tần số nào . Cuối cùng sử dụng phương trình

$$M = \frac{2M_{th}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}}$$

ta sẽ dựng được đặc tính cơ điều chỉnh . Dưới đây trình bày dạng các đường đặc tính cơ ứng với các phụ tải khác nhau .



**Hình 2.8:** Đặc tính cơ ứng với phụ tải khác nhau.

Trên thực tế họ đặc tính này đều thoả mãn điều kiện  $\lambda = \frac{M_{th}}{M_c} = const$



- Trong thực tế , do ta bỏ qua giá trị  $R_1$  nên ở những miền tần số thấp mô men tới hạn có sự sai khác đáng kể so với giá trị tính toán . Ở những miền tần số cao thì điện kháng từ hoá  $x_\mu \gg R_1$  nên ta có thể bỏ qua còn khi tần số điều chỉnh thấp thì giá trị  $R_1$  không thể bỏ qua được nên kết quả tính toán sẽ không chính xác . Hệ số quá tải thực tế bị giảm đáng kể trong miền này .

- Độ cứng của đặc tính cơ cũng phụ thuộc vào tần số điều chỉnh và đặc tính của mô men cản . Để đơn giản trong tính toán ta coi đoạn làm việc của đặc tính cơ là đường thẳng và có phương trình

$$M = \frac{2M_{th}}{s_{th}} s$$

Khi đó độ cứng của nó sẽ được xác định theo phương trình

$$\beta = -\frac{1}{\omega_0} \frac{2M_{th}}{s_{th}}$$

Thay các giá trị của  $M_{th}$  và  $s_{th}$  vào ta có

### 2.2.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB bằng phương pháp thay đổi số đôi cực.

#### 2.2.3.1. Nguyên lý điều chỉnh.

- Khi thay đổi số đôi cực của máy điện KĐB , tốc độ từ trường quay thay đổi do đó tốc độ của roto cũng thay đổi theo . Quan hệ đó được thể hiện theo biểu thức:

$$\omega = \omega_0(1-s) = \frac{2\pi f_1}{p}(1-s)$$

$f_1$  : tần số của lưới điện

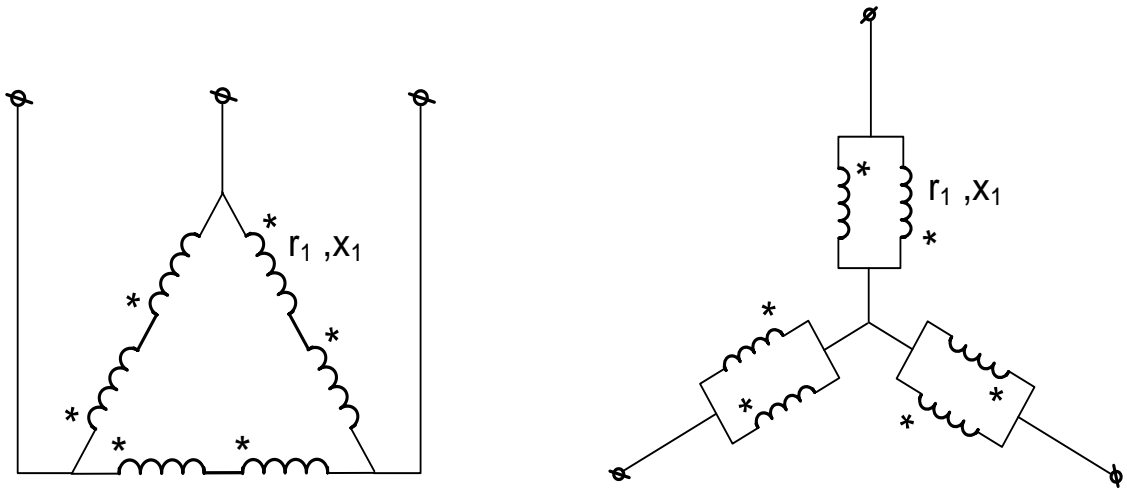
$p$  : số đôi cực

#### 2.2.3.2. Cách đổi nối trên thực tế.

Trong thực tế việc đổi nối cách cuộn dây được thực hiện theo 2 cách :  
 Hình sao  $\rightarrow$  sao kép ( Y  $\rightarrow$  YY ) và tam giác  $\rightarrow$  sao kép (  $\Delta$   $\rightarrow$  YY )

a. Đổi nối hình tam giác  $\rightarrow$  sao kép (  $\Delta$   $\rightarrow$  YY )

Sơ đồ đôi nối có dạng như sau:



**Hình 2.9:** Sơ đồ đôi nối dây tam giác – sao kép.

Khi nối theo hình  $\Delta$  các cuộn dây được nối nối tiếp thuận với nhau nên ta giả thiết khi đó  $p = 2$  tương ứng với tốc độ đồng bộ là  $\omega_0$ . Khi đổi nối thành hình YY các đoạn dây nối nối tiếp ngược nên  $p = 1$  và tốc độ đồng bộ là  $\omega_{0YY} = 2\omega_0$

Để dựng các đặc tính điều chỉnh cần phải xác định các trị số  $M_{th}$ ,  $s_{th}$  và  $\omega_0$  với các cách đấu dây.

- Khi nối hình  $\Delta$  do hai cuộn dây mắc nối tiếp nhau nên ta có  $R_1 = 2r_1$ ;  $X_1 = 2x_1$  và  $R_2 = 2r_2$ ;  $X_2 = 2x_2$ ;  $X_{nm} = 2x_{nm}$

Điện áp trên dây quấn mỗi pha là  $U_{f\Delta} = \sqrt{3}U_1$ . Do đó

$$s_{th\Delta} = \frac{R'_{2\Delta}}{\sqrt{R_{1\Delta}^2 + (X_{1\Delta} + X'_{2\Delta})^2}} = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + x_{nm}^2}}$$

$$M_{th\Delta} = \frac{3(\sqrt{3}U_1)^2}{2\omega_0 [R_{1\Delta} \pm \sqrt{R_{1\Delta}^2 + X_{nm\Delta}^2}]} = \frac{9U_1^2}{4\omega_0 [r_1 \pm \sqrt{r_2^2 + x_{nm}^2}]}$$

- Nếu đổi thành đấu YY ta có:  $R_{1YY} = r_1/2$ ;  $X_{1YY} = x_1/2$  và  $R_{2YY} = r_2/2$ ;  $X_{2YY} = x_2/2$ ;  $X_{nmYY} = x_{nm}/2$

Điện áp trên dây quấn mỗi pha là  $U_{f.YY} = U_1$ . Do đó

$$s_{thYY} = \frac{R'_{2YY}}{\sqrt{R_{1YY}^2 + (X_{1YY} + X'_{2YY})^2}} = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + x_{nm}^2}} = s_{th\Delta}$$

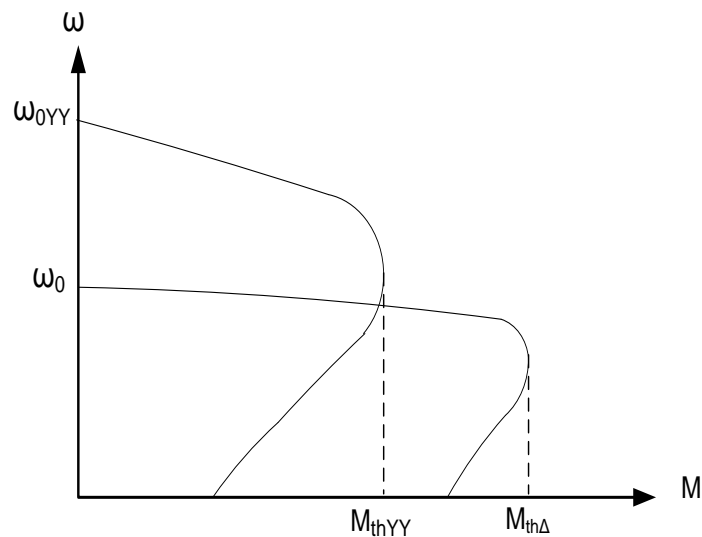
$$M_{thYY} = \frac{3U_1^2}{2\omega_{0YY} [R_{1YY} \pm \sqrt{R_{1YY}^2 + X_{nmYY}^2}]} = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 [r_1 \pm \sqrt{r_2^2 + x_{nm}^2}]}$$

$$\frac{M_{thYY}}{M_{th\Delta}} = \frac{2}{3}$$

So sánh ta thấy

Kết luận : Khi đổi nối  $\Delta \rightarrow YY$  tốc độ không tải lý tưởng tăng lên gấp đôi , độ trượt tới hạn giữ nguyên không đổi còn mô men tới hạn giảm đi 1/3 .

Đặc tính cơ có dạng như sau :



**Hình 2.10:** Đặc tính cơ dạng đổi nối sao – tam giác.

- Để xác định phụ tải cho phép khi điều chỉnh tốc độ , xuất phát từ giá trị công suất . Từ biểu thức công suất ta có :

$$P_{c\Delta} = 3\sqrt{3}U_1 I_{dm} \cos \varphi_{\Delta} \eta_{\Delta}$$

$$P_{cYY} = 3U_1 2I_{dm} \cos \varphi_{YY} \eta_{YY}$$

Do đó ta có:

$$\frac{P_{cYY}}{P_{c\Delta}} = \frac{2\cos \varphi_{YY} \eta_{YY}}{\sqrt{3}\cos \varphi_{\Delta} \eta_{\Delta}} \approx 1$$

Thực tế có thể coi  $P_{ccpYY} \approx P_{ccp\Delta}$  vì hệ số công suất và hiệu suất khi nối  $\Delta$  cao hơn khi nối  $YY$ . Đó là khi nối  $YY$  điện áp đặt lên từng cuộn dây quấn lớn hơn khi nối  $\Delta$  nên dòng từ hoá tăng một cách vô ích:

- Mô men cản cho phép giữa 2 cách nối

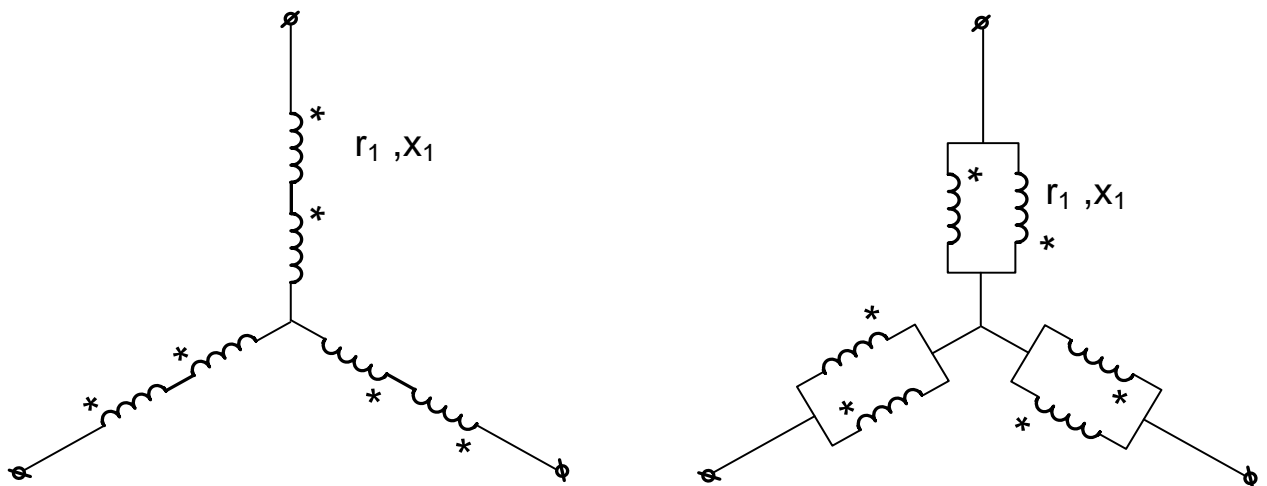
$$\frac{M_{ccpYY}}{M_{ccp\Delta}} = \frac{P_{ccpYY} / \omega_{0,YY}}{P_{ccp\Delta} / \omega_0} \approx \frac{\omega_0}{\omega_{0,YY}} = \frac{1}{2}$$

- Hệ số quá tải về mô men

$$\frac{\lambda_{YY}}{\lambda_{\Delta}} = \frac{M_{thYY} / M_{ccpYY}}{M_{th\Delta} / M_{ccp\Delta}} = \frac{4}{3}$$

b. Đổi nối sao sang sao kép ( $Y \rightarrow YY$ )

Sơ đồ đổi nối như sau



**Hình 2.10:** Sơ đồ đổi nối dây sao – sao kép.

- Khi nối theo hình  $Y$  các cuộn dây được nối nối tiếp thuận với nhau nên ta giả thiết khi đó  $p = 2$  tương ứng với tốc độ đồng bộ là  $\omega_0$  và do hai cuộn dây mắc nối tiếp nhau nên ta có  $R_1 = 2r_1$ ;  $X_1 = 2x_1$  và  $R_2 = 2r_2$ ;  $X_2 = 2x_2$ ;  $X_{nm} = 2x_{nm}$

$$s_{thY} = \frac{R'_{2Y}}{\sqrt{R_{1Y}^2 + (X_{1Y} + X'_{2Y})^2}} = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + x_{nm}^2}}$$

$$M_{thY} = \frac{3U_1^2}{2\omega_{0Y} [R_{1Y} \pm \sqrt{R_{1Y}^2 + X_{nmY}^2}]} = \frac{3U_1^2}{4\omega_0 [r_1 \pm \sqrt{r_2^2 + x_{nm}^2}]}$$

So sánh ta nhận thấy  $s_{thY} = s_{thYY}$  ;  $M_{thY} = \frac{1}{2}M_{thYY}$

Kết luận : Khi tiến hành đổi nối Y sang YY tốc độ không tải tăng gấp đôi , mô men tới hạn cũng tăng gấp đôi , độ trượt tới hạn giữ nguyên giá trị của nó .

