

CHƯƠNG 1.

ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA

1.1. CẤU TẠO, NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ DỊ BỘ

Động cơ không đồng bộ là máy điện xoay chiều, có tốc độ rôto khác tốc độ stato. Từ trường quay có thể là 1 pha, 2 pha hoặc 3 pha, tùy thuộc vào cấu tạo dây quấn ở stato là 1 pha, 2 pha hoặc 3 pha. Theo cấu tạo dây quấn rôto, động cơ không đồng bộ được chia làm 2 loại: Rôto lồng sóc và rôto dây quấn. Động cơ không đồng bộ lồng sóc có cấu tạo đơn giản, vận hành và bảo quản dễ dàng, độ tin cậy cao, giá thành rẻ, nên được ứng dụng rộng rãi trong thực tế. Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn có cấu tạo phức tạp vận hành và bảo quản khó hơn, độ tin cậy kém hơn, giá thành cao hơn nhưng nó có ưu điểm là có thể đưa điện trở phụ ở ngoài vào để cải thiện tính năng mở máy và điều chỉnh. Tốc độ do đó nó không được sử dụng cho những nơi nào có cầu dao về mở máy về điều chỉnh tốc độ mà động cơ lồng sóc không đáp ứng được.

Tuy nhiên động cơ không đồng bộ có nhược điểm là điều chỉnh tốc độ và khống chế các quá trình quá độ khó khăn riêng với động cơ rôto lồng sóc, các chỉ tiêu không đồng bộ.

1.1.1. Cấu tạo của động cơ dị bộ

1.1.1.1. Phần tĩnh (stato)

Stato bao gồm vỏ máy, lõi sắt 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. Để chế tạo vỏ máy người ta có thể đúc, hàn, rèn và nguyên liệu để làm vỏ máy có thể làm bằng gang, nhôm hay lõi thép. Vỏ máy có hai kiểu: vỏ kiểu kín và vỏ kiểu bảo vệ.

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 cầu máy khi nâng hạ, vận chuyển và bulon tiếp mát.

Lõi sắt

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

Mỗi lá thép kỹ thuật điện đều phủ sơn cách điện trên bề mặt để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên.

Dây quấn

Dây quấn stato 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 vào 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.

1.1.1.2. 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 stato, 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 phuco trong rôto rất thấp. Lõi sắt được ép trực tiếp lên trục máy hoặc lên một giá rôto của máy. Phía ngoài của lõi sắt có xẻ rãnh để đặt dây quấn rôto.

Dây quấn rôto

Phân làm hai loại chính: rôto kiểu dây quấn và kiểu lồng sóc.

Loại rôto 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 nên 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 trong lõi sắt và được nối tắt lại 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 quay 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 lồng sóc kép. Đối với máy điện cỡ nhỏ, rãnh rôto được làm chéo góc với tâm trục.

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

Trục

Trục máy điện mang rôto quay trong lòng stato. Trục máy điện được chế tạo tùy theo kích thước và nguyên liệu chủ yếu là thép cacbon. Trên trục của rôto có lõi thép, dây quấn, vành trượt và quạt gió.

1.1.1.3. Khe hở

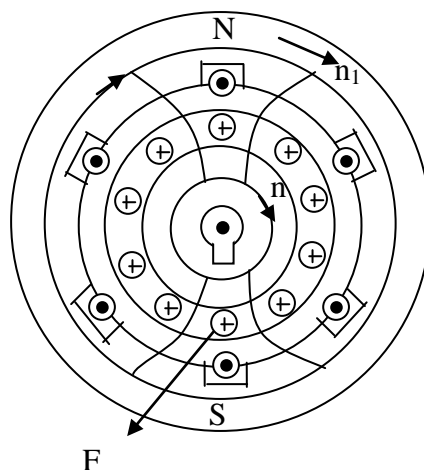
Vì rôto là một khối tròn nên khe hở đều. Khe hở trong máy điện không đồng bộ rất nhỏ (0,2 – 1mm) để hạn chế dòng từ hóa lấy từ lưới điện vào, nhờ đó hệ số công suất của máy cao hơn.

1.1.2. Nguyên lý làm việc của động cơ dị bộ

Sau khi nối thông cuộn dây stato với nguồn điện 3 pha , thì sẽ sản sinh ra từ trường quay.

Nếu từ trường quay theo chiều kim đồng hồ thì theo quy tắc bàn tay phải dây dẫn của rôto ở phía cực N cắt từ trường , dòng điện cảm ứng đi theo chiều xuyên từ mặt giấy ra. Dây dẫn này chịu tác dụng của lực đó sẽ làm cho rôto quay theo chiều kim đồng hồ . Tương tự như vậy ở phía cực S , rôto chịu tác dụng của lực cũng quay theo chiều kim đồng hồ . Các lực điện từ đó tạo thành một mômen điện từ đối với trục quay, do đó làm cho rôto quay theo chiều quay của từ trường quay.

Tốc độ quay của N_2 của rôto luôn luôn nhỏ hơn tốc độ quay của n_1 của từ trường quay (tốc độ quay đồng bộ). Nếu tốc độ quay của rôto đạt đến tốc độ quay đồng bộ thì không còn có sự chuyển động tương đối giữa nó và từ trường nữa. Dây điện của rôto sẽ không cắt đường sức do đó sức điện động cảm ứng , dòng điện và momen điện từ của nó đều bằng 0. Do đó ta thấy rôto luôn quay theo từ trường quay với tốc độ $n_2 < n_1$.



Hình 1.1. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ.

Ta gọi động cơ không đồng bộ vì tốc độ quay n_2 của rôto không bằng tốc độ quay đồng bộ của trường quay của rôto .

Trong đó: $n_1 - n_2$: Là hiệu số tốc độ quay của động cơ KĐB.

Tỷ số giữa hiệu số tốc độ quay với tốc độ quay đồng bộ gọi là độ trượt . Ký hiệu là S :

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Khi động cơ KĐB 3 pha ở trạng thái phụ tải định mức thì độ trượt của nó rất bé (0,02 ÷ 0,06).

Sau khi nối thông cuộn dây stato của động cơ KĐB với nguồn điện xoay chiều 3 pha , qua tác dụng của từ trường quay sẽ truyền điện năng cho rôto . Hiện tượng này giống như từ trường biến đổi xoay chiều ở trong lõi sắt của MBA truyền điện năng từ cuộn sơ cấp cho sơ cấp cho cuộn thứ cấp. Do đó khi dòng điện trong rôto tăng lên thì dòng điện trong stato cũng tăng lên.

Momen điện từ (M) của động cơ KĐB tỷ lệ thuận với tích của từ thông quay (ϕ) và thành phần tác dụng của dòng điện rôto ($I_2 \cos\varphi_2$)

$$M = C_M \cdot I_2 \cos\varphi_2$$

C_M : Là hằng số momen của động cơ KĐB

Đối với một động cơ đã chế tạo hoàn chỉnh thì nó là một trị số xác định không đổi, thì trị số ϕ ở công thức trên về cơ bản không thay đổi nên momen điện từ của động cơ KĐB tùy thuộc vào dòng điện I_2 của rôto và hệ số công suất $\cos\varphi_2$ của mạch điện rôto.

- Khi $n_1 - n_2$ giảm thì I_2 giảm.

Khi bắt đầu khởi động động cơ , rôto chưa quay , do đó hiệu số tốc độ quay $n_1 - n_2 = n_1$, lúc này dây dẫn của rôto cắt từ trường quay với tốc độ lớn nhất . Khi rôto bắt đầu quay thì tốc độ tương đối của dây dẫn rôto cắt từ trường quay giảm xuống, $n_1 - n_2$ giảm xuống do đó I_2 giảm .

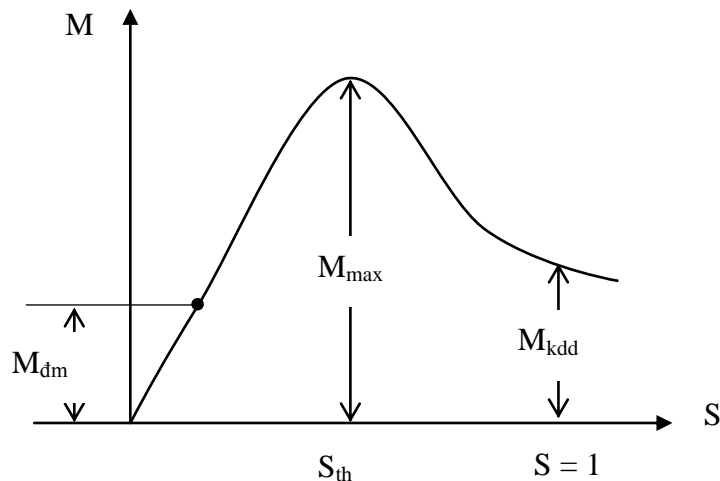
- Khi $n_1 - n_2$ giảm thì $\cos\varphi_2$ tăng lên .

Mạch điện rôto tương đương với một cuộn dây quấn trên lõi sắt nó cũng có cảm kháng, độ lớn của cảm kháng tỷ lệ thuận với tần số của dòng

điện trong rôto . Cảm kháng càng nhỏ thì $\cos\varphi$ càng lớn . Tần số của dòng điện trong rôto giảm khi $n_1 - n_2$ giảm $\rightarrow \cos\varphi$ tăng.

Ta thấy quan hệ giữa momen điện từ và độ trượt khá phức tạp , đó là một đường cong quan trọng biểu thị đặc tính vận hành của động cơ KĐB cho ta thấy độ trượt khi momen điện từ thay đổi.

- M_{\max} : Momen cực đại
- M_{xd} : Momen khởi động
- $M_{\text{đm}}$: Momen định mức
- S_{th} : Độ trượt tới hạn.



Hình 1.2. Đường cong momen của động cơ KĐB

Sau khi đấu động cơ với nguồn điện ở thời điểm bắt đầu khởi động $S = 1$, lúc này I_2 lớn nhất, $\cos\varphi$ nhỏ nhất gọi là momen khởi động. Nếu M_{kd} lớn hơn momen cản ở trên trục của động cơ thì roto sẽ quay và tăng dần tốc độ , momen điện từ của động cơ cũng tăng dần theo đoạn đường cong BA lên tới điểm A, sau khi đạt đến momen cực đại M_{\max} lại giảm dần theo đoạn đường cong AO .

Khi $M = M_{\text{cản}}$ thì động cơ sẽ quay theo một tốc độ không đổi và vận hành ổn định theo đoạn đường cong OA.

Khi động cơ làm việc ổn định ở OA , nếu tăng momen cản (tăng phụ tải) thì tốc độ quay của động cơ giảm xuống (S tăng lên) làm cho momen điện từ tăng lên . Do đó tạo nên sự cân bằng mới với momen cản, nếu phụ tải tăng lên đến mức làm cho momen cản vượt quá momen cực đại.

Nếu phụ tải tăng lên đến mức làm cho momen cản vượt qua momen cực đại , thì tốc độ quay của động cơ sẽ giảm xuống nhanh chóng cho đến khi dừng lại. Do đó phạm vi làm việc ổn định của động cơ chỉ hạn chế ở trong đoạn đường cong OA.

Khi động cơ làm việc liên tục và lâu dài, trên trục động cơ truyền ra một momen định mức. Momen định mức của động cơ phải nhỏ hơn momen cực đại. Nếu khi thiết kế cho momen định mức gần bằng momen cực đại , thì khi hơi quá tải một ít động cơ sẽ dừng lại ngay. Do đó động cơ phải có một khả năng quá tải nhất định , khả năng quá tải là tỷ số giữa momen cực đại và momen định mức kí hiệu λ

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{dm}} = 1,8 - 3$$

Trên đây ta xét khi điện áp của nguồn điện không thay đổi, nếu điện áp thay đổi thì từ công thức :

$$M = C_M \cdot \phi \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

Ta thấy: Vì ϕ và I_2 đều thay đổi theo điện áp U nên M biến đổi theo U^2 . Như vậy điện áp có ảnh hưởng khá lớn đối với momen điện từ của động cơ KĐB.

Điện áp thấp thì dòng điện trong stato tăng lên có thể làm cháy động cơ , do đó các động cơ cỡ lớn đều có thiết bị bảo vệ điện áp thấp (hoặc kém điện áp).

1.2. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA ĐỘNG CƠ DI BỘ

1.2.1. Đặc tính cơ của động cơ di bộ

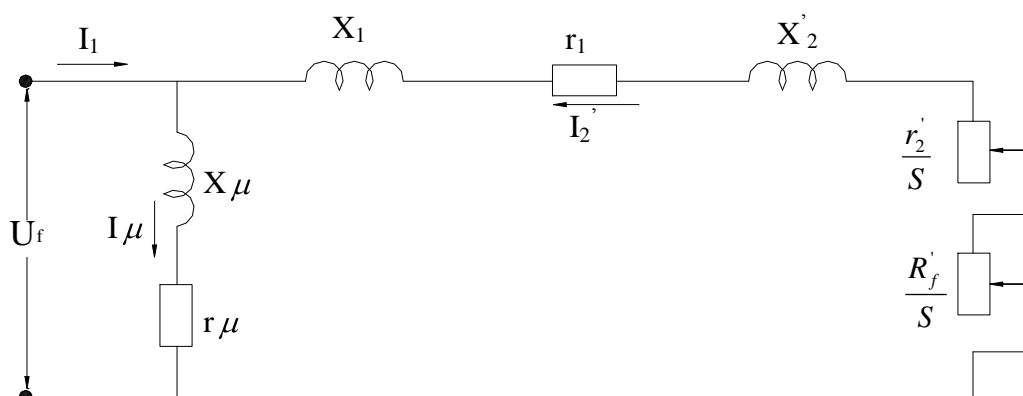
Để thành lập đặc tính cơ, ta cần đưa ra một số giả thiết sau:

- 3 pha của động cơ là đối xứng.
- Các thông số của mạch không thay đổi, nghĩa là không phụ thuộc nhiệt độ, điện trở của mạch roto không phụ thuộc vào tần số của dòng điện trong nó, mạch từ không bão hoà, do đó điện kháng của cuộn dây stato X_1 và roto X_2 không thay đổi.