- Công suất cản cho phép khi đổi nối :

$$\frac{P_{ccpYY}}{P_{ccpY}} = \frac{3U_1 2I_{1dm} \cos \varphi_{YY} \eta_{YY}}{3U_1 I_{1dm} \cos \varphi_Y \eta_Y} \approx \frac{2 \cos \varphi_{YY} \eta_{YY}}{\cos \varphi_Y \eta_Y} \approx 2$$

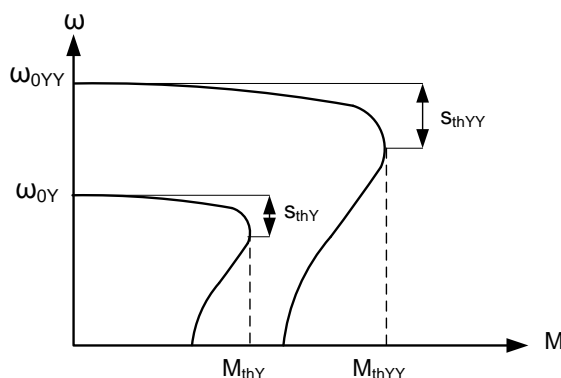
- Mô men cản cho phép

$$\frac{M_{ccpYY}}{M_{ccpY}} = \frac{P_{ccpYY} / \omega_{0YY}}{P_{ccpY} / \omega_{0Y}} = 1$$

- Hệ số quá tải về mô men

$$\frac{\lambda_{YY}}{\lambda_Y} = \frac{M_{thYY} / M_{ccpYY}}{M_{thY} / M_{ccpY}} = 2$$

Vậy khi chuyển đổi khả năng quá tải của động cơ tăng lên 2 lần . Đặc tính cơ của động cơ như sau :



**Hình 2.11:** Đặc tính cơ dạng đổi nối sao – sao kép.

### 2.3. Mô hình toán của hệ thống

Đối với các hệ truyền động điện đã được số hoá hoàn toàn, để điều khiển biến tần người ta sử dụng phương pháp điều chế vectơ không gian. Khâu điều khiển biến tần là khâu ghép nối quan trọng giữa thiết bị điều khiển/ điều chỉnh bằng số với khâu chấp hành. Như vậy cần mô tả động cơ thành các phương trình toán học.

Quy ước : A,B,C chỉ thứ tự pha các cuộn dây rotor và a,b,c chỉ thứ tự pha các cuộn dây stator.

Giả thiết : - Cuộn dây stato, roto đối xứng 3 pha, rôto vượt góc  $\theta$ .

-Tham số không đổi.

-Mạch từ chưa bão hoà.

-Khe hở không khí  $\delta$  đồng đều.

-Nguồn ba pha cấp hình sin và đối xứng (lệch nhau góc  $2\pi/3$ ).

$$U_k = I_k R_k + d \frac{\Psi_k}{dt}$$

Phương trình cân bằng điện áp của mỗi cuộn dây k như sau:

Trong đó :k là thứ tự cuộn dây A,B,C rotor và a,b,c stator.

$\Psi_k$  là từ thông cuộn dây thứ k.  $\Psi_k = \sum L_{kj} i_j$ . Nếu  $i=k$ : tự cảm,  $j \neq k$ : hổ cảm.

Ví dụ:  $\Psi_a = L_{aa} i_a + L_{ab} i_b + L_{ac} i_c + L_{aA} i_A + L_{aB} i_B + L_{aC} i_C$

Vì ba pha đối xứng nên :

$$R_a = R_b = R_c = R_s, \quad R_A = R_B = R_C = R_r$$

$$L_{aa} = L_{bb} = L_{cc} = L_{s1}, \quad L_{AA} = L_{BB} = L_{CC} = L_{r1}$$

$$L_{ab} = L_{ba} = L_{bc} = L_{cb} = -M_s, \quad L_{AC} = L_{CA} = L_{AB} = L_{BA} = -M_r$$

$$L_{aA} = L_{bB} = L_{cC} = L_{Aa} = L_{Bb} = L_{Cc} = M \cos \theta$$

$$L_{aB} = L_{bC} = L_{cA} = L_{Ba} = L_{Cb} = L_{Ac} = M \cos(\theta + 2\pi/3)$$

$$L_{aC} = L_{bA} = L_{cB} = L_{Ca} = L_{Ab} = L_{Bc} = M \cos(\theta - 2\pi/3)$$

$$\Psi_s = \begin{bmatrix} \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \end{bmatrix} \quad \Psi_r = \begin{bmatrix} \Psi_A \\ \Psi_B \\ \Psi_C \end{bmatrix} \quad \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \\ \Psi_A \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{i}_s = \begin{bmatrix} \mathbf{i}_a \\ \mathbf{i}_b \\ \mathbf{i}_c \end{bmatrix} \quad \mathbf{i}_r = \begin{bmatrix} \mathbf{i}_A \\ \mathbf{i}_B \\ \mathbf{i}_C \end{bmatrix} \quad \mathbf{u}_s = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_a \\ \mathbf{u}_b \\ \mathbf{u}_c \end{bmatrix} \quad \mathbf{u}_r = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_A \\ \mathbf{u}_B \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{R}_s] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} \quad [\mathbf{R}_r] = \begin{bmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{L}_s] = \begin{bmatrix} L_{S1} & -M_S & -M_S \\ -M_S & L_{S1} & -M_S \\ -M_S & -M_S & L_{S1} \end{bmatrix} \quad [\mathbf{L}_r] = \begin{bmatrix} L_{r1} & -M_r & -M_r \\ -M_r & L_{r1} & -M_r \\ -M_r & -M_r & L_{r1} \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{L}_m(\theta)] = M \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(\theta+2\pi/3) & \cos(\theta-2\pi/3) \\ \cos(\theta-2\pi/3) & \cos\theta & \cos(\theta+2\pi/3) \\ \cos(\theta+2\pi/3) & \cos(\theta-2\pi/3) & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\mathbf{L}_s] & [\mathbf{L}_m(\theta)] \\ [\mathbf{L}_m(\theta)]^t & [\mathbf{L}_r] \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{i}_s \\ \mathbf{i}_r \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} u_s \\ u_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + L_s \frac{d}{dt} & \frac{d}{dt} L_m(\vartheta) \\ \frac{d}{dt} L_m^t(\vartheta) & R_r + L_r \frac{d}{dt} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_s \\ i_r \end{bmatrix}$$

$$M = \bar{i}_s^t \frac{d}{d\vartheta} \{L_m(\vartheta) \bar{i}_r\}$$

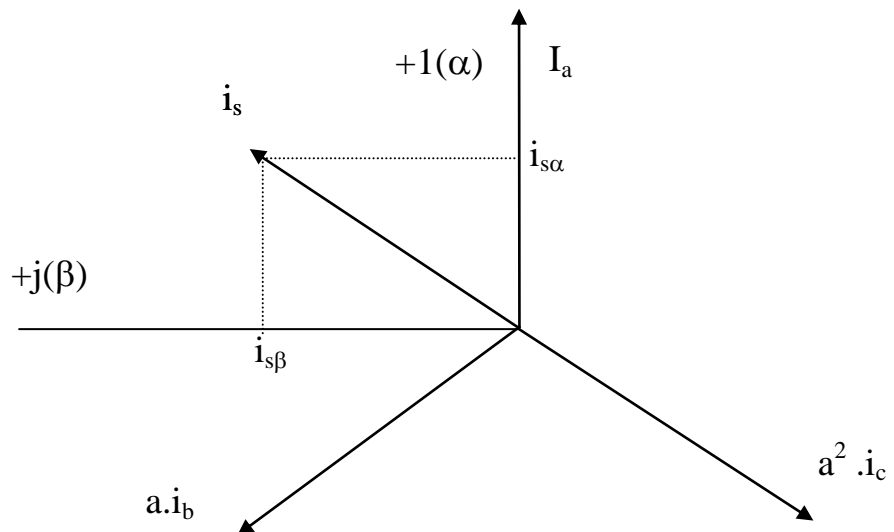
Các hệ phương trình trên là các hệ phương trình vi phân phi tuyến có hệ số biến thiên theo thời gian vì góc quay  $\theta$  phụ thuộc thời gian:

$$\theta = \theta_0 + \int \omega(t) dt$$

Kết luận : nếu mô tả toán học như trên thì rất phức tạp nên cần phải đơn giản bớt đi. Tới năm 1959 Kôvacs(Liên Xô) đề xuất phép biến đổi tuyến tính không gian vectơ và Park (Mỹ) đưa ra phép biến đổi d, q.

### 2.3.1. Phép biến đổi tuyến tính trong không gian vectơ.

Trong máy điện ba pha thường dùng cách chuyển các giá trị tức thời của điện áp thành các véc tơ không gian. Lấy một mặt phẳng cắt mô tơ theo hướng vuông góc với trục và biểu diễn từ không gian thành mặt phẳng. Chọn trục thực của mặt phẳng phức trùng với trục pha a.



**Hình 2.1:** Tương quan giữa hệ tọa độ  $\alpha\beta$  và tọa độ ba pha a,b,c



Ba véc tơ dòng điện stator  $i_a, i_b, i_c$  tổng hợp lại và đại diện bởi một véc tơ quay tròn  $i_s$ . Véc tơ không gian của dòng điện stator:

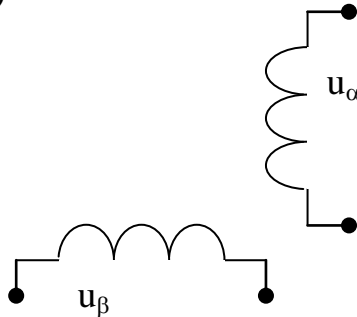
$$i_s = \frac{2}{3}(i_a + ai_b + a^2i_c) \quad a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

Muốn biết  $i_s$  cần biết các hình chiếu của nó lên các trục toạ độ:  $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ .

$$i_s = i_{s\alpha} + j i_{s\beta}$$

$$i_{s\alpha} = \text{Re}\{i_s\} = \frac{1}{3}(2i_a - i_b - i_c)$$

$$i_{s\beta} = \text{Im}\{i_s\} = \frac{\sqrt{3}}{3}(i_b - i_c)$$



**Hình 2.13:** Cuộn dây 3 pha nhìn trên  $\alpha\beta$

Theo cách thức trên có thể chuyển vị từ 6 phương trình (3 rôto, 3 stato) thành nghiên cứu 4 phương trình.

Phép biến đổi từ 3 pha (a,b,c) thành 2 pha ( $\alpha, \beta$ ) được gọi là phép biến đổi thuận. Còn phép biến đổi từ 2 pha thành 3 pha được gọi là phép biến đổi ngược.

Đơn giản hơn, khi chiếu  $i_s$  lên một hệ trục xy bất kỳ quay với tốc độ  $\omega_k$ :

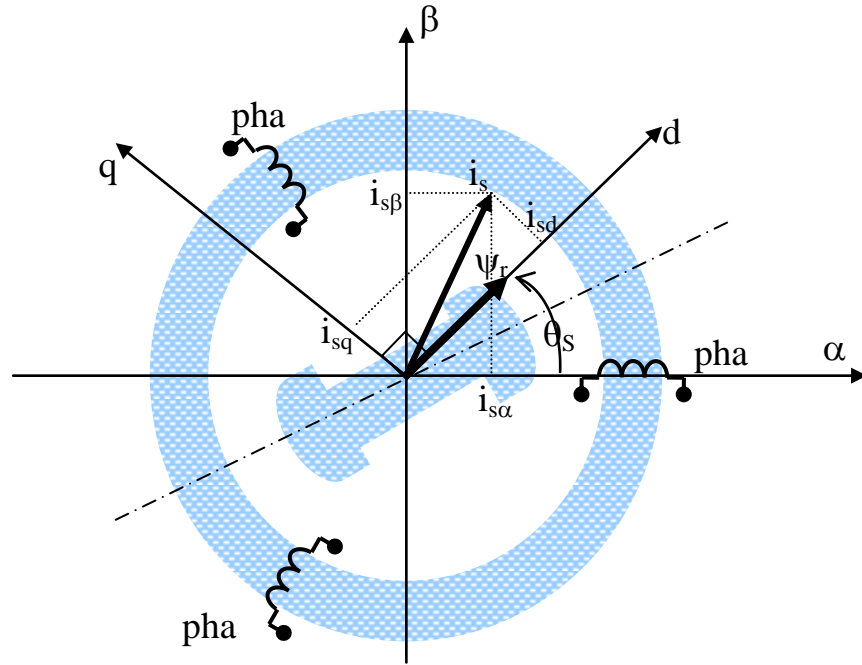
$$\theta_k = \theta_0 + \omega_k t$$

. Nếu  $\omega_k=0, \theta_0=0$  :đó là phép biến đổi với hệ trục  $\alpha, \beta$  (biến đổi tĩnh)

. Nếu  $\omega_k=\omega_1, \theta_0$  tự chọn bất kỳ (để đơn giản một phương trình cho x trùng  $\psi_r$  để  $\psi_{ry}=0$ ): phép biến đổi d,q.

. Nếu  $\omega_k= \omega_1 - \omega = \omega_r$  : hệ toạ độ cố định  $\alpha,\beta$  đối với rôto (ít dùng).

Các hệ toạ độ được mô tả như sau:



**Hình 2.1:** Các đại lượng  $i_s$ ,  $\psi_r$  của động cơ trên các hệ toạ độ  
 Các phương trình chuyển đổi hệ toạ độ:

a,b,c  $\rightarrow$   $\alpha\beta$ :

$$i_{s\alpha} = i_a$$

$$i_{s\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}}(i_a + 2i_b)$$

$\alpha\beta \rightarrow$  d,q

$$i_{sd} = i_{s\alpha}\cos\theta + i_{s\beta}\sin\theta$$

$$i_{sq} = i_{s\beta}\cos\theta - i_{s\alpha}\sin\theta$$

$\alpha\beta \rightarrow$  a,b,c:

$$i_a = i_{s\alpha}$$

$$i_b = \frac{1}{2}(-i_{s\alpha} + \sqrt{3}i_{s\beta})$$

$$i_c = \frac{1}{2}(-i_{s\alpha} - \sqrt{3}i_{s\beta})$$

d,q  $\rightarrow$   $\alpha\beta$

$$i_{s\alpha} = i_{sd}\cos\theta - i_{sq}\sin\theta$$

$$i_{s\beta} = i_{sd}\sin\theta + i_{sq}\cos\theta$$

### 2.3.2. Sơ đồ khối động cơ dị bộ.

#### Phương trình trạng thái tính trên hệ tọa độ cố định $\alpha\beta$

Phương trình điện áp stato giữ nguyên, còn phương trình điện áp rôto có thay đổi do rôto quay với tốc độ  $\omega$  so với stato nên có thể nói hệ tọa độ  $\alpha\beta$  quay tương đối với rôto tốc độ  $-\omega$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{u}_s^s = R_s \cdot \overline{i}_s^s + d \frac{\overline{\Psi}_s^s}{dt} \\ 0 = R_r \cdot \overline{i}_r^s + d \frac{\overline{\Psi}_r^s}{dt} - j\omega \overline{\Psi}_r^s \\ \overline{\Psi}_s^s = \overline{i}_s^s L_s + \overline{i}_r^s L_m \\ \overline{\Psi}_r^s = \overline{i}_s^s L_m + \overline{i}_r^s L_r \end{array} \right. \quad (2-1)$$

Từ các phương trình vec tơ của động ĐCXCBP ta xây dựng được phương trình toan mô tả trên hệ tọa độ

$$\begin{aligned} \frac{di_{s\alpha}}{dt} &= -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right)i_{s\alpha} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r L_m} \omega \psi_{r\alpha} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \psi_{r\beta} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{s\alpha} \\ \frac{di_{s\beta}}{dt} &= -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right)i_{s\beta} - \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \omega \psi_{r\alpha} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r L_m} \psi_{r\beta} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{s\beta} \\ \frac{d\psi_{r\alpha}}{dt} &= \frac{L_m}{T_r} i_{s\alpha} - \frac{1}{T_r} \psi_{r\alpha} - \omega \psi_{r\beta} \\ \frac{d\psi_{r\beta}}{dt} &= \frac{L_m}{T_r} i_{s\beta} + \omega \psi_{r\alpha} - \frac{1}{T_r} \psi_{r\beta} \end{aligned} \quad (2-2)$$

Ngoài ra ta cũng có phương trình momen như sau:

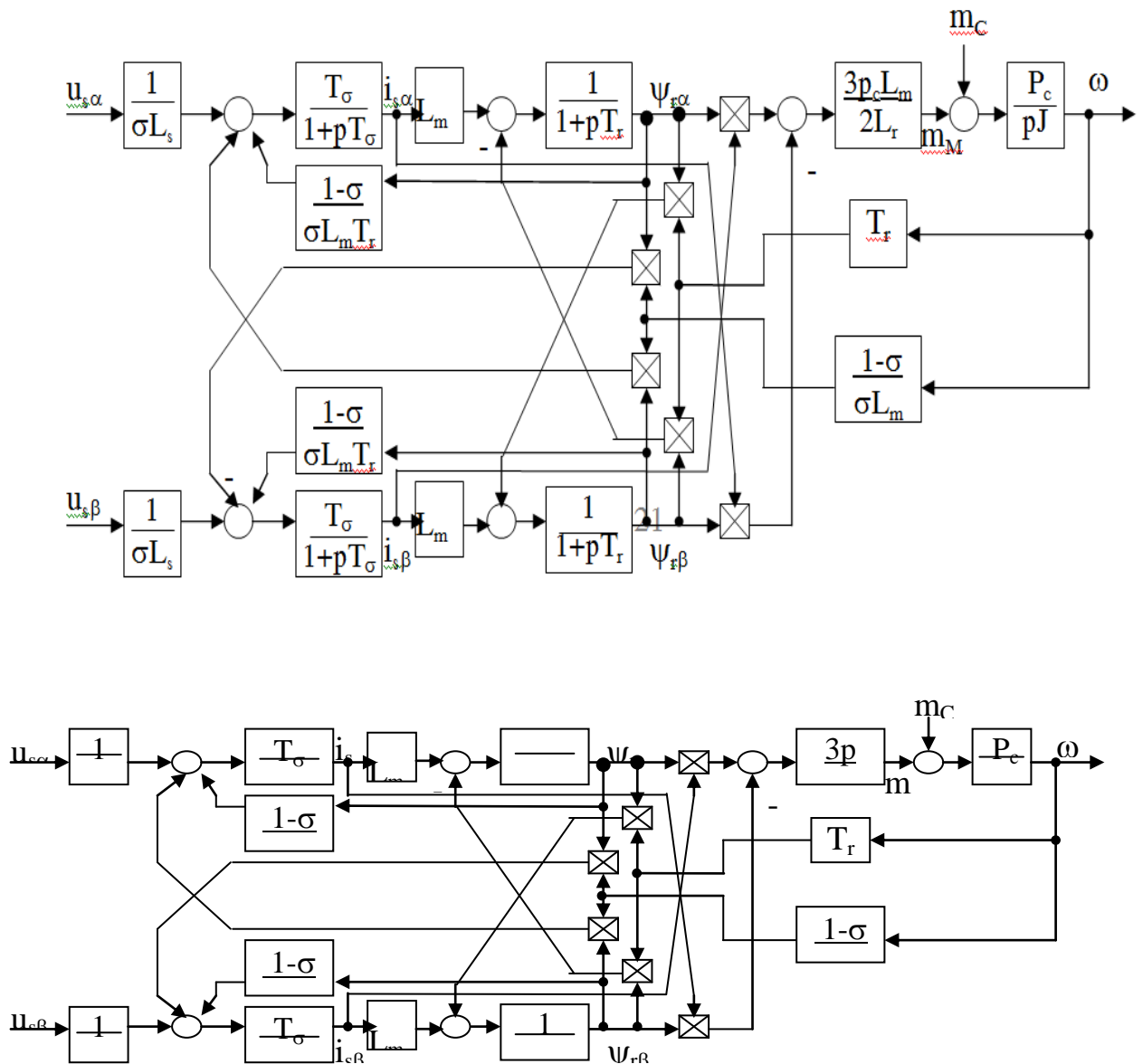
$$m_M = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \frac{L_m}{L_r} (\psi_{r\alpha} i_{s\beta} - \psi_{r\beta} i_{s\alpha})$$

Từ hệ phương trình (2-1) và phương trình (2-2) ta có công thức mô tả động cơ không đồng bộ trên hệ tọa độ  $\alpha\beta$ , trong đó thay  $T_\sigma$  theo công thức:

$$\frac{1}{T_\sigma} = \frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}$$

$$\begin{cases} (p + \frac{1}{T_\sigma})i_{s\alpha} = \frac{1-\sigma}{\sigma T_r L_m} \omega \psi_{r\alpha} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \psi_{r\beta} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{s\alpha} \\ (p + \frac{1}{T_\sigma})i_{s\beta} = -\frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \omega \psi_{r\alpha} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m T_r} \psi_{r\beta} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{s\beta} \\ (1 + T_r p) \psi_{r\alpha} = L_m i_{s\alpha} - T_r \omega \psi_{r\beta} \\ (1 + T_r p) \psi_{r\beta} = L_m i_{s\beta} + T_r \omega \psi_{r\alpha} \end{cases} \quad (2-3)$$

Từ (2-3) ta lập được mô hình điện cơ của động cơ không đồng bộ trên hệ tọa độ  $\alpha\beta$  như sau:



**Hình 2.15:** Mô hình động cơ trên hệ tọa độ cố định  $\alpha\beta$

### 2.3.2.1. Phương trình trạng thái trên hệ tọa độ tựa theo từ thông rôto dq

Tương tự như trên, khi chiếu trên hệ tọa độ này thì các phương trình từ thông vẫn không đổi, chỉ có các phương trình điện áp thay đổi như sau:

- Tọa độ từ thông rôto quay tốc độ  $\omega_s$  so với stato.
- Hệ tọa độ chuyển động vượt trước so với rôto một tốc độ góc  $\omega_r = \omega_s - \omega$ .

Từ đó ta thu được hệ phương trình :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{u}_s^f = R_s \bar{i}_s^f + \frac{d\bar{\psi}_r^f}{dt} + j\omega_s \bar{\psi}_r^f \\ 0 = R_r \bar{i}_r^f + \frac{d\bar{\psi}_r^f}{dt} + j\omega_r \bar{\psi}_r^f \\ \bar{\psi}_r^f = \bar{i}_s^f L_s + \bar{i}_r^f L_m \\ \bar{\psi}_r^f = \bar{i}_s^f L_m + \bar{i}_r^f L_r \end{array} \right. \quad (2-4)$$

Tìm cách loại bỏ  $\bar{i}_r^f$  và  $\bar{\psi}_r^f$  : từ (2-4) có

$$\begin{aligned} \bar{i}_r^f &= \frac{1}{L_r} (\bar{\psi}_r^f - \bar{i}_s^f L_m) \\ \bar{\psi}_r^f &= \bar{i}_s^f L_s + \frac{L_m}{L_r} (\bar{\psi}_r^f - \bar{i}_s^f L_m) \end{aligned} \quad (2-5)$$

Thế trở lại phương trình thứ 3 và 4 của (2-4) ta được phương trình :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\bar{i}_{sd}}{dt} = -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right)\bar{i}_{sd} + \omega_s \bar{i}_{sq} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m T_r} \bar{\psi}_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \omega \bar{\psi}_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sd} \\ \frac{d\bar{i}_{sq}}{dt} = -\omega_s \bar{i}_{sd} - \left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right)\bar{i}_{sq} - \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \omega \bar{\psi}_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m T_r} \bar{\psi}_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sq} \\ \frac{d\bar{\psi}_{rd}}{dt} = \frac{L_m}{T_r} \bar{i}_{sd} - \frac{1}{T_r} \bar{\psi}_{rd} + \omega_r \bar{\psi}_{rq} \\ \frac{d\bar{\psi}_{rq}}{dt} = \frac{L_m}{T_r} \bar{i}_{sq} - \omega_r \bar{\psi}_{rd} - \frac{1}{T_r} \bar{\psi}_{rq} \end{array} \right. \quad (2-6)$$

Biến đổi tiếp hệ (2-6) với điều kiện chọn trục d trùng với vectơ  $\bar{\psi}_r$  , tức là

$$\bar{\psi}_{rq} = 0:$$

$$\begin{cases} \left( \frac{1}{T_\sigma} + p \right) i_{sd} = \omega_s i_{sq} + \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \psi_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sd} \\ \left( \frac{1}{T_\sigma} + p \right) i_{sq} = -\omega_s i_{sd} - \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} \omega \psi_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sq} \\ (1 + T_r p) \psi_{rd} = L_m i_{sd} \\ \omega = \frac{\frac{L_m}{T_r} i_{sq}}{\psi_{rd}} \end{cases} \quad (2-7)$$

Thay  $T_\sigma$  theo công thức:  $\frac{1}{T_\sigma} = \frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}$