- Tổng dẫn của mạch dòng từ hoá không thay đổi, dòng điện từ hoá I_M không phụ thuộc vào phụ tải mà chỉ phụ thuộc vào điện áp đặt vào stato của động cơ.

- Bỏ qua các tổn thất của ma sát.
- Điện áp lưới hoàn toàn hình sin và đối xứng.

Như vậy ta có sơ đồ thay thế một pha của động cơ.



Hình 1.3. Sơ đồ thay thế một pha của động cơ kđb

Trong đó:

X_M, X_1, X_2' : các điện kháng của mạch từ hoá, Stato và Rôto qui đổi về Stato (Ω).

r_M, r_1, r_2' : các điện trở tác dụng của mạch từ hoá của cuộn dây stato, rôto đã qui đổi về stato (Ω).

R_f' điện trở phụ (nếu có) mắc thêm vào mỗi pha của rôto đã qui đổi về stato (Ω).

U_f trị số hiệu dụng của điện áp pha ở stato (V).

I_M, I_1, I_2' : Dòng điện từ hoá, stato, rôto đã qui đổi về stato (A).

S độ trượt của động cơ.

$$S = (\omega_0 - \omega) / \omega_0 \quad (1.1)$$

Với ω_0 vận tốc góc của từ trường quay, còn gọi là tốc độ đồng bộ (rad).

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} \quad (1.2).$$

f: tần số điện áp nguồn đặc vào stato (H_z).

P: số đôi cực của động cơ.

ω : tốc độ góc của rôto (rad/s).

Từ phương trình 1.1 và phương trình 1.2 suy ra:

$$\omega = \omega_0(1-s) = \frac{2\pi f}{p}(1-s) \quad (1.3).$$

Mặt khác, từ sơ đồ thay thế (hình 1.1) ta có, trị số hiệu dụng của dòng điện rôto đã qui đổi về stato.

$$I'_2 = \frac{U_f}{\sqrt{r_1 + r_2'^2 + X_1 + X_2'^2}} \quad (1.4).$$

Công suất điện từ chuyển từ stato sang rôto

$$P_{12} = M_{dt} \cdot \omega_0$$

Với M_{dt} : mô men điện từ của động cơ.

Nếu bỏ qua các tổn thất thì $M_{dt} = M_{cv} = M$.

Công suất đó chia ra hai thành phần : công suất đưa ra trục động cơ là P_{cv} và công suất tổn hao đồng trong rôto ΔP_2 nghĩa là :

$$P_{12} = P_{cv} + \Delta P_2 .$$

$$\text{Hay } M\omega_0 = M\omega + \Delta P_2$$

$$\text{Do đó } \Delta P_2 = M(\omega_0 - \omega) = M\omega_0 \cdot S$$

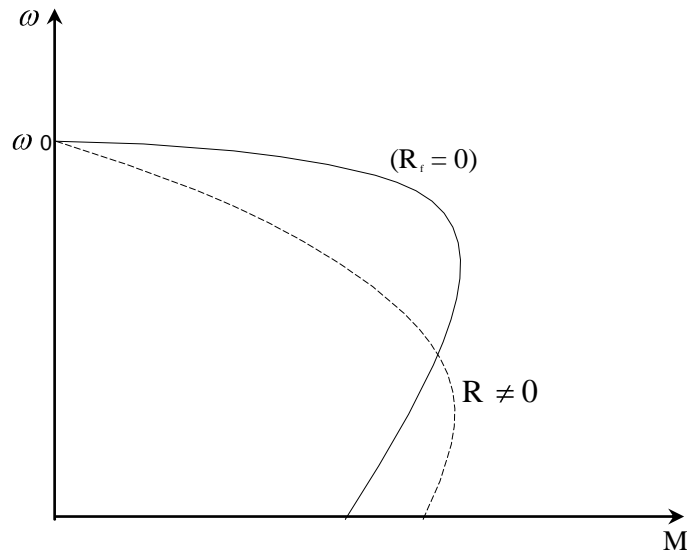
$$\text{Mặt khác } \Delta P_2 = 3I_2'^2 R_2$$

$$\text{Nên } M = 3I_2'^2 R_2 / \omega_0 \cdot S \quad (1.5).$$

Thay phương trình (1.5) vào phương trình (1.4) ta được phương trình đặc tính của cơ của động cơ.

$$M = \frac{3.U_f^2 . R_2' / S}{\frac{2\pi f}{P} [(r_1 + r_2 / S)^2 + (X_1 + X_2')^2]} \quad (1.6)$$

Vẽ quan hệ phương trình (1.6) lên trục tọa độ ta được đặc tính cơ của động cơ cần tìm.



Hình 1.4. Đặc tính cơ của động cơ KĐB rôto dây quấn .

Hai phương trình đặc tính cơ còn được viết dưới dạng khác:

$$M = \frac{2M_{\max} (1 + a.S_{\max})}{\frac{S}{S_{\max}} + \frac{S_{\max}}{S} + 2aS_{\max}} \quad (1.7).$$

Trong đó : S_{\max} là hệ số trượt tương ứng với mômen max.

$$S_{\max} = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2}} \quad (1.8).$$

M_{nm} : là mômen ngắn mạch hay còn gọi là mômen mở máy.

$$M_{\max} = \frac{3U_f^2}{2\omega_0 (r_1 + \sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2})} \quad (1.9).$$

$$a = \frac{r_1}{r_2}.$$

Đối với những động cơ có r_1 rất nhỏ thì phương trình cơ sẽ là :

$$M = \frac{2M_{\max}(1 + a.S_{\max})}{\frac{S}{S_{\max}} + \frac{S_{\max}}{S}} \quad (1.10).$$

$$\text{Với } S_{\max} = r_2'/X_{nm} \quad ; \quad M_{\max} = 3U_f^2/2\omega_0.X_{nm}$$

1.2.3. Các thông số ảnh hưởng đến đặc tính cơ

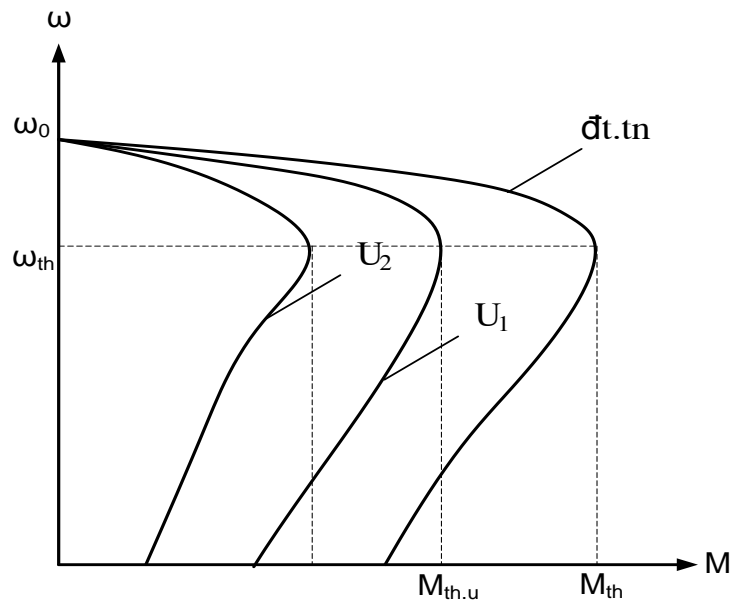
1.2.3.1. Ảnh hưởng của thông số điện áp

Khi điện áp thay đổi độ trượt tới hạn của động cơ không thay đổi , còn mô men tới hạn của động cơ thay đổi tỷ lệ với bình phương của điện áp lưới.

$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{x_{nm}} = \text{const}$$

$$M_{th} = \pm \frac{3U_1^2}{2\omega_0 x_{nm}} = \text{var}$$

Nếu điện áp đặt vào động cơ giảm quá thấp có thể làm cho mô men khởi động của động cơ giảm thấp và động cơ sẽ không khởi động được. Khi giảm áp ta sẽ thu được một họ đường đặc tính cơ như sau :



Hình 1.5. Đặc tính cơ động cơ KĐB khi thay đổi điện áp

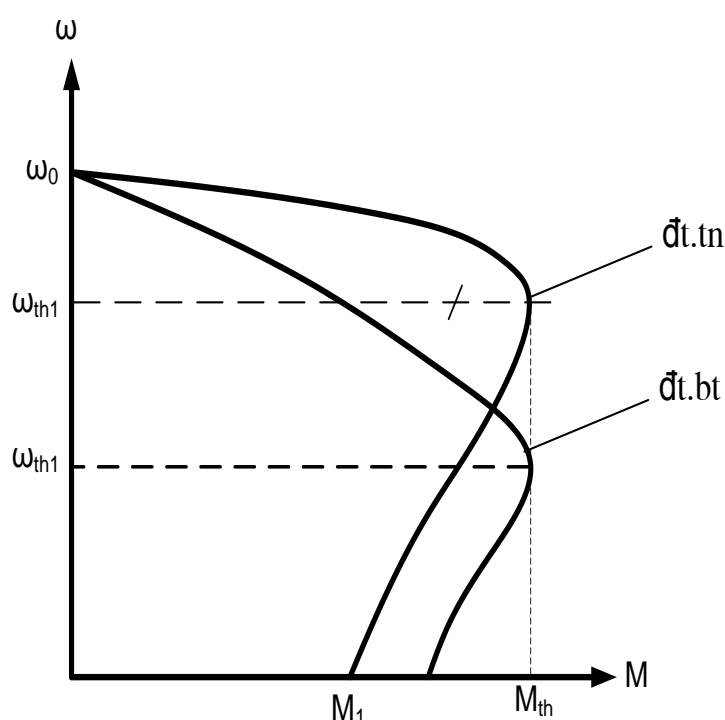
1.2.3.2. Ảnh hưởng của thông số điện trở phụ mạch rôto

Khi thay đổi điện trở mạch rôto thì độ trượt tới hạn của động cơ thay đổi, còn mô men tới hạn của động cơ không thay đổi.

$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{x_{nm}} = \text{var}$$

$$M_{th} = \pm \frac{3U_1^2}{2\omega_0 x_{nm}} = \text{const}$$

Họ đường đặc tính thu được khi thay đổi như sau:



Hình 1.6. Đặc tính cơ động cơ KDB khi thay đổi điện trở

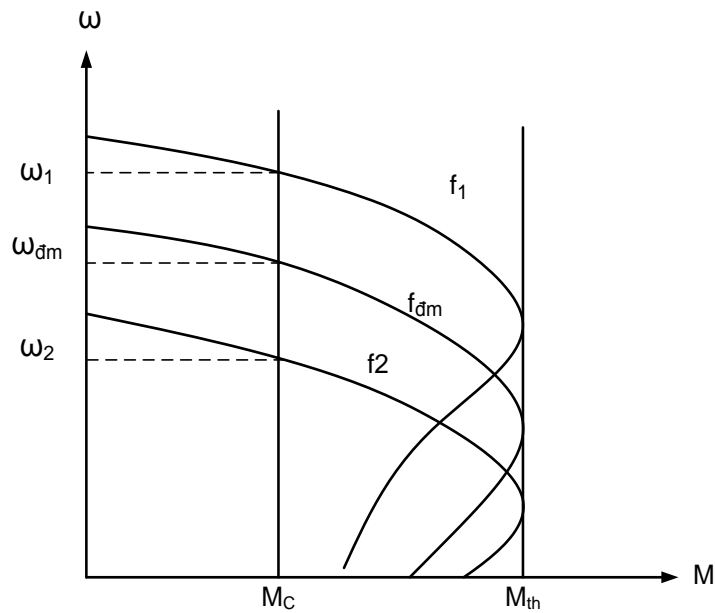
1.2.3.3. Ảnh hưởng của thông số tần số nguồn điện

Nếu cung cấp cho động cơ bằng một nguồn điện có tần số thay đổi thì tốc độ động cơ thay đổi và dạng đặc tính cơ cũng thay đổi

$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{x_{nm}} = \frac{R_2'}{2\pi f_1 L_{nm}} = \text{var}$$

$$M_{th} = \pm \frac{3U_1^2}{2\omega_0 x_{nm}} = \pm \frac{3}{8\pi^2 L_{nm}} \left(\frac{U_1}{f_1} \right)^2 = \text{var}$$

Như vậy mô men tới hạn thay đổi theo sự thay đổi của tỷ số U_1/f_1 . Nếu ta giữ cho tỷ số này không đổi thì M_{th} cũng không thay đổi.



Hình 1.7. Đặc tính cơ động cơ KĐB khi thay đổi tần số nguồn

1.2.3.4. Ảnh hưởng của số đôi cực p

Đối với những động cơ không đồng bộ roto lồng sóc nhiều cấp tốc độ để điều chỉnh tốc độ người ta thay đổi thông số đôi cực của máy.

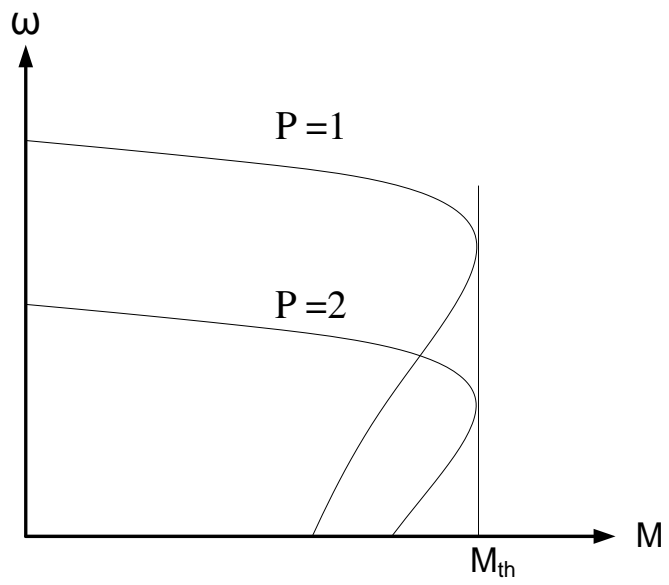
Khi thay đổi số đôi cực p ta có

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p} = \text{var}$$

$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{x_{nm}} = \text{const}$$

$$M_{th} = \pm \frac{3U_1^2}{2\omega_0 x_{nm}} = \text{const}$$

Với những động cơ mà thay đổi số đôi cực bằng cách thay đổi cách đấu các cuộn dây stato thì M_{th} có thể bị thay đổi. Họ đường đặc tính cơ thu được khi thay đổi $p = 1$; $p = 2$ và $M_{th} = \text{const}$



Hình 1.8. Đặc tính cơ động cơ KĐB khi thay đổi số đôi cực

CHƯƠNG 2.

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ DỊ BỘ

Động cơ không đồng bộ khi mắc vào nguồn điện có tần số f_1 thì ta có biểu thức của tốc độ:

$$\omega = \omega_0 (1 - s)$$

Trong đó:

ω tốc độ quay của rôto;

$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$ tốc độ không tải lý tưởng;

s hệ số trượt của động cơ.

Do đó ta có:

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

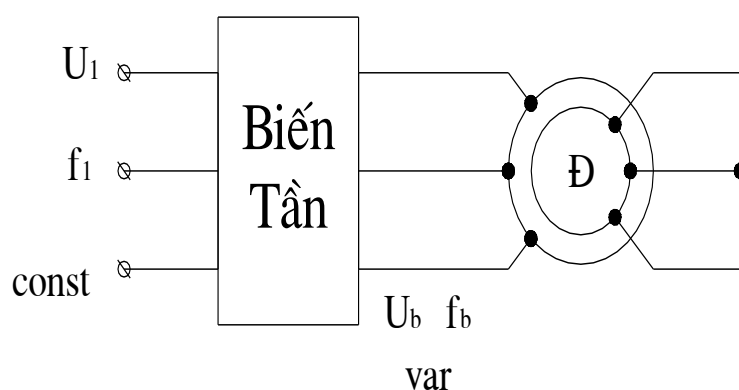
Từ phương trình trên ta thấy, muốn thay đổi tốc độ động cơ không đồng bộ ω ta có thể thực hiện bằng cách thay đổi các thông số: tần số nguồn f_1 , số đôi cực p và hệ số trượt s . Tương ứng với sự điều chỉnh các thông số trên ta có các phương pháp điều chỉnh động cơ không đồng bộ:

- Thay đổi tần số f_1 của nguồn cấp.
- Thay đổi số cực
- Điều chỉnh điện áp đặt vào stato.
- Điều chỉnh điện trở mạch rôto.
- Dùng sơ đồ nối tăng động cơ không đồng bộ.

2.1. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ BẰNG CÁCH THAY ĐỔI TẦN SỐ

2.1.1. Nguyên lý điều chỉnh

Tần số của lưới điện quyết định giá trị tốc độ góc của từ trường quay trong máy điện, do đó bằng cách thay đổi tần số dòng stato ta có thể điều chỉnh được tốc độ của động cơ. Để thực hiện phương pháp điều chỉnh này ta dùng bộ nguồn biến tần BT để cung cấp cho động cơ. Sơ đồ tổng quát của hệ như sau:



Hình 2.1. Sơ đồ nguyên lý hệ truyền động điện của điều chỉnh tần số

Máy điện được chế tạo để hoạt động ở tần số định mức nên khi thay đổi tần số chế độ làm việc của máy điện cũng bị thay đổi vì tần số có ảnh hưởng trực tiếp đến từ thông của máy điện. Quan hệ này có thể được phân tích nhờ phương trình cân bằng điện áp đối với mạch stato của máy điện:

$$\dot{E}_1 = c \dot{\phi} f_1 = \dot{U}_1 - \dot{I}_1 Z_1$$

Trong đó:

\dot{E}_1 Sức điện động cảm ứng trong cuộn dây stato;

$\dot{\phi}$ Từ thông móc vòng qua cuộn dây stato;

c Hằng số tỷ lệ;

\dot{U}_1 Điện áp đặt vào stato động cơ.

f_1 Tần số dòng stato.

Nếu bỏ qua sụt áp trên tổng trở của cuộn dây stato ta có :

$$\dot{\phi} = \frac{U_1}{cf_1}$$

Từ phương trình trên ta thấy nếu giữ nguyên điện áp U_1 ($U_1 = \text{const}$), khi tăng tần số f_1 thì từ thông trong máy sẽ giảm làm cho mômen của máy điện giảm. Nếu mômen tải không thay đổi hoặc là hàm tăng của tốc độ thì khi đó dòng điện cũng phải tăng để cho mômen cân bằng với mômen tải. Kết quả là động cơ bị quá tải về dòng. Ngược lại khi giảm tần số để giảm tốc độ lại dẫn đến từ thông tăng lên làm tăng mức độ từ hoá lõi thép, tăng tổn hao thép và làm nóng máy điện.

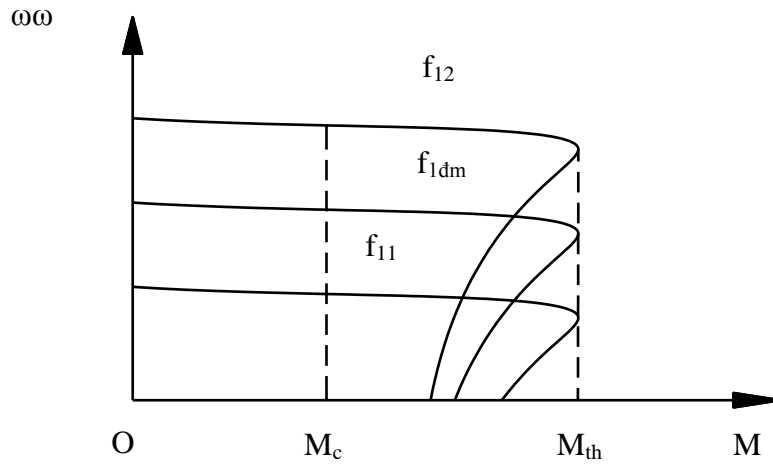
Như vậy khi điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số thì ta cũng phải thay đổi điện áp một cách tương ứng.

Người ta chứng minh được rằng, khi thay đổi tần số, nếu đồng thời điều chỉnh điện áp sao cho hệ số quá tải của động cơ không thay đổi ($\lambda = M_{th} / M_c = \text{const}$) thì chế độ làm việc của động cơ luôn được duy trì ở mức tối ưu giống như khi làm việc ở thông số định mức. Khi đó hiệu suất và $\cos\phi$ của máy trong toàn dải điều chỉnh gần như không đổi.

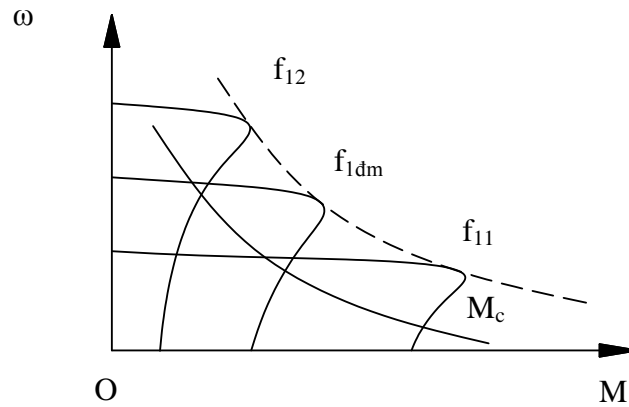
2.1.2. Các đặc tính điều chỉnh

Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi điều chỉnh tần số không chỉ phụ thuộc vào tần số mà còn phụ thuộc vào quy luật thay đổi điện áp, nghĩa là còn phụ thuộc đặc tính của phụ tải.

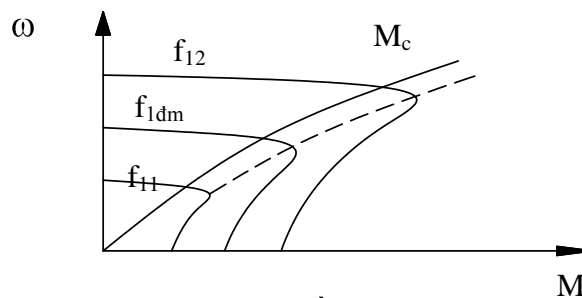
- Khi $M_c = \text{const}$



- Khi $M_c \equiv \frac{1}{\omega}$



- Khi $M_c \equiv \omega^2$



Hình 2.2. Các đặc tính điều chỉnh của động cơ KĐB với các dải tần số khác nhau

2.1.3. Các ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng

Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách thay đổi tần số có các ưu, nhược điểm sau:

- **Ưu điểm**

Điều chỉnh vô cấp tốc độ quay của động cơ.

Dải điều chỉnh tốc độ D lớn.

Hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ dùng biến tần mắc trực tiếp từ lưới điện, do đó không cần các thiết bị biến đổi, nó sử dụng động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc có kết cấu đơn giản, vững chắc, giá thành rẻ, có thể làm việc trong mọi môi trường.

Hệ thống điều chỉnh tốc độ dùng biến tần có thể hãm tái sinh cho nên nguồn xoay chiều này có thể làm việc ở cả 4 góc tọa độ.

- **Nhược điểm**

Bộ biến tần có giá thành đắt do sử dụng nhiều linh kiện bán dẫn và mạch điều khiển điện tử.

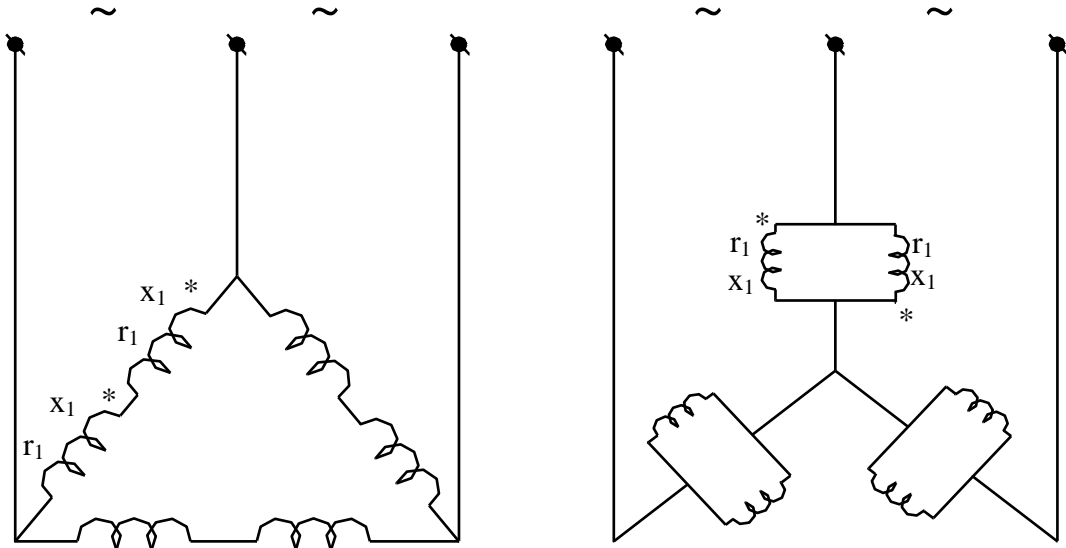
- **Phạm vi ứng dụng**

Hệ thống điều khiển tốc độ dùng biến tần có nhiều ưu điểm, song phạm vi ứng dụng của nó phụ thuộc nhiều vào yếu tố kinh tế. Do vậy, trong thực tế biến tần thường được sử dụng khi có nhiều động cơ cùng thay đổi tốc độ theo một quy luật chung. Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn ít được sử dụng cùng với biến tần do biến tần có thể điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc một cách dễ dàng.

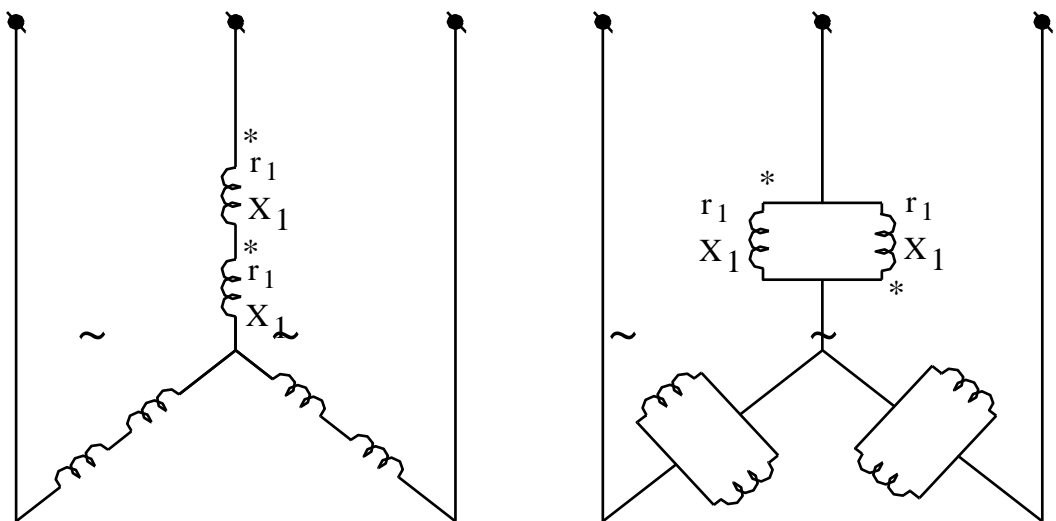
2.2. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách thay đổi số đôi cực

2.2.1. Nguyên lý điều chỉnh

Phương pháp thay đổi số đôi cực thường dùng nhiều nhất cho động cơ hai cấp . Tốc độ, có hai cách đấu như sau:



Hình 2.3. Đấu nối dây quấn stato theo sơ đồ Δ -YY .



Hình 2.4. Đấu nối dây quấn stato theo sơ đồ Y-YY .