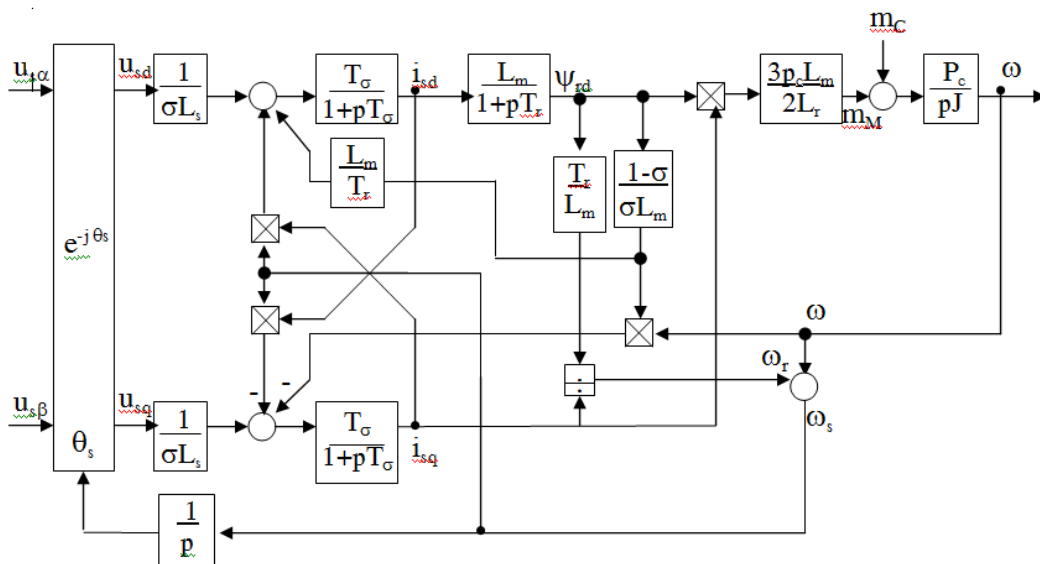
Tương tự như trên toạ độ  $\alpha\beta$  ta cũng có phương trình mômen cho toạ độ dq:

$$m_M = \frac{3}{2} \cdot p_c \cdot \frac{L_m}{L_r} (\overline{\psi_r^f} \wedge \overline{i_s^f})$$

Thay đại lượng vectơ bằng các phần tử của nó :  $i_s^f = i_{sd} + j i_{sq}$  và  $\psi_s^f = \psi_{sd} + j \psi_{sq}$  ta có:

$$m_M = \frac{3}{2} \cdot p_c \cdot \frac{L_m}{L_r} \psi_{rd} i_{sq}$$

Từ (2-7) và (2-8) ta vẽ được sơ đồ toán học của động cơ trên hệ toạ độ từ thông rôto dq:



**Hình 2.16:** Mô hình động cơ trên hệ toạ độ cố định dq

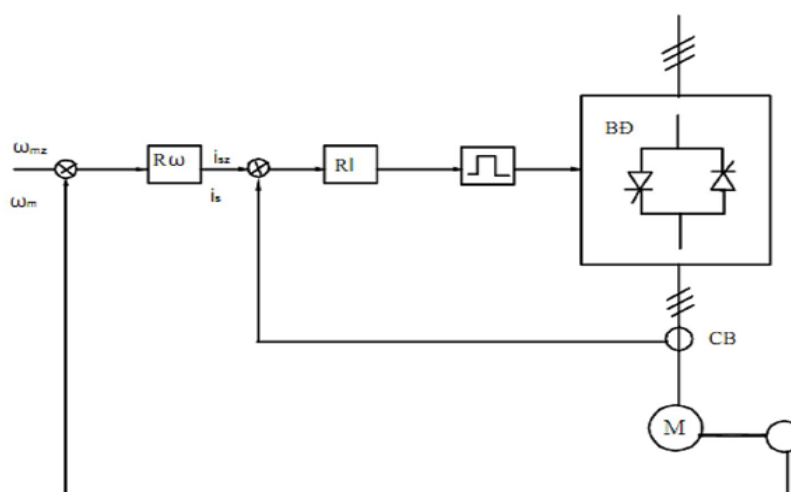
## CHƯƠNG 3.

### TỔNG HỢP HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ DỊ BỘ ROTOR LỒNG SÓC THAY ĐỔI BẰNG ĐIỆN ÁP

#### 3.1: Sơ đồ tổng quát điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp.

Để thay đổi điện áp nguồn cung cấp sử dụng chủ yếu là các bộ điều chỉnh điện áp bán dẫn.

Với tần số và tốc độ động cơ không đổi thì mô men tỉ lệ với bình phương điện áp stato. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp có đặc tính cơ đều xuất phát từ giá trị tốc độ không tải lý tưởng, đặc tính cơ mềm, nên phạm vi điều chỉnh hẹp, để hệ thống làm việc tốt phải làm việc ở hệ thống kín.



**Hình 3.1:** Sơ đồ tổng quát điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp.

Hệ thống truyền động xoay chiều bằng thay đổi điện áp gồm 2 vòng điều khiển là vòng điều chỉnh tốc độ với bộ điều tốc  $R_\omega$  và vòng điều chỉnh dòng điện với bộ điều chỉnh dòng điện  $R_I$ . Hoạt động của hệ thống như sau: tốc độ chuẩn được so sánh với tốc độ thực tại lối vào bộ điều tốc. Sai số tốc độ sẽ xác định dòng chuẩn stator được so sánh với dòng thực đo được bằng cảm biến CB, sai số dòng điện điều khiển bộ điều chỉnh dòng điện  $R_I$ , tín hiệu

ra của bộ điều chỉnh dòng điện sẽ điều chỉnh bộ phát xung mở các tiristor của bộ điều chỉnh điện áp. Do 2 bộ điều tốc mắc nối tiếp nhau nên chúng đều là loại PI.

Tổng hợp chính xác mạch vòng dòng điện stator gặp nhiều khó khăn thông số của đối tượng như tổng trở động cơ, hằng số thời gian điện từ biến thiên nhanh theo thời gian. Nếu coi khe hở không khí của động cơ là đều, sự biến thiên của tải được phản ánh ở điện trở tương đương trong mạch roto và cuộn dây.

Với tần số và tốc độ động cơ không đổi thì momen tỷ lệ với bình phương điện áp stator. Việc điều chỉnh điện áp stator là không triệt để do mọi đặc tính đều đi qua điểm không tải lý tưởng, tổn thất công suất trượt động cơ tăng lên nếu giảm tốc độ quay của roto.

$$\Delta P_r = M_c (\omega_0 - \omega) = P_\omega \frac{1}{1-s}$$

Nếu đặc tính cơ của tải có dạng:

$$M_c = M_{cdm} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^x$$

Tức là động cơ có độ trượt định mức nhỏ thì khi điều chỉnh tổn thất sẽ là:

$$\Delta P_r = M_{cdm} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^x \omega_0 \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)$$

Giá trị cực đại của tổn thất công suất:

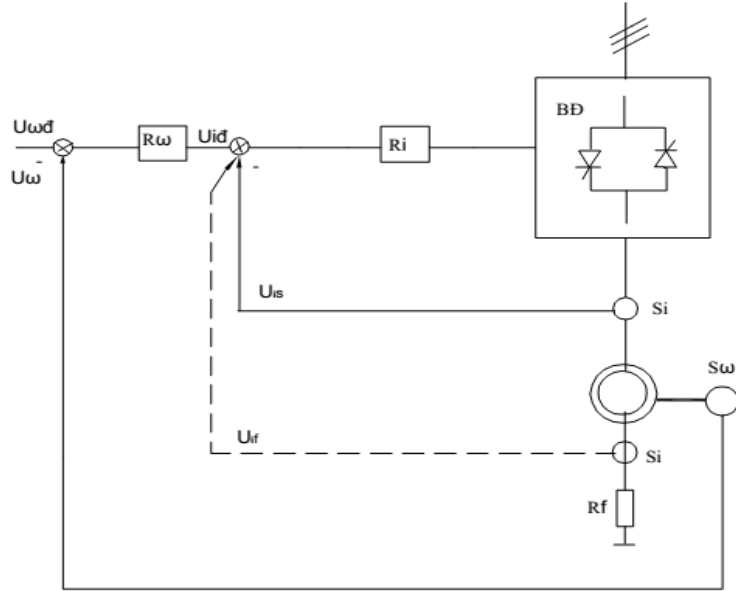
$$\Delta P_{\max} = M_{cdm} \omega_0 \approx P_{dm}$$

Lập tỷ số:

$$\frac{\Delta P_r}{\Delta P_{r\max}} = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^x \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)$$

Truyền động điện điều chỉnh điện áp sator động cơ dị bộ chỉ phù hợp cho tải có đặc tính momen tỷ lệ với tốc độ. Cấu trúc của một hệ thống điều chỉnh điện áp như sau:





**Hình 3.2:** Cấu trúc hệ thống truyền động điện điều chỉnh điện áp động cơ không đồng bộ roto lồng sóc.

### 3.2. Tổng hợp mạch vòng dòng điện.

Hệ phương trình mô tả động cơ hết sức phức tạp và có độ phi tuyến cao dẫn đến khó tổng hợp các bộ điều khiển cho động cơ theo phương pháp thông thường. Do đó, trước hết ta tiến hành tuyến tính hóa hệ thống quanh điểm làm việc. Đây là một phương pháp đơn giản, dễ thực hiện và đạt hiệu quả trong việc tổng hợp tham số hệ thống. Trước hết, ta chuyển hệ phương trình về

miền Laplace và thay  $\psi_{rq} = 0$  và  $\frac{d\psi'_{rq}}{dt} = 0$ , ta được:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1+T_{\sigma}s}{T_{\sigma}} \right) I_{sd}(s) = w_s I_{sq}(s) + \frac{1-\sigma}{\sigma} \psi'_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sd}(s) \\ \left( \frac{1+T_{\sigma}s}{T_{\sigma}} \right) I_{sq}(s) = w_s I_{sq}(s) + \frac{1-\sigma}{\sigma} \psi'_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sq}(s) \\ \left( \frac{1+T_{\sigma}s}{T_{\sigma}} \right) \psi'_{rd}(s) = \frac{1}{T_r} I_{sd}(s) \\ \frac{1}{T_r} I_{sq}(s) = (w_s - w_r) \psi'_{rd}(s) \end{array} \right. \quad (3.1)$$

$$\text{Với } T_{\sigma} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma T_r} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}}$$

### 3.2.1. Tổng hợp bộ điều chỉnh Risq.

$$\begin{aligned} I_{sd}(s) &= (1 + sT_r)\psi'_{rd}(s) \\ w_s &= w_r + \frac{I_{sq}(s)}{T_r\psi'_{rd}(s)} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Thay(3.2) vào phương trình 1 và 2 của (3.1) ta thu được thành phần dòng  $i_{sq}$  như sau:

$$\left( \frac{1+T_{\sigma}s}{T_{\sigma}} + \frac{1+T_r s}{T_r} \right) I_{sq}(s) = w_r \psi'_{rd}(s) \left( \frac{1-\sigma}{\sigma} + 1 + T_r s \right) + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sq}(s)$$

Loại bỏ tín hiệu phản hồi tốc độ như vậy ta có hàm truyền giữa dòng  $I_{sq}$  và điện áp  $U_{sq}$  như sau:

$$\frac{I_{sq}}{U_{sq}} = \frac{T_r T_{\sigma}}{T_r + T_{\sigma} + 2T_r T_{\sigma} s} \cdot \frac{1}{\sigma L_s} = \frac{K_1}{1 + T_1 s}$$

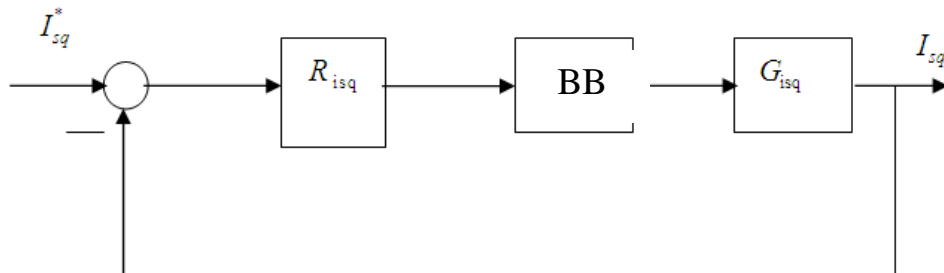
Với:

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{T_r T_{\sigma}}{\sigma L_s (T_r + T_{\sigma})} \\ T_1 &= \frac{2T_r T_{\sigma}}{T_r + T_{\sigma}} \end{aligned}$$

Như vậy hàm truyền giữa dòng  $I_{sq}$  và điện áp  $U_{sq}$  có dạng:

$$G_{isq} = \frac{K_1}{1 + T_1 s}$$

Ta có sơ đồ cấu trúc mạch vòng dòng điện như sau:



**Hình3.3:** Cấu trúc điều khiển mạch vòng dòng điện  $I_{sq}$

Bộ biến đổi ở đây là một bộ điều áp và có thể coi hàm truyền là một khâu quán tính như sau:  $G_{BBĐ} = \frac{K_{ĐA}}{1+T_{ĐA}s}$

Hàm truyền hệ hở của hệ thống:

$$G_0(s) = R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq}$$

Hàm truyền hệ kín có dạng:

$$F(s) = \frac{G_0 \cdot s}{1 + G_0 \cdot s}$$

Thay vào ta được:

$$F(s) = \frac{G_0 \cdot s}{1 + G_0 \cdot s} = \frac{R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq}}{1 + R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq}}$$

Sử dụng tiêu chuẩn tối ưu modul để tổng hợp bộ điều khiển. Khi đó hàm truyền kín của hệ thống có dạng:

$$F_{MC} = \frac{1}{1 + 2\tau s + 2\tau^2 s^2}$$

Để hệ kín có hàm truyền :  $F(s) = F_{MC}(s)$

Vậy ta được:  $\frac{R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq}}{1 + R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq}} = F_{MC}(s)$

Suy ra:  $R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq} = F_{MC}(s) \cdot (1 + R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq})$

$$R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq} = F_{MC}(s) + F_{MC}(s) \cdot R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq}$$

Chuyển vế ta có:  $R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq} - F_{MC}(s) \cdot R_{isq} \cdot G_{BBĐ} \cdot G_{isq} = F_{MC}(s)$