Để thay đổi số đôi cực P, người ta thay đổi cách đấu dây ở stato của động cơ. Những máy đặc biệt này người ta gọi là máy đa tốc độ , số đôi cực của nó thay đổi bằng hai cách khác nhau, cách thứ nhất : dùng hai tổ nối dây riêng biệt mỗi tổ có hai số đôi cực riêng, cách thứ hai: dùng một

tổ dây quấn stato nhưng mỗi pha được chia thành hai đoạn . Thay đổi cách nối giữa hai đoạn đó ta sẽ thay đổi một đôi cực P, cách thứ nhất tạo được hai tốc độ bất kỳ không lệ thuộc nhau. Cách thứ hai có sơ đồ đấu dây phức tạp và có hai cấp tốc độ lệ thuộc nhau.

Khi đổi nối từ tam giác \rightarrow sao kép (Δ - YY) ta có những quan hệ sau đây. Khi nối Δ hai đoạn dây stato đấu nối tiếp nên:

$$R_1 = 2r_1 ; X_1 = 2X_1$$

$$\text{Và tương ứng } R_2 = 2r_2 ; X_2 = 2X_2 ; X_{nm} = 2X_{nm} \quad (1.16).$$

Trong đó : r_1, r_2, X_1, X_2 điện trở và điện kháng mỗi đoạn dây stato và roto. Điện áp đặt lên dây quấn mỗi pha là $U_{f\Delta} = \sqrt{3}U_1$.

$$\text{Do đó: } S_{th\Delta} = \frac{R'_{2\Delta}}{\sqrt{R_{1\Delta}^2 + (X_{1\Delta} + X'_{2\Delta})^2}} = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2}} \quad (1.17).$$

$$M_{th\Delta} = \frac{U_1^2 3\sqrt{3}}{2\omega_0 \left[R_{1\Delta} \pm \sqrt{R_{1\Delta}^2 + R_{nm\Delta}^2} \right]} = \frac{9U_1^2}{4\omega_0 \left[r_1 \pm \sqrt{r_2^2 + X_{nm}^2} \right]} \quad (1.18).$$

Nếu nối YY thì :

$$R_{1YY} = \frac{1}{2}r_1 ; X_{1YY} = \frac{1}{2}X_1 ; R_{2YY} = \frac{1}{2}r_2 ; X_{2YY} = \frac{1}{2}X_2 \quad (1.19).$$

Còn áp trên dây quấn mỗi pha là $U_{fYY} = U_1$ vì vậy:

$$S_{thYY} = \frac{R'_{2YY}}{\sqrt{R_{1YY}^2 + (X_{1YY} + X'_{2YY})^2}} = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2}} = S_{th\Delta} \quad (1.20).$$

$$M_{thYY} = \frac{3U_1^2}{2\omega_{0YY} \left[R_{1YY} \pm \sqrt{R_{1YY}^2 + X_{nmYY}^2} \right]} =$$

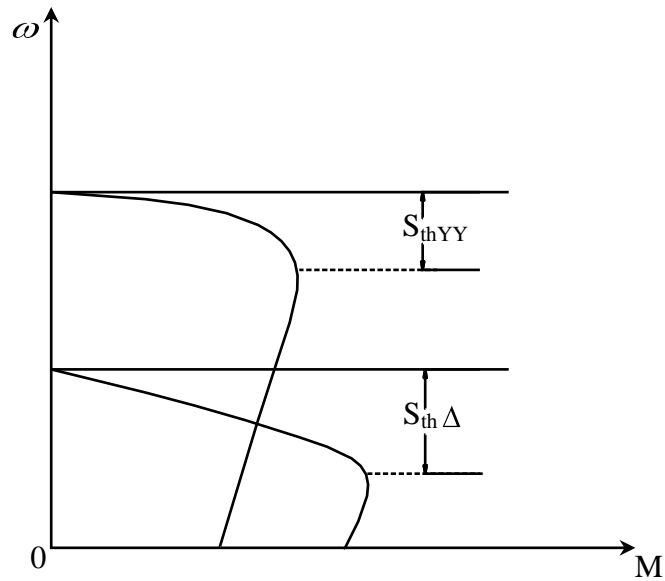
$$= \frac{3U_1^2}{2\omega_0 \left[r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2} \right]}$$

(1.21).

So sánh (1.21) và (1.18) ta thấy $\frac{M_{thYY}}{M_{th\Delta}} = \frac{2}{3}$ (1.23).

Như vậy khi nối $\Delta \rightarrow YY$ tốc độ không tải lý tưởng tăng hai lần. S_{th} giữ nguyên, mômen tới hạn giảm $\frac{1}{3}$.

Đặc tính cơ của nó có dạng:



Hình 2.5. Các đặc tính cơ điều chỉnh và đặc tính tải cho phép khi đổi nối dây quấn stato $\Delta \rightarrow YY$

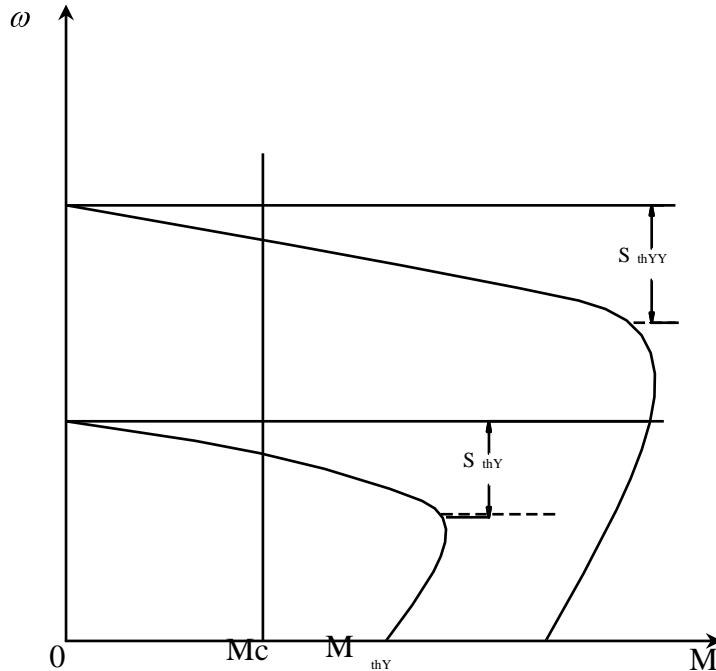
Khi đổi nối Y-YY:

$$S_{thY} = \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2}} \quad (1.23).$$

$$M_{thY} = \frac{3U_1^2}{4\omega_0 \left[r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + X_{nm}^2} \right]} \quad (1.24).$$

$$S_{thY} = S_{thYY} \quad ; \quad M_{thY} = \frac{1}{2} M_{thYY} \quad (1.25).$$

Dạng đặc tính cơ của nó có dạng:



Hình 2.6. các đặc tính cơ điều chỉnh và đặc tính tải cho phép khi đổi nối dây quấn stato Y-YY.

2.2.2. Các ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng

- **Ưu điểm**

Ưu điểm của phương pháp thay đổi số đôi cực P là thiết bị đơn giản, giá thành hạ, các đặc tính cơ đều cứng, khả năng điều chỉnh triệt để. Độ chính xác duy trì tốc độ cao và tổn thất trượt khi điều chỉnh thực tế không đáng kể.

- **Nhược điểm**

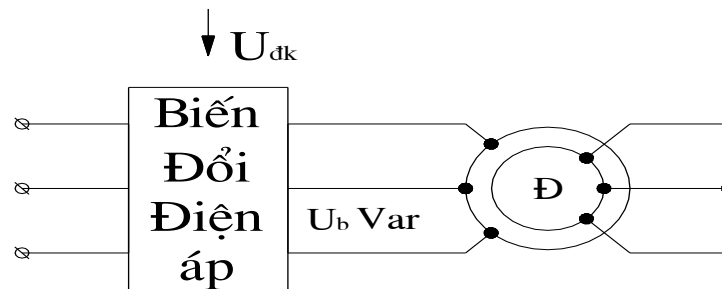
Nhược điểm lớn của phương pháp này là có độ tinh kém (nhảy cấp), dải điều chỉnh không rộng và kích thước động cơ lớn nên động cơ

đa tốc độ được chế tạo với công suất dưới 20÷30 KW và được sử dụng trong một số máy cắt kim loại và nâng bơm ly tâm và cả quạt gió.

2.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào stato

2.3.1. Nguyên lý điều chỉnh

Để điều chỉnh điện áp, người ta dùng bộ nguồn BĐ có điện áp ra thay đổi tùy thuộc vào tín hiệu điều khiển U_{dk} với sơ đồ nguyên lý hình 2.7



Hình 2.7. Sơ đồ tổng quát của hệ truyền động điện KĐB của thay đổi điện áp

Khi thay đổi điện áp lưới, ví dụ khi giảm xuống còn x lần ($x < 1$) điện áp định mức ($U_1 = xU_{dm}$) thì mômen sẽ giảm xuống còn x^2 lần $M = x^2M_{dm}$. Nếu mômen tải không đổi thì tốc độ giảm xuống còn hệ số trượt tăng lên.

Theo công thức về mômen $M = c_m I_2^2 \phi$, trong đó c_m là hằng số, thì khi điện áp lưới $U_1 = xU_{dm}$, thì sức điện động E và từ thông ϕ cùng bằng x lần giá trị ban đầu và I_2 tăng lên $1/x$ lần. Vì hệ số trượt:

$$s = \frac{P_{cu2}}{P_{dt}} = \frac{m_1 I_2^2 r'_2}{M \omega_1}$$

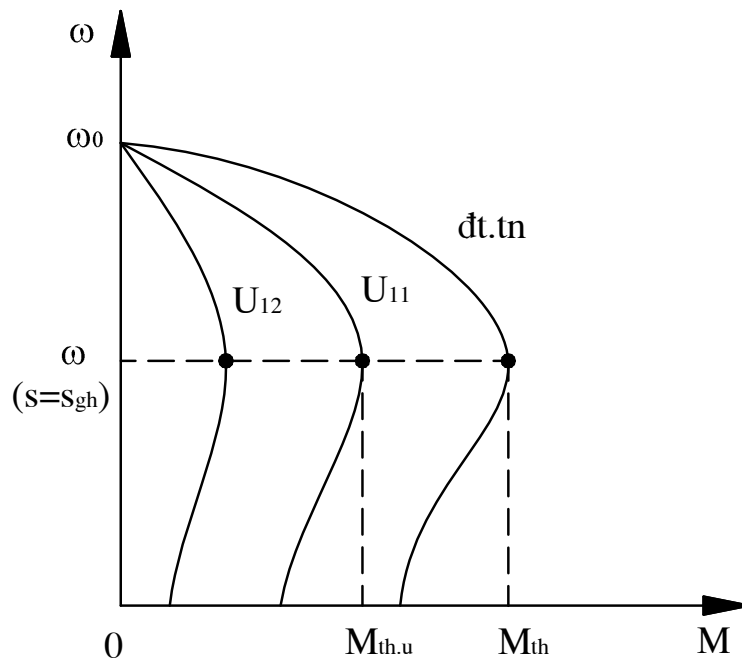
nên hệ số trượt s sẽ bằng $1/x^2$ lần hệ số trượt cũ và tốc độ động cơ điện ở điện áp $U_1 = xU_{dm}$ sẽ là:

$$n = n_1 \left(1 - \frac{s}{x^2}\right)$$

Khi điện áp khác với giá trị định mức, mômen tới hạn M_{th} sẽ thay đổi đối tỷ lệ với bình phương điện áp, còn độ trượt tới hạn s_{th} thì giữ nguyên, nghĩa là:

$$\left. \begin{aligned} M_{th,u} &= M_{th} \cdot U_b^{*2} \\ s_{th,u} &= s_{th,tn} = \text{const} \end{aligned} \right\}$$

Đặc tính điều chỉnh có dạng như sau:



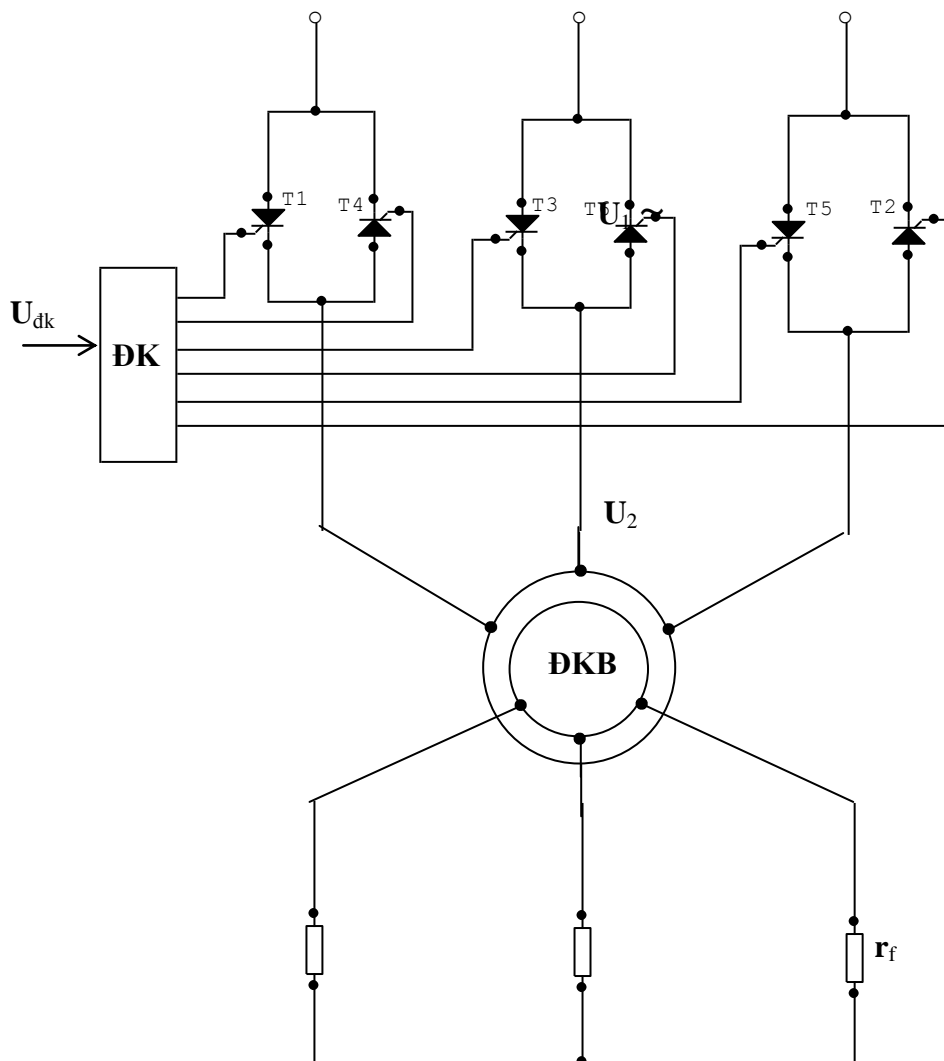
Hình 2.8. Các đặc tính cơ khi điều chỉnh điện áp stato, $U_{12} > U_{11}$.

2.3.2. Các phương pháp điều chỉnh điện áp

2.3.2.1. Điều chỉnh điện áp bằng bộ điều chỉnh thyristor

Đây là bộ điều chỉnh được ứng dụng ngày càng nhiều trong điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ vì có nhiều ưu điểm so với các bộ biến đổi xoay chiều khác như dùng biến áp tự ngẫu, dùng khuếch đại từ,

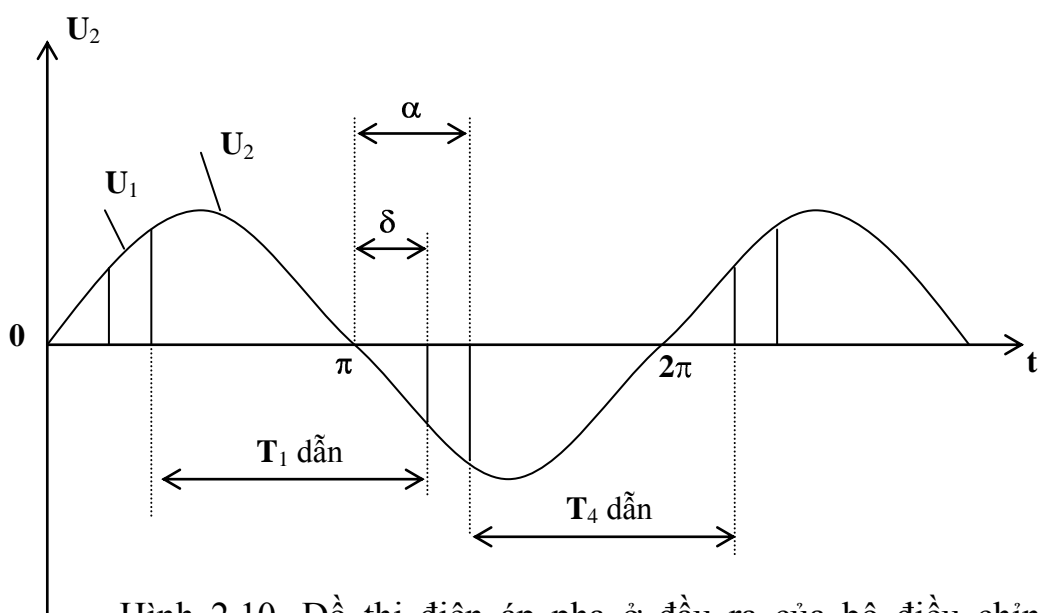
Sơ đồ nguyên lý của hệ dùng bộ điều chỉnh thyristor như hình (2.9).



Hình 2.9. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống dùng bộ điều chỉnh thyristor

Bộ điều chỉnh thyristor này tương đối đơn giản gồm sáu thyristor. Khi ở trạng thái xác lập, các thyristor mở ở những góc kích như nhau và không đổi. Khi đó T_1, T_3, T_5 dẫn ở nửa chu kỳ dương còn T_2, T_4, T_6 dẫn ở nửa chu kỳ âm của lưới điện.

Điện áp đặt vào stator của động cơ U_2 (điện áp ra của bộ biến đổi) là những phần của đường hình sin trên hình (2.10).



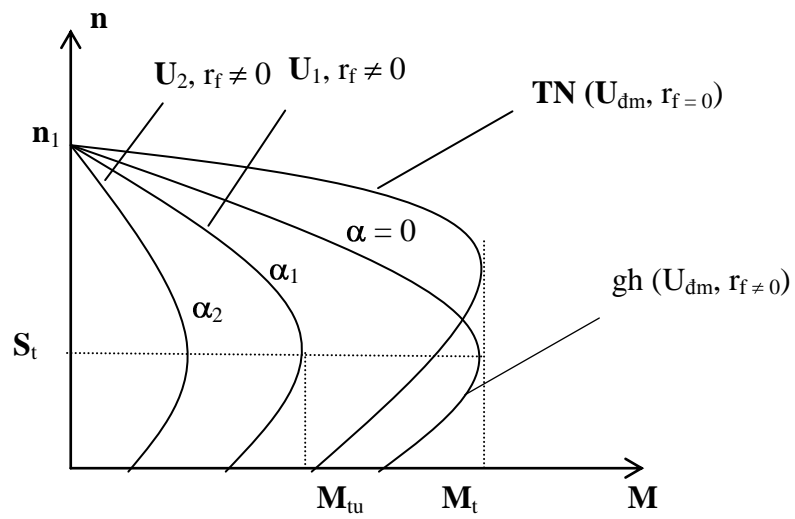
Hình 2.10. Đồ thị điện áp pha ở đầu ra của bộ điều chỉnh thyristor.

Giả thiết đường cong trên hình 5-5 là đồ thị điện áp của pha A đưa vào stato của động cơ qua hai thyristor T_1 và T_4 .

Nếu T_1 mở ở góc $\alpha = 0$ thì T_1 sẽ dẫn cho đến thời điểm π do điện áp lưới dương đặt vào Anot và sau đó vẫn dẫn từ π đến $\pi + \delta$ là nhờ năng lượng điện từ tích lũy trong dây quấn stato.

Tương tự thyristor T_4 dẫn ở nửa chu kỳ âm và góc δ phụ thuộc vào độ trượt S .

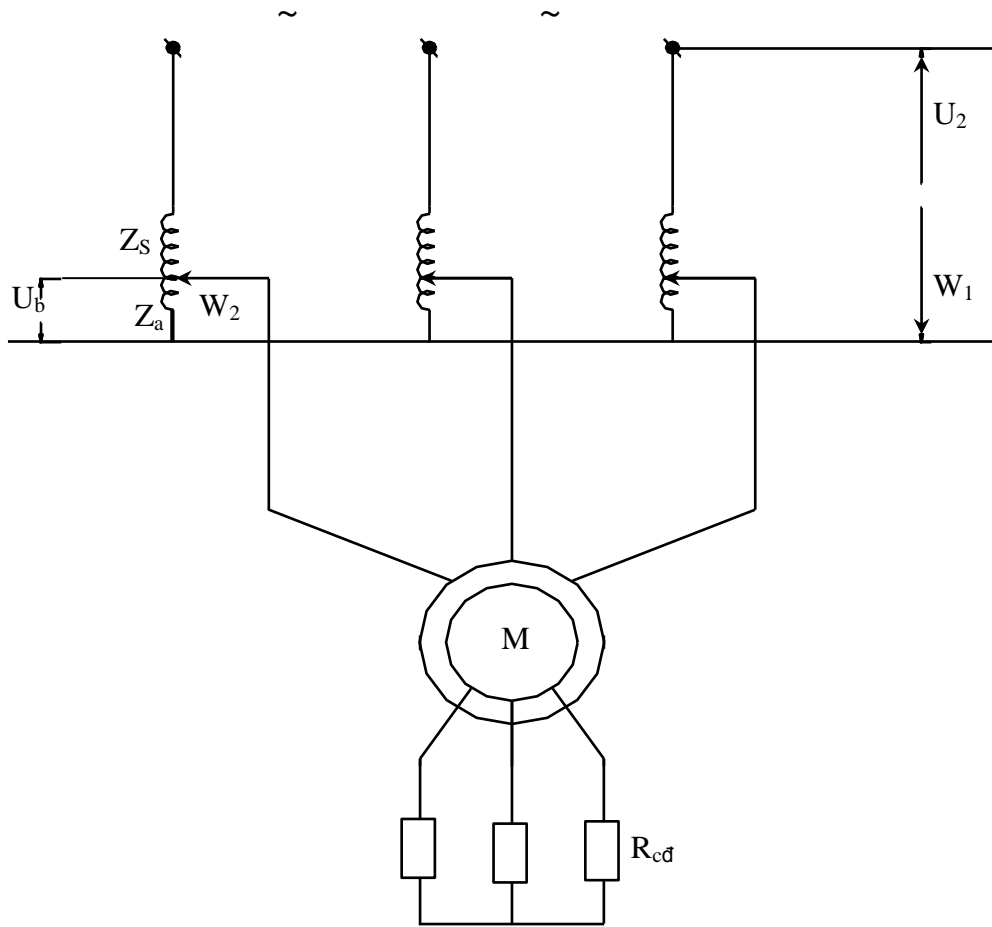
Để dựng đặc tính cơ điều chỉnh, ta bỏ qua điện trở của thyristor. Khi thyristor đang dẫn và các đặc tính điều chỉnh ứng với những góc α khác nhau được vẽ trên hình (2.11). Vì điện áp phụ thuộc vào góc pha φ nên độ trượt tới hạn của các đặc tính điều chỉnh có thể khác với độ trượt S_t .



Hình 2.11. Các đặc tính điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ dùng bộ điều chỉnh thyristor

2.3.2.2. Điều chỉnh điện áp dùng biến áp từ ngẫu

Sơ đồ nguyên lý.



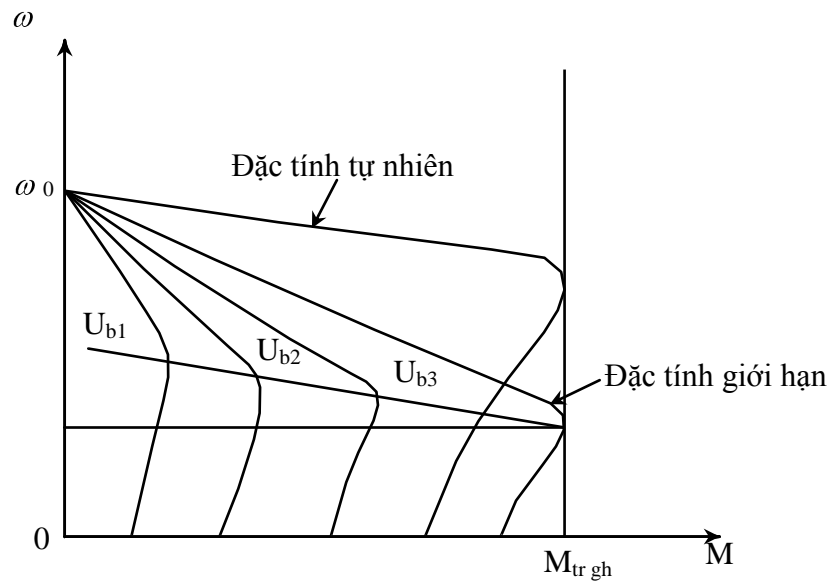
Hình 2.12. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống truyền động dùng biến áp tự ngẫu.

Nếu ký hiệu các đại lượng điện từ của mỗi pha biến áp như hình (2.12) thì tổng trở của biến áp được xác định theo biểu thức:

$$Z_{ba} = Z_s + Z_a \left[\frac{1}{K} - 1 \right]^2$$

Trong đó : $K = W_2/W_1$ Hệ số biến áp .

Khi điều chỉnh điện áp ra để cấp cho stato động cơ , hệ số K thay đổi đồng thời Z_s và Z_a cũng đều thay đổi . Các đặc tính cơ đều có dạng như hình



[Hình 1.10] các đặc tính điều chỉnh của truyền động KĐB dùng biến áp tự ngẫu.

Để cải thiện dạng đặc tính điều chỉnh và giảm bớt mức phát nóng của máy điện, khi dùng động cơ KĐB rôto dây quấn người ta nối thêm một điện trở cố định R_{cd} vào mạch rôto. Khi đó nếu điện áp đặt vào stato là định mức ($U_b = U_1$) thì ta có đặc tính mềm hơn đặc tính tự nhiên. Ta gọi đặc tính này là đặc tính giới hạn. Rõ ràng là $S_{thgh} = S_{th} \frac{R_2 + R_{cd}}{R_2}$; $M_{thgh} = M_{th}$.

Trong đó: M_{thgh} ; S_{thgh} mômen và độ trượt tới hạn của đặc tính giới hạn.

M_{th} ; S_{th} các đại lượng tương ứng của đặc tính tự nhiên.

2.3.3. Các ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng

- **Ưu điểm:**

Phương pháp này cho phép tự động hóa hệ thống và cải thiện các đặc tính điều chỉnh.

- **Nhược điểm:**

Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng điện áp có nhược điểm là làm việc không ổn định do hệ thống nhạy với sự thay đổi của điện áp.

- **Phạm vi ứng dụng:**

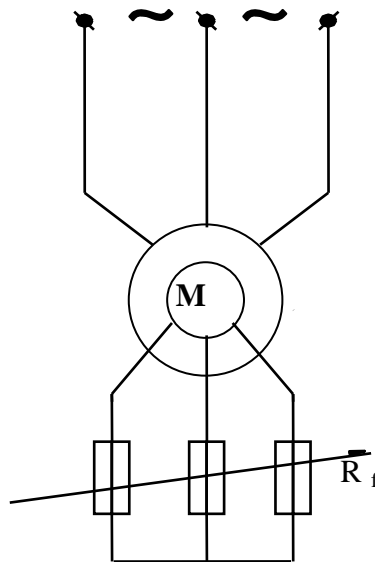
Phương pháp này thích hợp với truyền động mà mômen tải là hàm tăng theo tốc độ như: quạt gió, bơm ly tâm.