Tách thành phần  $R_{isq} = \frac{F_{MC} \cdot s}{G_{BBĐ} \cdot G_{isq} [-F_{MC}(s) + 1]}$  (1)

Thay  $F_{MC}(s)$  vào (1) ta được:

$$R_{isq} = \frac{1}{1 + 2\tau_{\sigma} s + 2\tau_{\sigma}^2 s^2} : G_{BBĐ} \cdot G_{isq} \cdot \left[ -\frac{1}{1 + 2\tau_{\sigma} s + 2\tau_{\sigma}^2 s^2} + 1 \right] \quad (2)$$

Biến đổi phương trình (2) ta được hàm truyền bộ điều khiển .

$$\text{Ta có : } R_{\text{isq}} = \frac{1}{1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2} : G_{\text{BBĐ}}.G_{\text{isq}} \left[ \frac{-1+1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2}{1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2} \right]$$

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2} : G_{\text{BBĐ}}.G_{\text{isq}} \left[ \frac{2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2}{1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2} \right]$$

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2} \cdot \left[ \frac{1+2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2}{G_{\text{BBĐ}}.G_{\text{isq}}.(2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2)} \right]$$

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{G_{\text{BBĐ}}.G_{\text{isq}}.(2\tau_{\sigma}s+2\tau^2_{\sigma}.s^2)}$$

Ta được hàm truyền bộ điều khiển :

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{G_{\text{BBĐ}}.G_{\text{isq}}(1+\tau.s)2\tau s} \quad (3)$$

Thay hàm truyền của  $G_{\text{BBĐ}}$ ,  $G_{\text{isq}}$  vào (3) ta có :

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{\frac{K_{\text{ĐA}}}{1+T_{\text{ĐA}}.s} \cdot \frac{K_1}{1+T_1.s} \cdot (1+\tau.s)2\tau s}$$

Chọn  $\tau = T_{\text{ĐA}}$ . Ta thu được bộ điều khiển dòng  $I_{\text{sq}}$  như sau:

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{\frac{K_{\text{ĐA}}}{1+T_{\text{ĐA}}.s} \cdot \frac{K_1}{1+T_1.s} \cdot (1+T_{\text{ĐA}}.s)2T_{\text{ĐA}}s}$$

$$R_{\text{isq}} = \frac{1}{\frac{K_{\text{ĐA}}.K_1}{1+T_1.s} \cdot 2T_{\text{ĐA}}s}$$

$$R_{\text{isq}} = \frac{1+T_1.s}{2T_{\text{ĐA}}.K_1.K_{\text{ĐA}}.s}$$

### 3.2.2. Tổng hợp bộ điều chỉnh $R_{\text{isd}}$ .

Từ hệ phương trình ta có phương trình viết cho dòng  $I_{\text{sd}}$  như sau:

$$\left( \frac{(1+T_{\sigma}s)\sigma T_{\sigma}(1+T_r.s)+T_{\sigma}(1-\sigma)}{\sigma T_{\sigma}T_r(1+T_r.s)} \right) I_{\text{sd}}(s) = \frac{1}{\sigma L_s} U_{\text{sd}}(s)$$

Như vậy ta có:

$$\frac{I_{sd}(s)}{U_{sd}(s)} = \frac{1}{\sigma L_s} \cdot \frac{\sigma T_\sigma T_r (1 + T_r s)}{(1 + T_\sigma s) \sigma T_\sigma (1 + T_r s) + T_\sigma (1 - \sigma)}$$

Trong đó

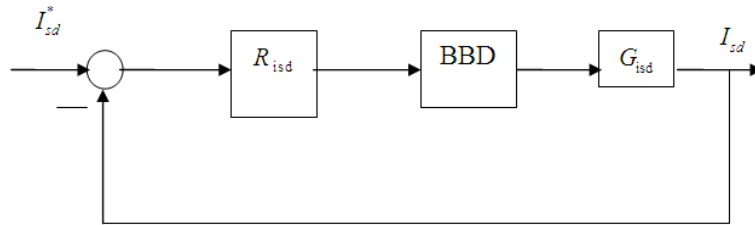
$$T_\sigma = \frac{1}{\frac{1}{\sigma T_r} + \frac{1 - \sigma}{\sigma T_r}} \ll 1 \text{ và } 1 - \sigma = \frac{L_M^2}{L_s L_r} \ll 1$$

Nên ta coi gần đúng  $T_\sigma (1 - \sigma) \approx 0$ , Khi đó ta thu được hàm truyền cho dòng Isd có dạng:

$$R_{isd} = \frac{1}{\sigma L_s} \frac{T_\sigma}{(1 + T_\sigma s)} = \frac{K_2}{(1 + T_\sigma s)}$$

Với:  $K_2 = \frac{T_\sigma}{\sigma L_s}$

Vậy cấu trúc cho dòng Isd được xây dựng như sau:



**Hình 3.4:** Cấu trúc điều khiển mạch vòng dòng điện Isd

Sử dụng tiêu chuẩn modul tối ưu với hàm truyền kín để tổng hợp bộ điều khiển dòng Isd, ta có:

$$F_{MC} = \frac{1}{1 + 2\tau s + 2\tau^2 s^2}$$

Khi đó, hàm truyền bộ điều khiển được tính theo công thức:

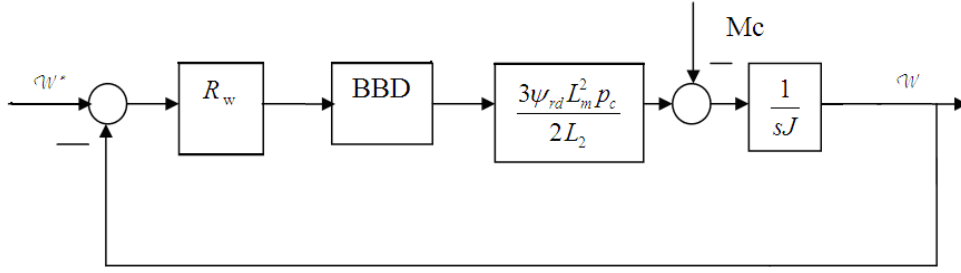
$$R_{isd} = \frac{1}{G_{BBD} G_{isd} (1 + \tau s)^2} = \frac{1}{\frac{K_{ĐA}}{1 + T_{ĐA} s} \cdot \frac{K_2}{1 + T_\sigma s} (1 + \tau s)^2}$$

Chọn  $\tau = T_\sigma$  Ta thu được bộ điều khiển dòng  $I_{sd}$  như sau:

$$R_{isd} = \frac{1 + T_\sigma s}{2T_{ĐA} K_{ĐA} K_{2s}} = \frac{T_\sigma}{2T_{ĐA} K_{ĐA} K_{2s}} \left( 1 + \frac{1}{T_\sigma s} \right)$$

### 3.3. Tổng hợp mạch vòng điều chỉnh tốc độ.

Cấu trúc mạch vòng điều khiển tốc độ động cơ di bộ như sau:



**Hình 2.2:** Cấu trúc điều khiển mạch vòng tốc độ.

Hàm truyền kín của mạch vòng dòng điện  $I_{sd}$  có dạng:

$$F_{isd} = \frac{1}{1 + 2T_{ĐA} \cdot s + 2T^2 \cdot \sigma \cdot s^2}$$

Để đơn giản ta bỏ qua thành phần bậc cao, khi đó hàm truyền có dạng:

$$F_{isd} = \frac{1}{1 + 2T_{ĐA} \cdot s}$$

Từ sơ đồ cấu trúc ta có hàm truyền đối tượng của mạch vòng điều khiển tốc độ như sau:

$$S_{\omega} = \frac{1}{1 + 2T_{ĐA} \cdot s} \cdot \frac{3L_m^2}{2L_r} p_c \cdot \frac{1}{J_s}$$

Để mạch điều khiển tốc độ có vô sai cấp 2, ta sử dụng tiêu chuẩn tối ưu modul đối xứng, ta có hàm truyền kín như sau:

$$F_{DX} = \frac{1 + 4\tau s}{1 + 4\tau s + 8\tau^2 s^2 + 8\tau^3 s^3}$$

Khi đó hàm truyền bộ điều khiển được tính như sau:

$$R_w = \frac{1 + 4\tau s}{S_{\omega} (1 + \tau s) 8\tau^2 s^2} = \frac{1 + 4\tau s}{\frac{1}{1 + 2T_{NL} s} \cdot \frac{3L_m^2}{2L_r} p_c \cdot \frac{1}{J_s} \cdot (1 + \tau s) 8\tau^2 s^2}$$

Chọn  $\tau = 2T_{ĐA}$  và rút gọn ta được hàm truyền bộ điều khiển tốc độ như sau:

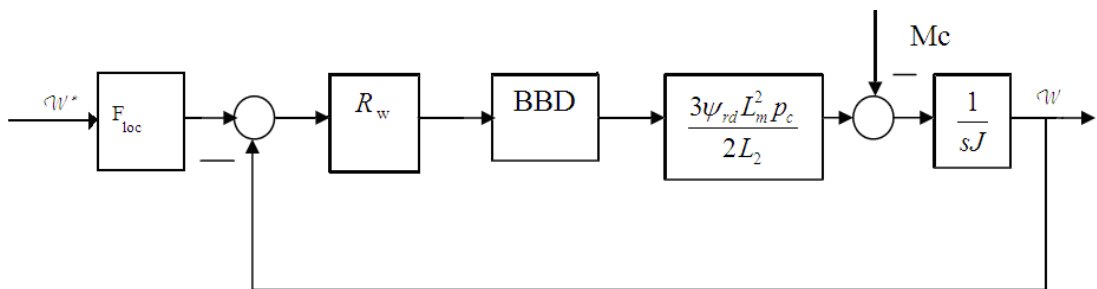
$$R_{\omega} = \frac{1 + 8T_{ĐA} s}{\frac{3L_m^2}{2L_r} p_c \cdot \frac{1}{J_s} \cdot 32T_{ĐA}^2 s} = \frac{1}{6 \frac{L_m^2}{L_r} p_c \cdot \frac{1}{J_s} \cdot 32T_{ĐA}} \left( 1 + \frac{1}{8T_{ĐA} s} \right)$$

$$R_{\omega} = K_{\omega} \left( 1 + \frac{1}{T_{\omega} s} \right)$$

Với  $T_{\omega} = 8T_{DA}$

Khi tổng hợp theo tiêu chuẩn modul tối ưu đối xứng thì có khả năng gây nên độ quá điều chỉnh không mong muốn. Vì vậy, ta sẽ thêm vào một bộ lọc vào trước mạch vòng điều khiển tốc độ. Tùy theo độ quá điều chỉnh và thời gian tác động nhanh mà ta sẽ chọn giá trị cho hằng số thời gian của bộ lọc:

$$F_{loc} = \frac{1}{1 + T_{\delta} s}$$



**Hình 3.5:** Cấu trúc mạch vòng tốc độ khi có thêm bộ lọc

### 3.4: Tính toán hàm truyền hệ thống

Động cơ có thông số như sau:

- Điện áp nguồn cấp cho động cơ  $U=380V$
- Công suất động cơ  $P=10Kw$
- Tần số  $f=50Hz$
- Tốc độ quay định mức  $n=1440$  vòng/phút
- Số cặp cực từ  $p=2$
- $J=0.0343$

$$L_s = 0.0329$$

$$L_r = 0.0329$$

$$L_m = 0.0082$$

$$R_s = 0.7384(\Omega)$$

$$R_r = 0.7402(\Omega)$$

### 3.4.1. Tính toán hàm truyền hệ hở

Ta có hàm truyền của mạch lọc stator:

$$S_{01}(p) = \frac{1}{R + p.L}$$

Trong đó:

$$R = R_f + 2R_s$$

$$L = L_f + 2L_{s\sigma}$$

$$\text{Với: } L_{s\sigma} = L_s - L_m = 0,0329 - 0,0082 = 0,027$$

$R_f$  và  $L_f$  là các giá trị điện trở và điện cảm của mạch lọc. Mạch lọc có chức năng lọc điện áp sau bộ biến đổi làm cho dạng điện áp sau bộ biến đổi có dạng gần hình sin. Điều này làm cho động cơ làm việc tốt hơn trong dải điện áp đã định. Các giá trị  $R_f$  và  $L_f$  theo kinh nghiệm có thể chọn:

$$\tau = \frac{L_f}{R_f} = 0.005(s)$$

Do đó ta có thể chọn được giá trị của các đại lượng như sau:

$$L_f = 0,25(H).$$

Suy ra  $R_f = 50(\Omega)$ . Như vậy:

$$R = R_f + 2R_s = 50 + 2 \cdot 0,7384 = 51,4768(\Omega)$$

$$L = L_f + 2L_{s\sigma} = 0,25 + 2 \cdot 0,027 = 0,304(H)$$

Suy ra:



$$S_{01}(p) = \frac{1}{R + p.L} = \frac{1}{R(1 + T.p)} = \frac{1}{51,4768(1 + 0.0059p)}$$

Với  $T = L/R = 0.0059$

- Bộ biến đổi có hàm truyền gần đúng:

$$G_{\text{BBD}} = \frac{K_{\text{ĐA}}}{1 + T_{\text{ĐA}}s}$$

$$\text{Trong đó: } 2T_{\text{ĐA}} = T_{vo} = \frac{1}{12} \cdot T_n$$

$$T_n \text{ - chu kỳ điện áp nguồn; } T_n = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02$$

$T_{vo}$  - thời gian trễ thống kê của bộ biến đổi. Coi  $T_{vo} = 0$

$$\text{Suy ra: } T_{\text{ĐA}} = 0.00084$$

$$\text{Hệ số } K_{\text{ĐA}} \text{ được xác định: } K_{\text{ĐA}} = \frac{U_d}{U_{\text{đk}}}$$

Trong đó:  $U_d$  là điện áp đặt vào động cơ (điện áp đầu ra của bộ điều áp) (380V).

$U_{\text{đk}}$  là điện áp điều khiển (10V).

$$K_{\text{ĐA}} = \frac{380}{10} = 38$$

Hàm truyền của BBD:

$$G_{\text{BBD}} = \frac{K_{\text{ĐA}}}{1 + T_{\text{ĐA}}s} = \frac{38}{1 + 0.00084s}$$

- Bộ điều chỉnh dòng điện  $R_{\text{isq}}$ :  $R_{\text{isq}} = \frac{1 + T_1 \cdot s}{2T_{\text{ĐA}} \cdot K_1 K_{\text{ĐA}} \cdot s}$

Ta có:

$$K_1 = \frac{T_r T_\sigma}{\sigma L_s (T_r + T_\sigma)}$$

$$T_1 = \frac{2T_r T_\sigma}{T_r + T_\sigma}$$

Ta có hệ số tiêu tán:  $\sigma = 1 - L_m^2 / (L_r \cdot L_s) = 0.94$

Hằng số thời gian roto:  $T_r = L_r / R_r = 0.0329 / 0.7402 = 0.0444$

$T\sigma = 0.00377$

Thay vào ta tìm được  $K_1 = 0.0114$ ,  $T_1 = 0.007$

Thay các thông số vào bộ điều chỉnh Risq ta được :

$$R_{isq} = \frac{1 + T_1 \cdot s}{2T_{\Delta A} \cdot K_1 K_{\Delta A} \cdot s} = \frac{1 + 0,007 \cdot s}{2,0,00084 \cdot 0,0114 \cdot 38 \cdot s} = \frac{1 + 0,007 \cdot s}{0,00073 \cdot s}$$

• Bộ điều chỉnh dòng  $i_{sd} = \frac{1 + T_\sigma s}{2T_{\Delta A} K_{\Delta A} K_2 \cdot s}$

Với  $K_2 = \frac{T_\sigma}{\sigma L_s} = \frac{0,00377}{0,94 \cdot 0,0329} = 0,122$

Thay vào ta được:  $i_{sd} = \frac{1 + T_\sigma s}{2T_{\Delta A} K_{\Delta A} K_2 \cdot s} = \frac{1 + 0,0377s}{2,0,00084 \cdot 38 \cdot 0,122 \cdot s} = \frac{1 + 0,0377s}{0,0078 \cdot s}$

### 3.4.2. Giới thiệu về phần mềm matlab.

Như chúng ta đã biết phương pháp mô phỏng được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau. Có rất nhiều phần mềm chuyên dụng được phát triển cho mô hình hoá và mô phỏng như Simnon, 20Sim, Alaska, Pspice, Sigma v.v... Một trong những phần mềm được ứng dụng rộng rãi nhất hiện nay là Matlab .

MATLAB được phát triển bởi Công ty Math Works Inc., là ngôn ngữ máy tính bậc cao được phát triển cho tính toán kỹ thuật. Nó tích hợp các chức năng tính toán, hiển thị và lập trình trong môi trường dễ sử dụng. Các ứng dụng cơ bản của MatLab bao gồm :

- Làm các phép toán
- Phát triển thuật toán
- Thu nhập dữ liệu
- Mô hình hoá, mô phỏng và toạ mẫu
- Phân tích dữ liệu, khai thác và hiển thị
- Đồ họa

- Các phát triển ứng dụng

MATLAB là hệ thống tương tác trong đó dữ liệu cơ bản là mảng không yêu cầu định trước kích thước. Các chuyên ngành kỹ thuật như điện, điện tử, điều khiển tự động, kỹ thuật cơ khí, năng lượng, hoá học..., các chuyên ngành toán ứng dụng như thiết kế, thống kê và chuyên ngành nghiên cứu sinh học là những địa chỉ quen thuộc của MatLab. Trong công nghiệp, MatLab là công cụ để chọn các nghiên cứu hiệu quả, phát triển và phân tích. MatLab cho phép người sử dụng một ngôn ngữ cao cấp tương tự như C++ , được gọi là m-code. MatLab có hàng trăm công cụ chức năng được xây dựng có thể sử dụng vào hầu hết các ứng dụng kỹ thuật trong nhiều lĩnh vực trong công nghiệp, trong lý thuyết điều khiển. Các lĩnh vực này bao gồm trong toán học, video, hình ảnh thu nhận và xử lý, thiết kế RF, mô phỏng và nhiều hơn thế nữa.

Thư viện toán học của MatLab bao gồm một tập lớn các giải thuật tính toán bao hàm từ các hàm cơ sở, các tính toán cho số phức tới các hàm phức tạp hơn như đảo ma trận, biến đổi Fourier. Ngoài ra, MatLab còn cung cấp một số khối chuyên dụng đặc biệt để giải các bài toán chuyên sâu được phát triển trong các Toolbox và Blockset như sau :

<b>Fuzzy logic Toolbox</b>	Logic mờ
<b>Neural Network Blockset</b>	Mạng Noron
<b>Power System Blockset</b>	Các hệ thống công suất
<b>Realtime Workshop</b>	Ghép nối với thiết bị ngoại vi
<b>Simmechanics</b>	Mô phỏng các hệ động lực học

...

Ngoài ra, MatLab có những chức năng bậc cao cho hiển thị dữ liệu hai chiều, ba chiều, xử lý ảnh, đồ họa hình và biểu diễn đồ họa.

SIMULINK là môi trường mô phỏng dựa trên nền MatLab và là công cụ dùng cho thiết kế trên cơ sở mô hình. Người sử dụng có thể sử dụng mô hình từ các khối chức năng trong thư viện của Simulink hoặc tạo riêng các

khối chuyên dụng thông qua S-functions. Các mô hình trên Simulink có thể tạo dạng phân cấp, người sử dụng có thể xây dựng mô hình theo chiều từ tổng quan đến chi tiết hoặc ngược lại. Sau khi tạo lập mô hình, ta có thể chạy mô phỏng từ cửa sổ lệnh của MatLab hoặc từ các Menu trong bản thân Simulink và quan sát kết quả mô phỏng trên các khối hiện thị một cách online. Mặt khác, kết quả của chương trình mô phỏng trên Simulink có thể được dựa vào Workspace của MatLab để quan sát và hậu xử lý.

MatLab – Simulink là một phần mềm dùng để giải các bài toán kỹ sư trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Simulink được ứng dụng để mô phỏng các hệ thống động học bao gồm các hệ thống tuyến tính, phi tuyến, liên tục, gián đoạn và kết hợp liên tục – gián đoạn. Simulink sử dụng giao diện đồ họa để xây dựng mô hình gồm các khối sử dụng thao tác “nhấn và kéo”. Điều này cho phép người sử dụng không phải lập trình các phương trình vi phân và sai phân thường được phức tạp hoá. Các khối chức năng cơ bản của Simulink bao gồm :

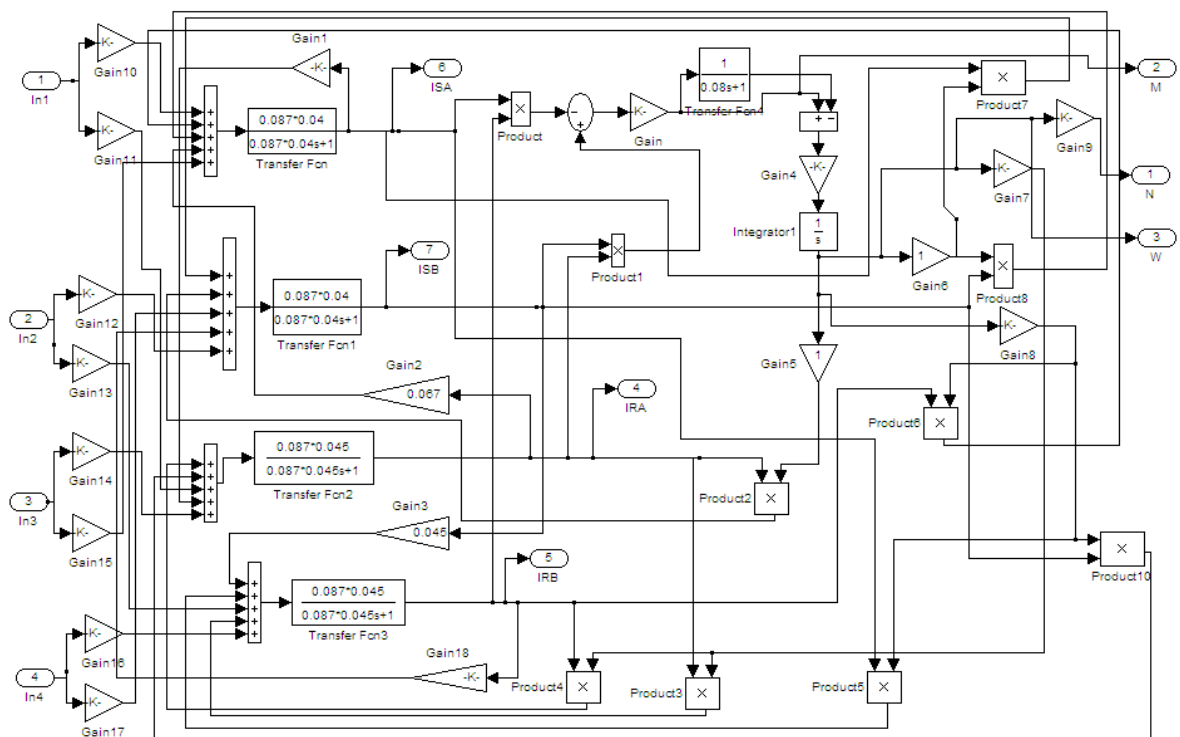
<b>Sources</b>	Thư viện nguồn tín hiệu
<b>Sinks</b>	Thư viện các khối nhận tín hiệu
<b>Nonlinear</b>	Thư viện các hàm phi tuyến
<b>Connections</b>	Thư viện các đầu nối
<b>Continuos</b>	Thư viện các khối liên tục
<b>Discret</b>	Thư viện các khối gián đoạn
<b>Signals &amp; Systems</b>	Tín hiệu và hệ thống
<b>Math</b>	Các phép toán

Ngoài ra, người sử dụng có thể tạo ra các khối riêng của mình và bổ sung vào thư viện. Các mô hình xây dựng trên Simulink được phân cấp, người dùng có thể quan sát hệ thống ở mức tổng quan, vừa có thể đạt được mức độ cụ thể bằng cách nhấp kép vào từng khối để xem xét chi tiết mô hình của từng khối. Các thông số của các khối có thể được thay đổi trực tiếp hoặc khai báo lại theo chương trình trong từng lần chạy thử mô hình.

Ứng dụng của MatLab – Simulink trong mô phỏng và khảo sát các hệ thống điện cơ. Trong các hệ thống truyền động tự động thường có yêu cầu về điều chỉnh dòng điện và tốc độ. Việc tổng hợp các mạch vòng điều chỉnh dòng điện và tốc độ được thực hiện nhờ việc áp dụng các tiêu chuẩn tối ưu môđun hoặc môđun đối xứng. Trên cơ sở cấu trúc các bộ điều chỉnh tổng hợp được, chúng ta có thể tiến hành khảo sát các đặc tính của hệ thống trên MatLab – Simulink.

Thư viện Simulink tích hợp các công cụ chuyên dụng phục vụ cho quá trình thực hiện điều khiển số như Real – Timer Workshop, công cụ vi xử lý tín hiệu số Target for TI C2000. Chức năng chính của họ vi xử lý DSP C2000 bao gồm : I/O, PWM, CAN, QEP.