2.4. Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách điều chỉnh điện trở mạch rôto

2.4.1. Nguyên lý điều chỉnh

Đối với động cơ rôto dây quấn thường điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở rôto để thay đổi hệ số trượt S , việc điều chỉnh thực hiện ở phía rôto. Phương pháp này còn gọi là phương pháp biến trở.

Sơ đồ điều chỉnh được biểu diễn như hình (2.12).



Hình 2.12. Sơ đồ nguyên lý hệ điều chỉnh điện trở phụ ở mạch rôto

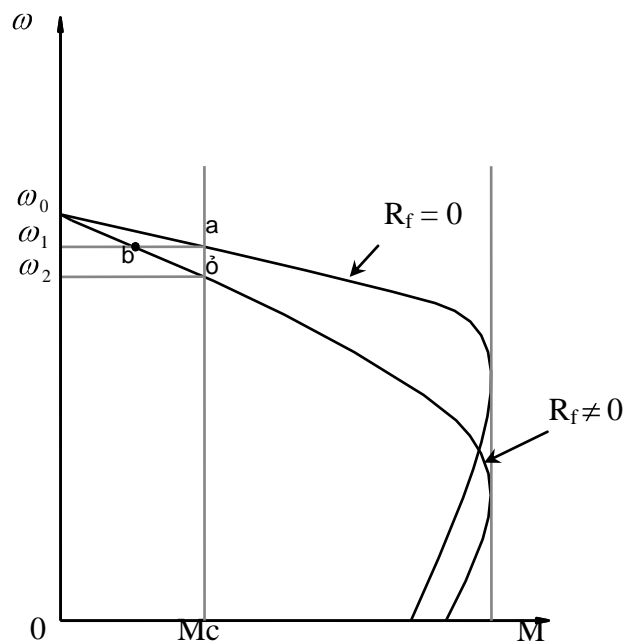
Khi đưa thêm điện trở phụ R_p vào mạch rôto làm cho dòng điện rôto giảm xuống dần đến tốc độ quay giảm xuống.

Điện trở tổng mạch rôto sẽ là : $R_{\Sigma} = R_r + R_f$.

Trong đó: R_r : Điện trở dây quấn một pha của rôto.

R_f : Điện trở phụ một pha nối tiếp với rôto.

Đặc tính điều chỉnh của động cơ khi thay đổi điện trở mạch rôto như trên hình (2.13) .



Hình 2.13. Đặc tính điều chỉnh khi thay đổi điện trở mạch rôto động cơ KĐB rôto dây quấn.

Các đặc tính điều chỉnh phải thỏa mãn phương trình đặc tính cơ.

$$M = \frac{2M_{th}(1 + aS'_{th})}{\frac{S}{S'_{th}} + \frac{S'_{th}}{S} + 2aS'_{th}}$$

Trong đó : $S'_{th} = \frac{R'_2 + R'_f}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}}$ (1.28) .

$$M_{th} = M_{thtn} = \text{Const} \quad (1.29) .$$

$$a = \frac{R_1}{R_2} .$$

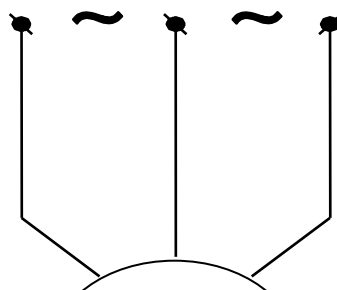
Giả sử động cơ đang làm việc xác lập với đặc tính tự nhiên có tải là M_c và tốc độ là ω_1 ứng với điểm làm việc a nên đặc tính điều chỉnh hình (2.13). Để điều chỉnh tốc độ ta đóng điện trở phụ R_f vào cả 3 pha của rôto, dòng điện và mômen của động cơ giảm đột biến (bỏ qua quán tính điện từ của động cơ) cho nên điểm làm việc trên mặt phẳng đặc tính cơ chuyển từ a đến b tại thời điểm đó mômen của động cơ nhỏ hơn M_c nên hệ giảm tốc.

Mặt khác vì tốc độ giảm, độ trượt tăng nên suất điện động tăng . Cảm ứng trong rôto $E_2 = E_{2nm} \cdot S$ tăng lên .Do đó dòng điện và mômen của động lại tăng lên, cho đến khi $M = M_c$ thì hệ xác lập nhưng với tốc độ mới $\omega_2 < \omega_1$ trạng thái này ứng với điểm a' trên đặc tính điều chỉnh R_f . Khi điều chỉnh điện trở $R_f = 0$ tới $R_f = R_1$ ta có thể điều chỉnh tốc độ động cơ trong miền nằm giữa đặc tính cơ tự nhiên và tính cơ biên trở với $R_f = R_1$.

2.4.2. Các phương pháp điều chỉnh bằng điện trở

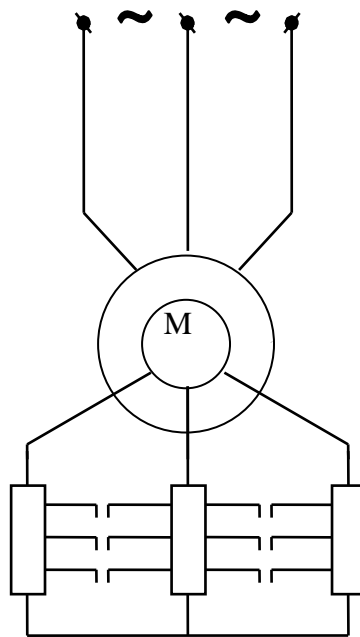
2.4.2.1. Điều chỉnh điện trở mạch rôto dùng con trượt

Sơ đồ này chỉ có dùng cho động cơ công suất nhỏ vì khi điều chỉnh con trượt có thể phát sinh hồ quang dễ gây ra hư hỏng động cơ. Hơn nữa sơ đồ này khó tự động hoá vì vậy ít được sử dụng .



Hình 2.13. Sơ đồ dung con trượt

2.4.2.2. Điều chỉnh điện trở mạch rôto dùng công tắc tơ



Hình .2.14. Sơ đồ dùng công tắc tơ

Sơ đồ dùng công tắc tơ có thể dùng cho các động cơ nhưng chỉ có thể điều chỉnh tốc độ cơ nhảy cấp, khi điều chỉnh gây hồ quang dễ làm hỏng thiết bị vì vậy cũng ít được sử dụng .

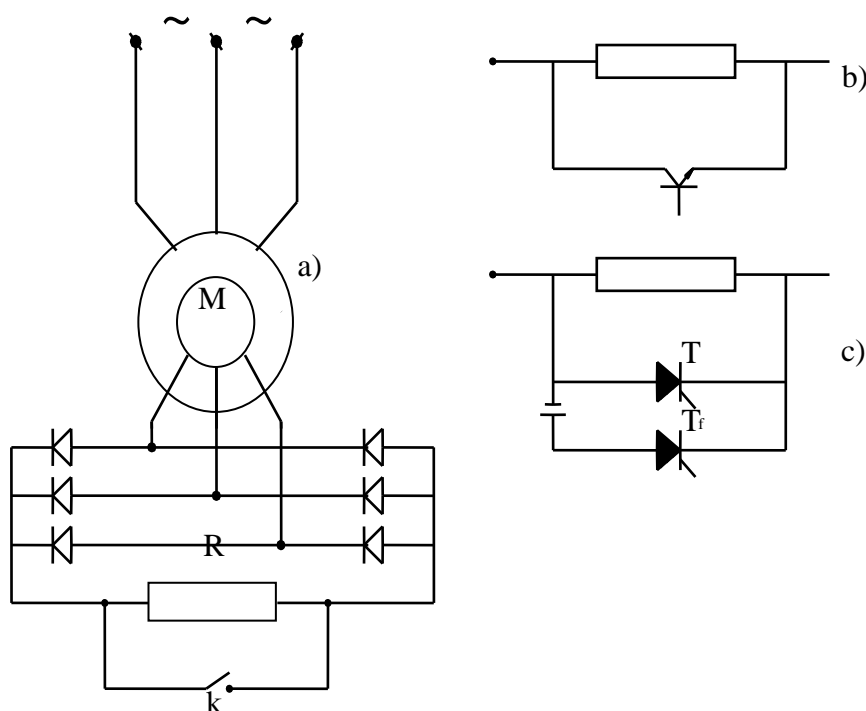
2.4.2.3. Sơ đồ điều chỉnh điện trở mạch rôto dùng điện trở xung

Điều chỉnh tốc độ bằng điện trở là phương pháp đơn giản nhưng có nhiều nhược điểm phần lớn các đặc điểm có liên quan đến dạng đặc tính cơ mềm và việc dùng điện trở nhiều cấp trong mạch động lực .

Nếu muốn điều chỉnh tốc độ động cơ cần phải dùng biến trở có con trượt cần phải có lực cơ lớn để kéo con trượt biến trở. Do dòng điện lớn nên dễ gây ra tia lửa điện làm cháy hỏng gây nguy hiểm.

Phương pháp điều chỉnh xung điện trở sẽ khắc phục được một số nhược điểm trên và mở ra khả năng tự động hoá hệ thống, đây là phương pháp triển của phương pháp biến trở .

Sơ đồ nguyên lý của phương pháp điều chỉnh xung điện trở.



Hình 2.15. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh xung điện trở

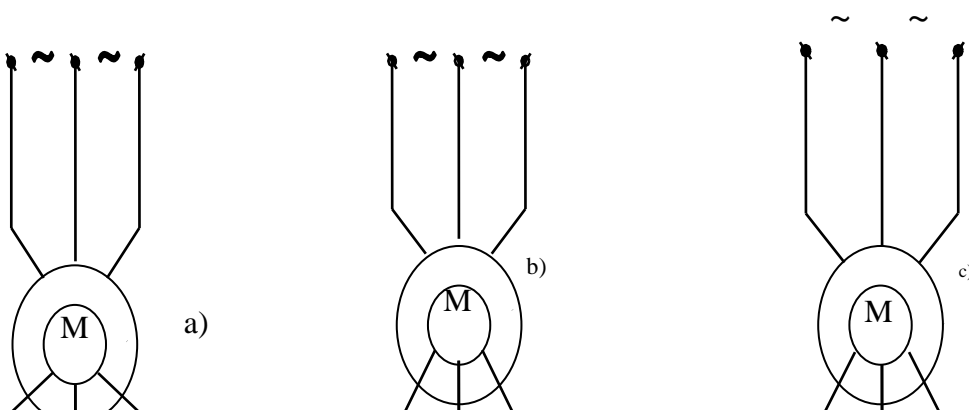
Hình (2.15a) và (2.15b) trình bày một điện trở xung đơn giản nó gồm một điện trở R mắc song song với một khoá K được đóng ngắt theo chu kỳ, khoá K có thể là một tranzito hay một thiritor khoá K không thể là khí cụ cơ hoặc điện từ cơ kiểu role_công tác tơ để làm khoá K. Bởi vì chúng có độ tác động nhanh kém đến mức không thể điều khiển được

dòng điện và tốc độ . Khi làm việc thì chóng hư hỏng do tác động ở tần số tương đối cao.

Hiện nay người ta làm khoá K bằng các van bán dẫn điều khiển như tranzito hoặc thiristor . Khi thay đổi tần số đóng cắt thiristor thì dẫn đến thay đổi điện trở tương đương rôto . Do vậy việc sử dụng điện trở xung để điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB có nhiều ưu điểm như:

- Điện trở thay đổi vô cấp.
- Điện trở thay đổi tự động do sự thay đổi tự động độ rộng của xung điện trở δ .
- Dễ dàng tự động hoá.

Trên thực tế có khá nhiều sơ đồ để điều chỉnh xung tốc độ động cơ KĐB 3 pha rôto dây quấn. Ở đây ta chỉ xét phương pháp xung tốc độ mạch rôto và có các sơ đồ điều chỉnh như hình (2.16).



Hình 2.16. Sơ đồ điều chỉnh xung điện trở rôto bằng van bán dẫn.

Hình (2.16a) trình bày sơ đồ điều chỉnh xung tốc độ mạch rôto không có mạch một chiều trung gian phương pháp này gây tổn hao phụ lớn, sử dụng nhiều thiritor và mạch điều khiển khá phức tạp nên ít được sử dụng chủ yếu là dùng hai sơ đồ còn lại . Đó là sơ đồ điều chỉnh xung tốc độ có mạch một chiều trung gian. Đặc điểm chung của chúng là có một chỉnh lưu cầu 3 pha đặt trong mạch rôto, việc điều chỉnh truyền động điện được thực hiện bằng cách điều chỉnh dòng điện một chiều ở đầu ra của cầu .

Trên sơ đồ hình (2.16b) sơ đồ nguyên lý điều chỉnh xung tốc độ động cơ rôto dây quấn với bộ chuyển mạch rôto có mắc thêm chỉnh lưu dòng điện rôto. ở phương pháp này ở mạch rôto có mắc thêm chỉnh lưu cầu 3 pha không điều chỉnh đầu ra của bộ chỉnh lưu có mắc thiritor T_1 cùng với thiritor T_2 , điện trở R_1 và R_2 cùng tụ C . Để điều chỉnh thiritor T_1 và T_2 người ta dùng sơ đồ điều chỉnh đa hài .

Khi phát xung điều khiển thiritor T_1 thì nó được mở và tụ C sẽ phóng điện qua điện trở R_2 . Sau khi phát xung điều khiển mở T_2 thì điện áp trên tụ C là điện áp ngược đặc trên toàn bộ T_1 và khi đạt đến hằng số thời gian đủ lớn $R_1.C$ thì T_1 được khoá lại , tụ C được nạp ngược lại với

cực tính δ_0 với lúc trước khi mở T_1 thì T_2 được khoá lại và quá trình cứ tiếp diễn.