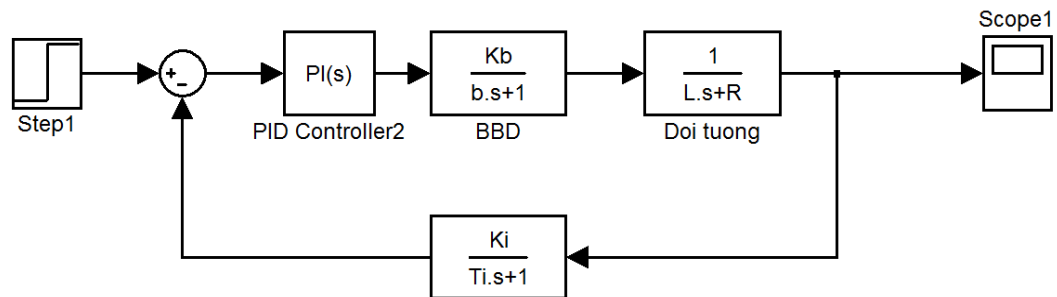
#### **.4.3. Mô phỏng động cơ không đồng bộ roto lồng sóc trên simulink.**



**Hình 3.7:** Mô hình máy điện trên hệ tọa độ  $\alpha\beta$

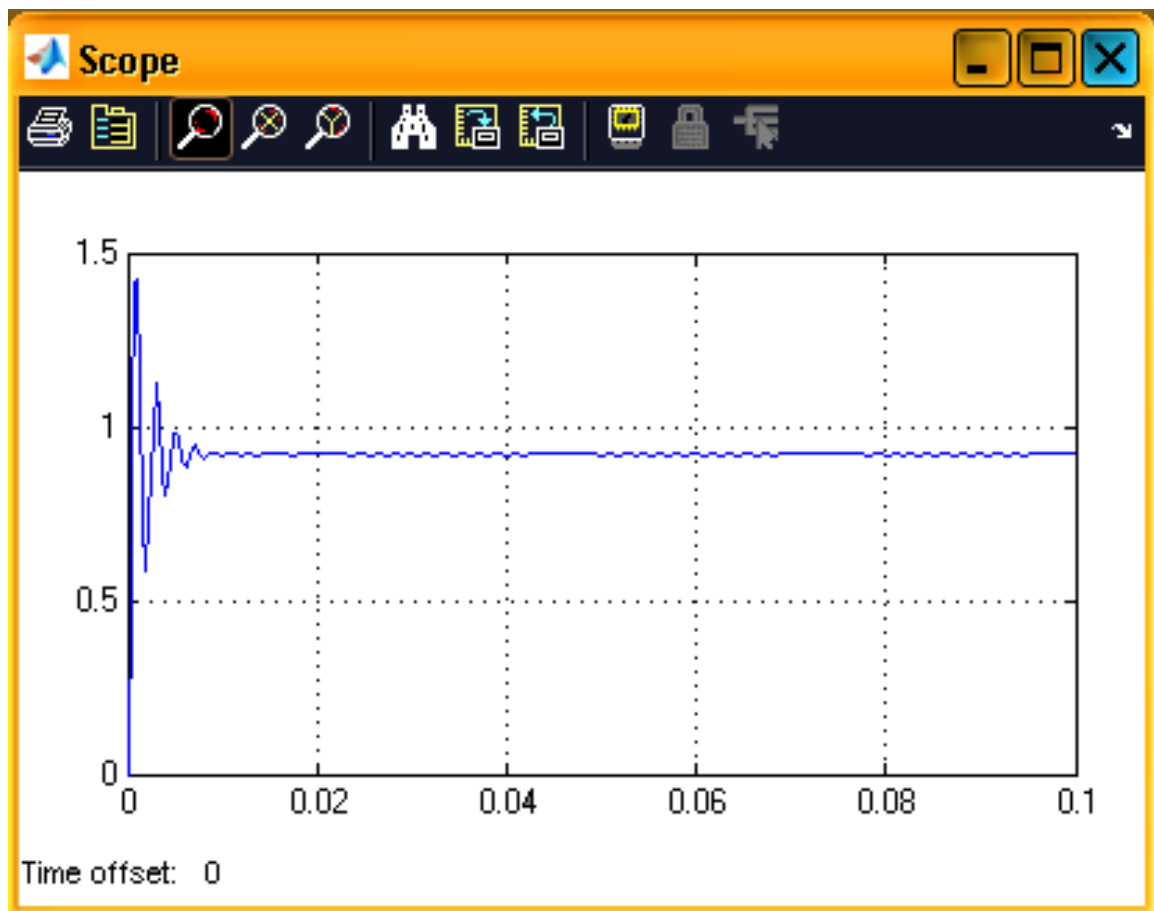
### 3.4.3.1. Mô phỏng trên matlab mạch vòng dòng điện của động cơ.

a. Mô hình mạch vòng điện trên Matlab:

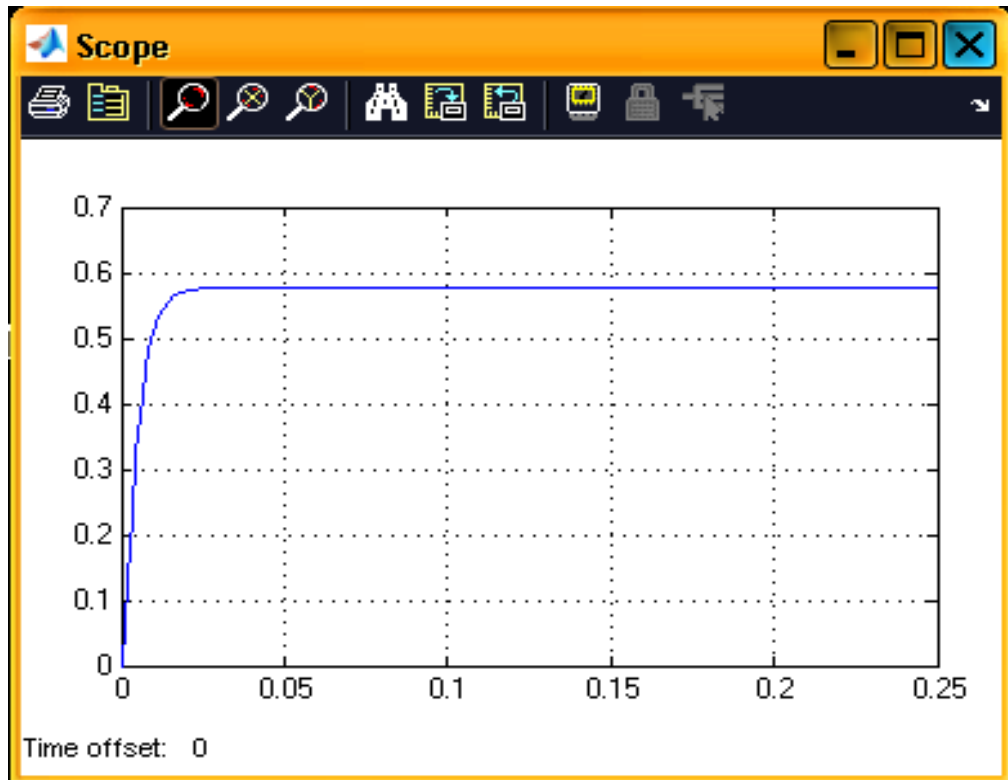


*Hình 3.8:* Mô hình mạch vòng dòng điện.

b. Đồ thị mô phỏng:



*Hình 3.9:* Kết quả mô phỏng bộ điều khiển dòng  $i_{sq}$



**Hình 3.10:** Kết quả mô phỏng bộ điều khiển dòng  $i_{sd}$

Nhận xét: sau khi tổng hợp và mô phỏng dòng điện trên phần mềm Matlab dạng đồ thị dòng điện đáp ứng tốt. Độ quá điều chỉnh của dòng là tương đối nhỏ. Dòng điện đáp ứng được yêu cầu của động cơ.

### 3.5. Tính toán hàm truyền hệ kín.

Theo phương pháp Modul tối ưu thì hàm truyền kín  $F_i$  của mạch vòng dòng điện có dạng như sau:

$$F_i = \frac{1}{1 + 2T_{si} \cdot p + 2T_{si}^2 \cdot p^2}$$

Do  $T_{si}^2$  rất nhỏ cho nên để thuận tiện cho việc tổng hợp thì ta lấy xấp xỉ hàm truyền F có dạng sau:

$$F_i = \frac{1}{1 + 2T_{si} \cdot p}$$

Ta có biểu thức tính momen động cơ được tính theo dòng điện stato:

$$M = \frac{L_s(1-\sigma)}{\frac{\omega_{sth}}{\omega} + \frac{\omega}{\omega_{sth}}} \cdot I_s^2 = f(I_s, \omega)$$

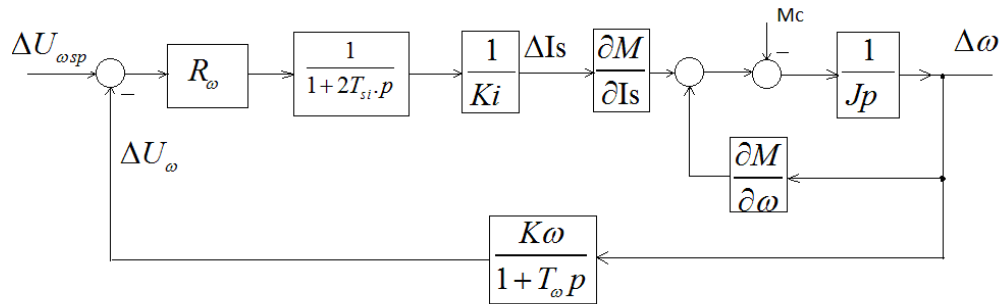
Nếu chọn một điểm làm việc nào đó có các thông số:

$$U_{so}, \omega_{so}, M_{co}, I_{so}, I_{ro} \dots$$

Thì ta có thể dùng mô hình tuyến tính hóa động cơ khi bỏ qua quá trình quá độ điện từ:

$$\Delta M = \frac{\partial M}{\partial I_s} \cdot \Delta I_s + \frac{\partial M}{\partial \omega} \cdot \Delta \omega$$

Sơ đồ cấu trúc để tổng hợp bộ điều khiển được biểu diễn dưới đây:



**Hình 3.11:** Mạch vòng tốc độ

Dựa vào thông số động cơ mà đề đã cho ta tính toán các giá trị của các

khối  $\frac{\partial M}{\partial I_s}$  và  $\frac{\partial M}{\partial \omega}$  để phục vụ cho việc tổng hợp.

Từ các đặc tính của động cơ không đồng bộ ta tính được:

$$\omega_{sth} = \frac{R_r}{L_{r\sigma'}}$$

$$\text{Với } L_{r\sigma'} = L_r - L_m = 0,0329 - 0,0082 = 0,0247$$

Nên:

$$\omega_{sth} = \frac{0,7402}{0,0247} = 29,96 \approx 30 \quad (\text{rad/s})$$

Ta chọn điểm làm việc tuyến tính hóa là điểm mà động cơ có tốc độ quay là  $\omega = 50(\text{rad/s})$

Tại điểm làm việc ổn định của động cơ ta luôn có giá trị momen cân bằng với giá trị momen điện. Do đó ta đi tính giá trị của momen cân Mc. Đề ý



rằng  $M_c$  của hệ sinh ra chính là ma sát trượt trên trục của hệ vít-me gây ra. Lực ma sát trượt trên trục của hệ được xác định bởi biểu thức:

$$F_{mst} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g$$

Trong đó:

- $\mu$  là hệ số ma sát trượt
- $m$  là trọng lượng tải
- $g$  là gia tốc trọng trường

Như vậy ta tìm được momen cản trên trục của hệ truyền động vít-me:

$$M_{ct} = F_{mst} = 0,5 \cdot 4000 \cdot 10 = 20000 \text{ (N.m)}$$

Do tỉ số truyền của hộp số là 10/1 nên  $M_c$  trên trục của động cơ sẽ là:

$$M_c = 20000 \cdot \frac{1}{10} = 2000 \text{ (N.m)}$$

Lại có  $M_c = M$  nên:

$$I_s = \sqrt{\frac{M \cdot \left( \frac{\omega_{sth}}{\omega} + \frac{\omega}{\omega_{sth}} \right)}{L_s (1 - \sigma)}}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{2000 \left( \frac{30}{50} + \frac{50}{30} \right)}{0,0329 (1 - 0,93788)}} = \sqrt{\frac{4533,3}{0,00204}} = 1489,3 \text{ (A)}$$

$$\text{Với } \sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r} = 1 - \frac{0,0082^2}{0,0329 \cdot 0,0329} = 0,93788$$

• Tính  $\frac{\partial M}{\partial I_s}$

Từ biểu thức:

$$M = \frac{L_s (1 - \sigma)}{\frac{\omega_{sth}}{\omega} + \frac{\omega}{\omega_{sth}}} \cdot I_s^2 = f(I_s, \omega)$$

ta có:

$$\frac{\partial M}{\partial I_s} = \frac{L_s (1 - \sigma)}{\frac{\omega_{sth}}{\omega} + \frac{\omega}{\omega_{sth}}} \cdot 2 I_s \cdot \Delta I_s$$

Thay các thông số vào ta tính được:

$$\frac{\partial M}{\partial I_s} = \frac{0,0329(1-0,93788)}{\frac{30}{50} + \frac{50}{30}} \cdot 2.1489,3 \Delta I_s = 2,685 \Delta I_s$$

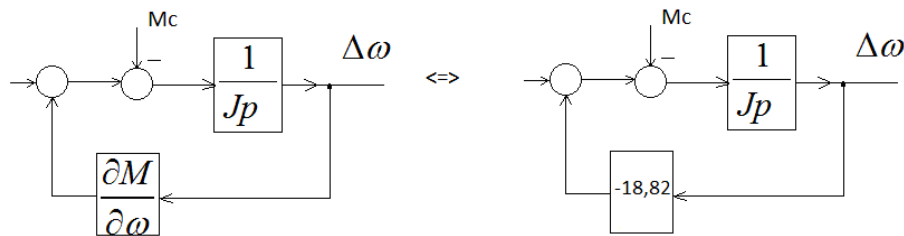
• Tính  $\frac{\partial M}{\partial \omega}$

Tương tự ta có:

$$\frac{\partial M}{\partial \omega} = L_s(1-\sigma) \cdot \omega_{sth} \cdot I_s^2 \cdot \frac{\omega_{sth}^2 - \omega^2}{(\omega_{sth}^2 + \omega^2)^2} \cdot \Delta \omega$$

$$\frac{\partial M}{\partial \omega} = 0,0329(1-0,93788) \cdot 30 \cdot 1489,3^2 \cdot \frac{30^2 - 50^2}{(30^2 + 50^2)^2} \cdot \Delta \omega = -18,82 \Delta \omega$$

Sau khi tìm được giá trị các khối trong sơ đồ cấu trúc ta tiến hành tổng hợp bộ điều khiển R<sub>w</sub>. Trước hết ta đi tìm hàm truyền kín của khối:



**Hình 3.12:** Hàm truyền kín của khối.

Theo phương pháp tính hàm truyền kín của lý thuyết điều khiển tự động thì hàm truyền kín của hệ được tính:

$$F = \frac{1}{1 + \frac{\partial M}{\partial \omega} \cdot \frac{1}{J \cdot p}}$$

$$F = \frac{1}{1 - (-18,82) \cdot \frac{1}{0,017 \cdot p}} = \frac{1}{18,82 + 0,0343 \cdot p} = \frac{1}{18,82 \cdot (1 + 0,00182 \cdot p)}$$

Quay lại sơ đồ cấu trúc của mạch vòng tốc độ ta xác định hàm truyền

của thiết bị đo tốc độ. Hàm truyền của thiết bị đo tốc độ:  $\frac{K_\omega}{1+T_\omega}$

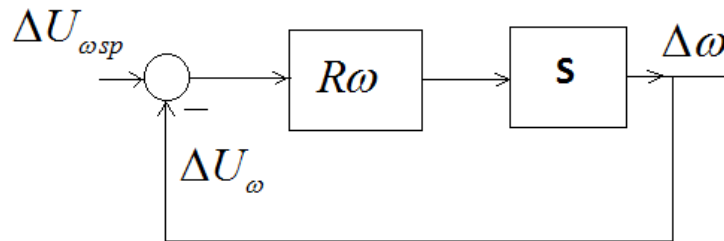
Trong đó chọn  $T_\omega = 0,01$  và  $K_\omega = \frac{U_{ra}}{\omega}$ . Với  $U_{ra} = 0-10V$ ,  $\omega$  là tốc độ

quay định mức của động cơ:  $\omega = \frac{n}{9,55} = \frac{1440}{9,55} = 150(rad/s) \rightarrow K_\omega = \frac{10}{150} = 0,066$

Như vậy hàm truyền của thiết bị là:

$$\frac{K_\omega}{1+T_\omega} = \frac{0,066}{1+0,01.p}$$

Sơ đồ cấu trúc mạch vòng điều khiển:



**Hình 3.13:** Sơ đồ mạch vòng tốc độ.

Trong đó:

$$S = \frac{1}{1+2T_{si}.p} \cdot \frac{1}{K_i} \cdot 2,685.F \cdot \frac{K_\omega}{1+T_\omega} = \frac{1}{1+2T_{si}.p} \cdot \frac{1}{K_i} \cdot 2,685 \cdot \frac{1}{18,82(1+0,0135.p)} \cdot \frac{0,066}{1+0,01.p}$$

$$S = 0,02478 \cdot \frac{1}{1+0,00182p} \cdot \frac{1}{1+0,02168p} \cdot \frac{1}{1+0,01p}$$

Ta xấp xỉ S về dạng:

$$S = 0,02478 \cdot \frac{1}{(1+0,0235p)(1+0,01p)} = k \cdot \frac{1}{(1+T_1p)(1+T_2p)}$$

Với  $k = 0,02478$ ,  $T_1 = 0,0235$  và  $T_2 = 0,01$

Theo phương pháp modul tối ưu:

$$R_\omega = \frac{1}{S \cdot 2\tau p(1+\tau p)} = \frac{1}{k \cdot \frac{1}{(1+T_1p)(1+T_2p)} \cdot 2\tau p(1+\tau p)}$$

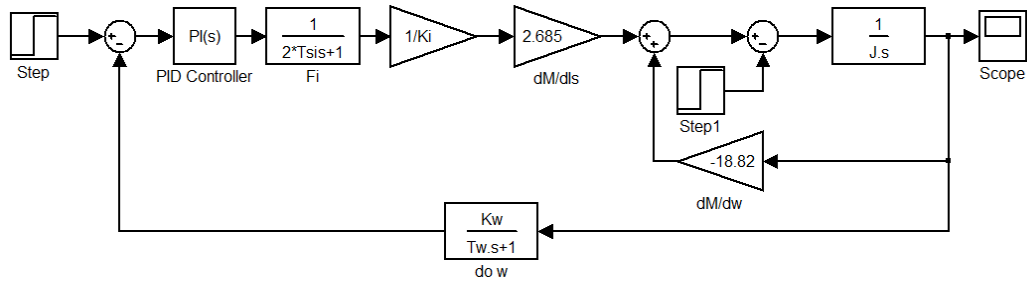
Chọn  $\tau = T_2$

$$R_\omega = \frac{1+T_1p}{k.T_2.2.p} = \frac{1+T_1p}{k.2.T_2.p} = \frac{1}{4,956.10^{-4}} \left( \frac{1}{p} + 0,01 \right)$$

Như vậy bộ điều khiển là bộ PI.

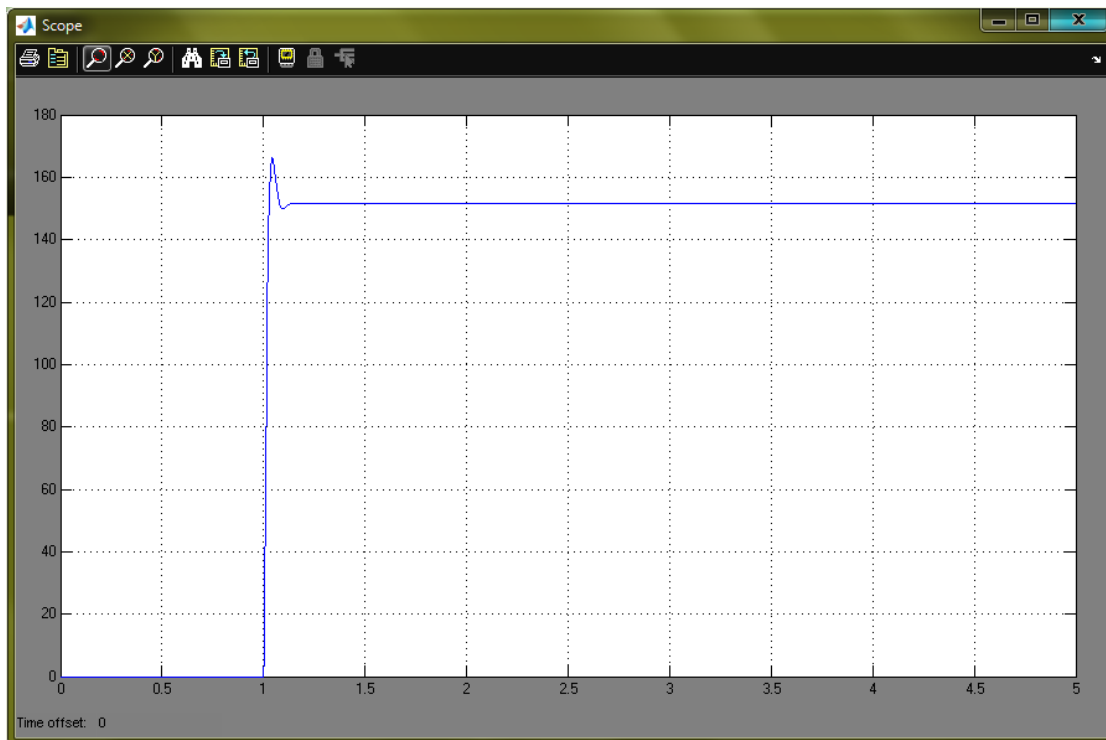
### 3.5.1. Mô phỏng trên matlab mạch vòng tốc độ:

#### a. Mô hình trên Matlab:



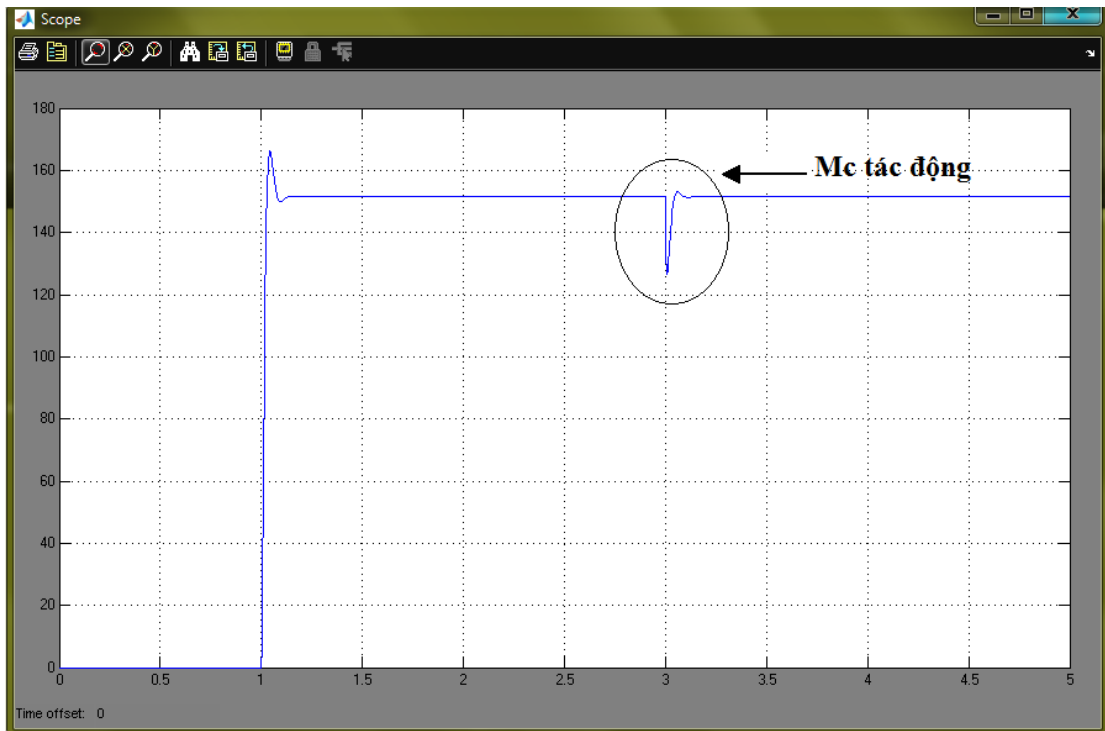
**Hình 3.14:** Mô hình mạch vòng tốc độ.

#### b. Đồ thị mô phỏng khi $M_c=0$ :



**Hình 3.15:** Kết quả mô phỏng khi không có tác động của moment cản ( $M_c=0$ ).

c. Đồ thị mô phỏng khi  $M_c \neq 0$ :



**Hình 3.15:** Kết quả mô phỏng khi có tác động của moment cản ( $M_c \neq 0$ ).

Nhận xét:

- Quá trình quá độ của hệ diễn ra trong khoảng thời gian rất ngắn. Cho thấy động cơ nhanh chóng đạt được tốc độ mong muốn. Sau khoảng thời gian quá độ tốc độ ổn định.
- Khi có momen cản tác động vào động cơ thì tốc độ của nó bị dao động. Nhưng trong thời gian rất ngắn bộ điều khiển đã điều chỉnh tốc độ về tốc độ ổn định ban đầu.

## KẾT LUẬN

Sau một thời gian thực hiện đề tài: “**Tổng hợp hệ thống tự động truyền động điện động cơ dị bộ rotor lồng sóc bằng thay đổi điện áp**”, em thấy đề tài này thật bổ ích cho những sinh viên sắp ra trường như chúng em, vì thực tế động cơ không đồng bộ là nhân tố rất quan trọng trong công nghiệp, nghiên cứu về đặc điểm của nó, về phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng điện áp, tính toán và mô phỏng những phần tử trong hệ thống truyền động điện để tổng hợp hệ thống động cơ không đồng bộ. Điều đó sẽ giúp ích nhiều cho công việc sau này.

Tập đồ án này mặc dù còn nhiều hạn chế, nhưng trong quá trình thực hiện đề tài đã giúp em tự đánh giá và hiểu kỹ hơn về các kiến thức chuyên môn, đó cũng là kết quả của nhiều năm học tập cùng với sự dạy dỗ rất tận tình của các thầy cô trong bộ môn điện công nghiệp và dân dụng. Em xin chân thành cảm ơn tới các thầy cô và đặc biệt là thầy giáo **GS.TSKH. Thân ngọc Hoàn** đã chỉ bảo rất tận tình để em hoàn thành quyển đồ án này.

Em xin chân thành cảm ơn.

*Hải phòng, ngày tháng năm*

Sinh viên thực hiện

**Nguyễn Mạnh Hoàn**

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Bùi Quốc Khánh, Phạm Quốc Hải, Nguyễn Văn Liễn, Dương Văn Nghi**, "Điều chỉnh tự động truyền động điện", 1998
2. **PGS.TSKH Thân Ngọc Hoàn**. Mô phỏng hệ thống điều tử công suất và truyền động điện. **Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội -2002**
3. **PGS.TSKH Thân Ngọc Hoàn**. Điều khiển hệ thống truyền động điện hiện đại. **Đại học Hàng Hải, Hải Phòng -2000**
4. **Nguyễn Phùng Quang**. Matlab & Simulink. **Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà nội -2004**
5. **Nguyễn Phùng Quang**. Điều khiển truyền động điện xoay chiều ba pha. **Nhà xuất bản Giáo dục -1996**