Trên sơ đồ hình (1.26c) ở đầu ra của cầu chỉnh lưu có mắc điện cảm L_d nối tiếp với điện trở phụ R_f . Song song với R_f là khoá chuyển mạch mà trên hình vẽ ký hiệu là thiritor, đóng mở khoá chuyển mạch theo chu kỳ điện trở tương đương R_{td} sẽ biến đổi từ $0 \rightarrow R_f$ tùy thuộc vào độ rộng xung điện trở S , sau đó dòng điện rôto sẽ thay đổi theo. ở đây R_{td} được điều chỉnh trơn vô cấp nhờ đó có thể điều chỉnh tinh tốc độ, khoảng điều chỉnh rộng có thể tạo được đặt tính cơ mong muốn.

Tóm lại: mỗi phương pháp điều khiển đều có ưu nhược điểm riêng. Tùy theo từng yêu cầu điều chỉnh, phụ tải cụ thể mà ta chọn phương pháp điều chỉnh nào sao cho thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật mà kinh tế nhất.

2.4.3. Các ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng

- **Ưu điểm**

Mạch động lực và điều khiển đơn giản làm cho các thao tác điều khiển dễ dàng, chi phí vận hành và sửa chữa thấp.

Hạn chế dòng điện mở máy do đó làm tăng khả năng mở máy cho động cơ.

Tự động hóa điều chỉnh tốc độ dễ dàng.

- **Nhược điểm**

Dải điều chỉnh tốc độ bé.

Tổn hao năng lượng lớn do tỏa nhiệt trên điện trở R_f .

- **Phạm vi ứng dụng**

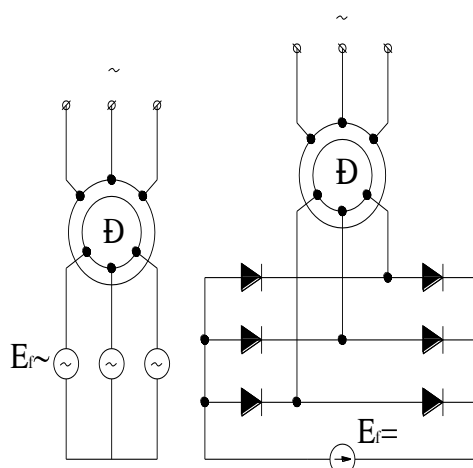
Từ các ưu, nhược điểm trên, đây là một phương pháp được sử dụng rộng rãi, mặc dù đây không phải là phương pháp kinh tế nhất. Nó được ứng dụng nhiều trong điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ rôto dây quấn. Phương pháp này được sử dụng trong các hệ thống có các động cơ

không đồng bộ làm việc ngắn hạn hay ngắn hạn lặp lại, và thích hợp với các hệ thống yêu cầu tốc độ không cao như cần trục, cầu trục...

2.5. Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng sơ đồ nối tầng

2.5.1. Nguyên lý điều chỉnh

Điều chỉnh tốc độ của động cơ không đồng bộ trong các sơ đồ nối tầng được thực hiện bằng cách đưa vào rôto của nó một sức điện động E_f . Sức điện động phụ này có thể cùng chiều hoặc ngược chiều với sức điện động cảm ứng trong mạch rôto E_2 và có tần số bằng tần số rôto. Sức điện động phụ có thể là xoay chiều hoặc một chiều như sơ đồ nguyên lý sau:



Hình 2.17. Sơ đồ nguyên lý khi đưa sức điện động phụ vào mạch rôto của động cơ không đồng bộ để điều chỉnh tốc độ của nó trong sơ đồ nối tầng.

Nguyên lý điều chỉnh tốc độ động cơ trong các sơ đồ này như sau:

Giả thiết Đ làm việc ở trạng thái động cơ nghĩa là nó tiêu thụ năng lượng từ lưới và sinh năng lượng trượt ở mạch rôto $\Delta P_s = M\omega_0 s$. Khi đưa E_f vào, dòng điện rôto khi đó

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2 - \dot{E}_f}{Z} \quad (8)$$

Ta giả thiết $M_c = \text{const}$ và động cơ đang làm việc xác lập trên đặc tính ứng với một giá trị E_f nào đó. Nếu tăng E_f lên thì dòng I_2 giảm, mômen điện từ của động cơ giảm và có giá trị nhỏ hơn mômen M_c , nên tốc độ của động cơ giảm. Khi tốc độ giảm, độ trượt tăng làm cho $E_2 = E_{2\text{nm}s}$ tăng lên. Kết quả là dòng điện rôto I_2 và mômen điện từ tăng lên. Cho đến khi mômen của thiết bị nối tăng cân bằng với mômen M_c thì quá trình giảm tốc kết thúc, động cơ làm việc với tốc độ nhỏ hơn trước.

Khi $|E_2| = |E_f|$, $I_2 = 0$ động cơ có tốc độ không tải lý tưởng $\omega_{0\text{lt}}$. Khi $E_f = 0$ động cơ làm việc trên đặc tính gần đặc tính tự nhiên.

2.5.2. Các phương pháp nối tăng

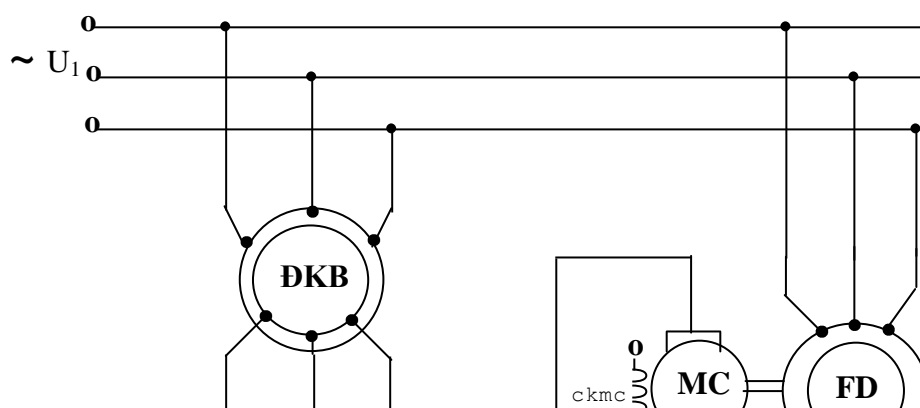
2.5.2.1. Phương pháp nối tăng dùng hệ thống van máy điện

Đối với những động cơ không đồng bộ rôto dây quấn có công suất lớn hoặc rất lớn thì tổn thất công suất trượt sẽ rất lớn. Do đó có thể không dùng được các thiết bị chuyển đổi và điều chỉnh điện trở ở mạch rôto.

Để vừa tận dụng được năng lượng trượt vừa điều chỉnh được tốc độ động cơ không đồng bộ rôto dây quấn, người ta sử dụng các sơ đồ nối tăng sau:

Sơ đồ nối tăng máy điện, sơ đồ nối tăng van - máy điện,

Ở đây ta chỉ xét sơ đồ nối tăng van - máy điện.



Hình 2.17. Sơ đồ nối tầng van máy điện

Để điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ trong các sơ đồ nối tầng, ta thực hiện bằng cách đưa vào roto một sức điện động phụ E_f . Sức điện động phụ này có thể là xoay chiều hoặc một chiều.

Trên sơ đồ hình (2.17), ta thấy muốn điều chỉnh tốc độ động cơ thì ta thay đổi sức điện động phụ E_f . Sức điện động này do máy một chiều tạo ra.

Giả thiết khi $M_c = \text{const}$ và động cơ làm việc ở trạng thái xác lập ứng với một giá trị E_f nào đó. Nếu tăng E_f lên thì dòng I_2 giảm mômen điện từ của động cơ giảm và có trị số nhỏ hơn mômen M_c nên tốc độ của động cơ giảm.

Khi tốc độ của động cơ giảm thì độ trượt S tăng, làm cho $E_2 = E_{2nm}$ S tăng, kết quả là dòng I_2 và mômen điện từ của động cơ tăng lên cho đến khi mômen của thiết bị nối tầng cân bằng với M_c thì quá trình giảm tốc kết thúc và động cơ làm việc ở trạng thái xác lập với tốc độ như ban đầu.

Dòng điện chỉnh lưu I_d ở mạch roto của động cơ được xác định:

$$I_d = \frac{KsE_2 - E_f}{R_{dt}}$$

Trong đó:

E_2 : Trị số hiệu dụng của sức điện động pha ở roto động cơ.

K_s : Hệ số phụ thuộc vào sơ đồ chỉnh lưu (đối với sơ đồ cầu ba pha $K_s = 2,34$).

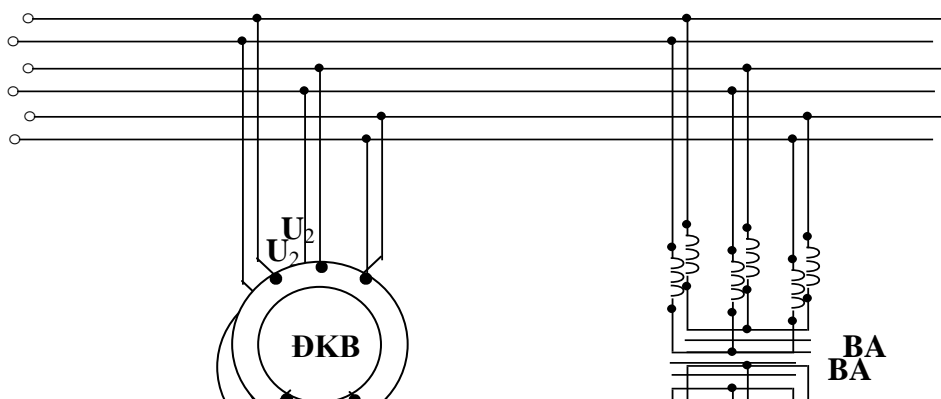
R_{dt} : Điện trở đẳng trị của mạch roto tính đổi về phía một chiều.

E_f : Sức điện động của máy một chiều.

Khi tốc độ động cơ không đồng bộ $n < n_1$. Nếu bỏ qua các tổn hao trong động cơ và trong các khâu biến đổi thì công suất động cơ không đồng bộ lấy từ lưới vào $P_1 = P_{đm}$ còn công suất phụ trong mạch roto (công suất trượt) $P_f = P_{đm} S$ thông qua bộ chỉnh lưu đưa vào phần ứng máy một chiều MC quay, kéo theo FĐ quay. FĐ phát điện trả năng lượng về nguồn với công suất $P_f = P_{đm} S$, động cơ làm việc ở trạng thái động cơ.

Khi $n > n_1$ thì động cơ làm việc ở trạng thái máy phát.

2.5.1.2. Phương pháp nối tầng dùng thyristor



Hình 2.18. Hệ thống nối tầng van máy điện

Trên sơ đồ hình (2.18), năng lượng trượt từ roto động cơ không đồng bộ sau khi đã chỉnh lưu thành một chiều được biến thành xoay chiều nhờ bộ nghịch lưu và trả về lưới điện nhờ biến áp BA. Sức điện động phụ đưa vào mạch roto của động cơ không đồng bộ là sức điện động của bộ nghịch lưu. Trị số của nó được điều chỉnh bằng cách thay đổi góc mở của các van thyristor trong bộ nghịch lưu.

Điện áp xoay chiều của bộ nghịch lưu có biên độ và tần số không đổi do được xác định bởi điện áp và tần số của lưới điện. Bộ nghịch lưu làm việc với góc điều khiển α thay đổi từ 90° đến 240° , phần còn lại dành cho góc chuyển mạch γ .

Độ lớn dòng điện roto phụ thuộc vào mômen tải của động cơ mà không phụ thuộc vào góc điều khiển nghịch lưu.

Điện áp U_2 được chỉnh lưu thành điện áp một chiều nhờ bộ chỉnh lưu

$D_1 \div D_6$ qua điện kháng lọc L cấp cho nghịch lưu và phụ thuộc vào nghịch lưu.

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu và nghịch lưu là như nhau:

$$U_d = U_{dn}$$

Sai lệch về giá trị tức thời giữa điện áp chỉnh lưu và nghịch lưu chính là điện áp trên điện kháng lọc L.

Giả thiết bỏ qua điện trở và điện kháng tản của mạch stato và xem động cơ có số vòng dây stato và rôto là như nhau, thì giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu khi $I_d = 0$ là:

$$U_d = \frac{3\sqrt{3}U_1}{\pi} \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Trường hợp khi có tải $I_d \neq 0$ thì điện áp này giảm xuống do sụt áp chuyển mạch giữa các van trong cầu chỉnh lưu và sụt áp do điện trở dây quấn rôto.

2.5.3. Các ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng

- **Ưu điểm**

Chỉ tiêu năng lượng cao do tận dụng được công suất trượt ở mạch rôto.

- **Nhược điểm**

Mạch điều khiển và mạch động lực phức tạp dẫn đến chi phí vận hành và sửa chữa lớn. Phạm vi điều chỉnh tốc độ của hệ thống không lớn lắm và mômen của động cơ giảm khi tốc độ giảm xuống.

- **Phạm vi ứng dụng**

Phương pháp điều chỉnh công suất trượt thường áp dụng cho các truyền động công suất lớn vì khi đó tiết kiệm điện năng có ý nghĩa lớn. Phương pháp này nên áp dụng cho các truyền động có số lần khởi động, dừng máy và đảo chiều ít vì thường ta khởi động bằng phương pháp khác cho đến khi tốc độ đến vùng làm việc thì mới sử dụng phương pháp này để điều chỉnh tốc độ.

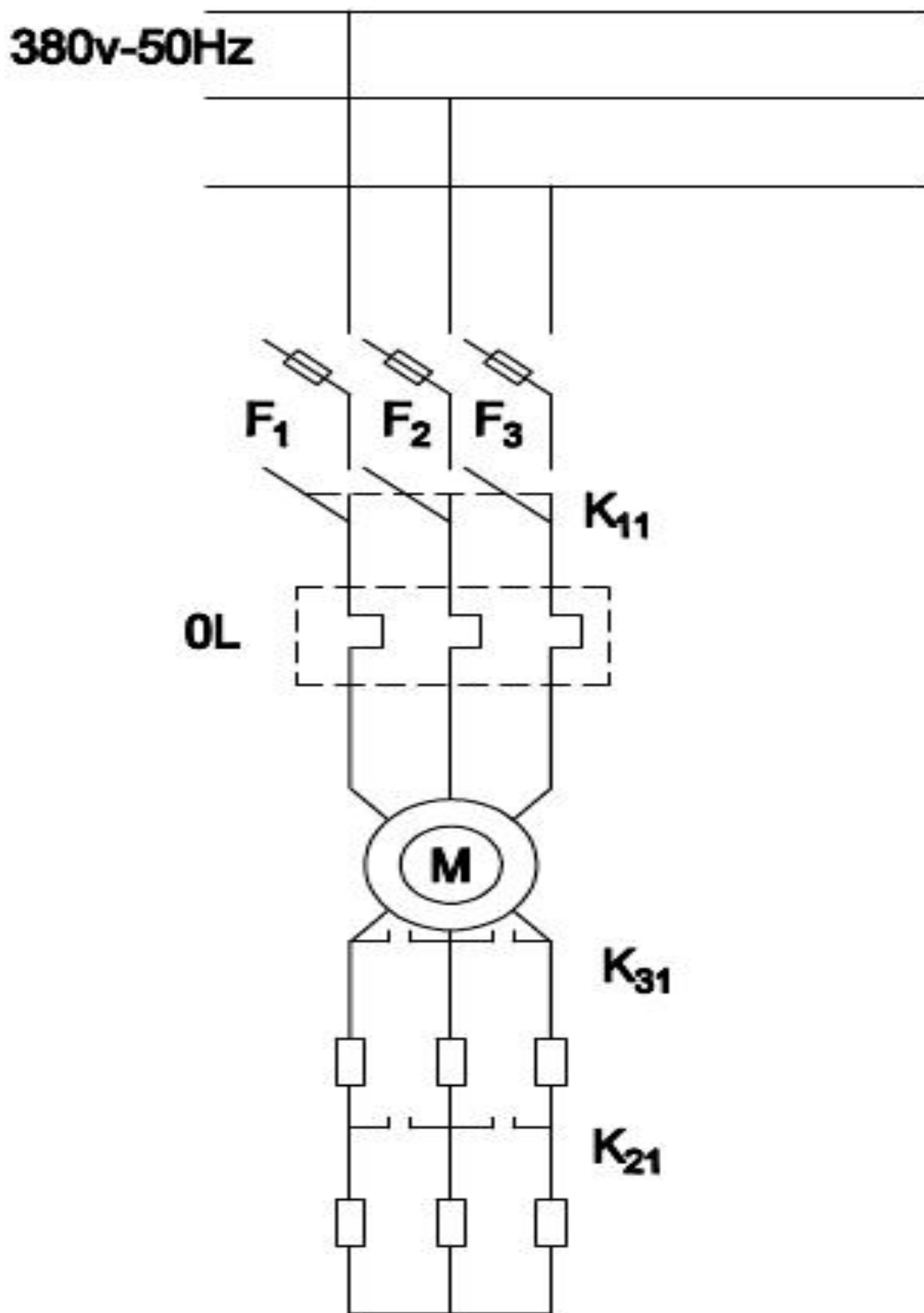
CHƯƠNG 3.

XÂY DỰNG BÀI THÍ NGHIỆM ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ RÔTÔ DÂY QUẤN BẰNG THAY ĐỔI ĐIỆN TRỞ MẠCH RÔTÔ

3.1. CHỌN VÀ TÍNH TOÁN MẠCH ĐỘNG LỰC

3.1.1. Chọn mạch động lực

Từ việc phân tích các ưu, nhược điểm của các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ với động cơ trong yêu cầu của đề án là động cơ không đồng bộ ba pha rô-tô dây quấn ta thấy phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch rô-tô là thích hợp nhất. Vì phương pháp này mạch động lực và điều khiển đơn giản làm cho các thao tác điều khiển dễ dàng, chi phí vận hành và sửa chữa thấp. Hạn chế được dòng điện mở máy do đó làm tăng khả năng mở máy cho động cơ. Tự động hóa điều chỉnh tốc độ dễ dàng. Do vậy ta chọn sơ đồ mạch động lực như hình vẽ dưới đây:



Hình 3.1. Sơ đồ mạch động lực

3.1.2. Tính toán mạch động lực

Các thông số của động cơ KĐB rôto dây quấn:

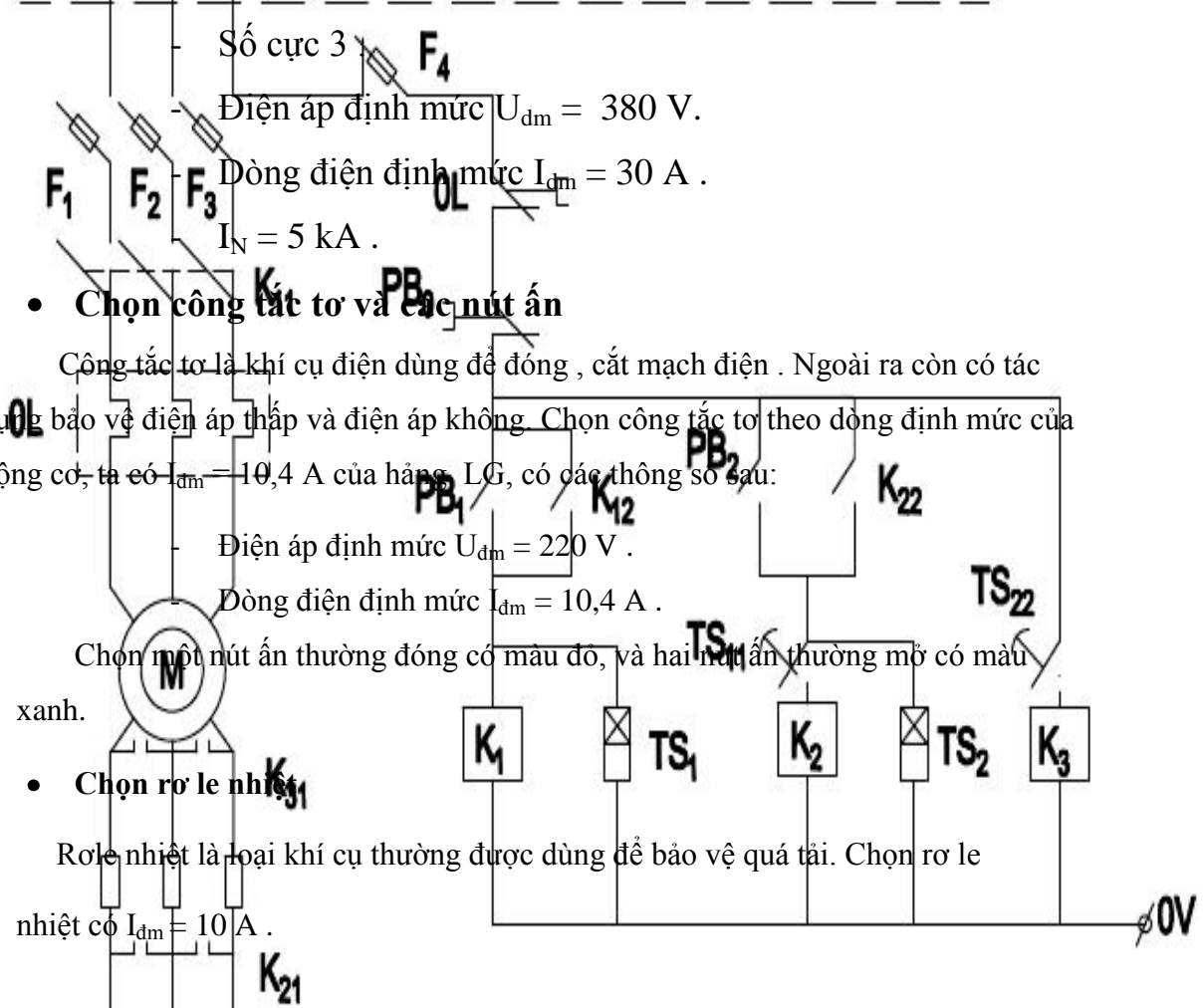
$$P_{dm} = 3,7 \text{ kW .}$$

$$\omega_{dm} = 1200 \text{ v/ph .}$$

$$I_{dm} = 10,4 \text{ A .}$$

- **Chọn Aptomat**

Aptomat khí cụ điện dùng để đóng cắt mạch điện , để bảo vệ quá tải và ngắn mạch. Ta chọn Aptomat theo dòng định mức, có các thông số kỹ thuật sau.



3.2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN

- **Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển**

Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển

- **Trang bị điện của mạch**
 - Cầu chì F.
 - Nút ấn PB_0, PB_1, PB_2 .
 - Công tắc tơ K_1, K_2, K_3 .

- Role nhiệt OL.
- Động cơ dị bộ rôto dây quấn.
- Role thời gian TS_1, TS_2 .

- **Nguyên lý hoạt động của mạch**

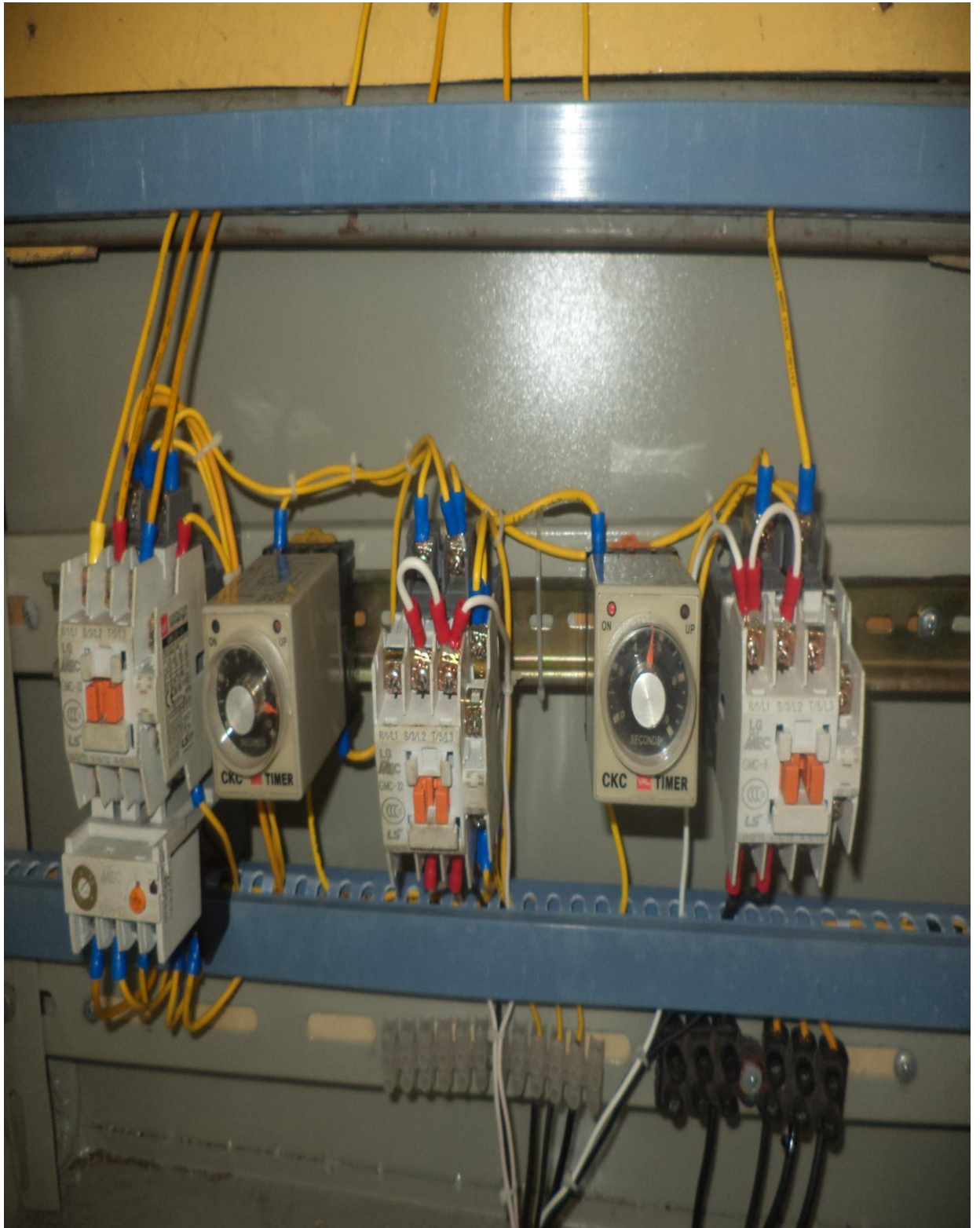
Đóng aptomat nguồn. Ấn nút PB_1 , cuộn hút công tắc tơ K_1 có điện sẽ đóng điện cho động cơ hoạt động qua các tiếp điểm động lực K_{11} và động cơ chạy với tốc độ n_1 hoạt động của mạch được duy trì qua tiếp điểm K_{12} . Sau một thời gian nhất định được duy trì bởi role TS_1 , tiếp điểm thường mở đóng chậm TS_{11} đóng lại, ấn nút PB_2 cuộn hút công tắc tơ K_2 có điện sẽ hút tiếp điểm K_{21} , ngắt $\frac{1}{2}$ điện trở mạch rôto ra, động cơ lại chạy với tốc độ n_2 . Đồng thời role TS_2 duy trì một khoảng thời gian nhất định sau đó tiếp điểm thường mở đóng chậm TS_{22} được đóng lại. Cuộn hút công tắc tơ K_3 có điện hút tiếp điểm K_{31} đóng lại cắt toàn bộ điện trở ra khỏi mạch rôto, động cơ lại chạy với một tốc độ khác là n_3 .

3.3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ BÀI THÍ NGHIỆM

Ta bố trí thiết bị và dựa vào sơ đồ nguyên lý xây dựng mô hình bài thí nghiệm như sau:







3.4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Động cơ chạy với các cấp tốc độ khác nhau khi ta thay đổi điện trở của mạch rôto.