

## **Đồ án tốt nghiệp**

**Thiết kế và khảo sát các hiện tượng xảy ra trong các bộ nguồn chỉnh lưu**

---

## LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời đại ngày nay, truyền động điện đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của đời sống nhờ những ưu thế của nó như kết cấu gọn nhẹ, độ bền và độ tin cậy cao, tương đối sạch nên không gây ra các vấn đề về môi trường... Bên cạnh đó truyền động điện còn có một ưu thế rất nổi bật, đặc biệt đối với truyền động điện một chiều, là khả năng điều khiển dễ dàng. Chính vì vậy mà truyền động điện một chiều có một vai trò quan trọng trong các dạng truyền động hiện đang dùng, nhất là trong những lĩnh vực đòi hỏi khả năng điều khiển cao như trong các máy sản xuất.

Tuy nhiên, truyền động điện một chiều đòi hỏi phải có nguồn điện một chiều với các cấp điện áp khác nhau là loại nguồn điện phi tuyến tiêu chuẩn trong sản xuất điện năng. Vì vậy, việc tạo ra những bộ nguồn một chiều thích hợp đã và đang là những vấn đề được đặt ra. Trong một số trường hợp, người ta dùng các nguồn điện điện hoá như pin, acquy... Nhược điểm của loại nguồn này là giá thành thường khá cao và tăng nhanh theo công suất. Trong một số trường hợp khác, người ta dùng nguồn máy phát một chiều có khả năng cho công suất lớn nhưng giá thành cũng vẫn khá cao và kết cấu lại cồng kềnh. Ngày nay, cùng với sự phát triển của ngành kỹ thuật bán dẫn, các bộ nguồn một chiều dùng chỉnh lưu bán dẫn ngày càng chiếm ưu thế nhờ có kết cấu gọn nhẹ, hiệu suất và độ tin cậy cao, giá thành hạ, không có tiếng ồn... Cũng chính nhờ có loại nguồn này mà truyền động điện một chiều ngày càng trở nên tiện lợi và được ứng dụng rộng rãi hơn. Và cũng chính vì thế mà việc đi sâu nghiên cứu phân tích các hiện tượng, các quá trình xảy ra trong thiết bị chỉnh lưu bán dẫn, nhằm thiết kế những bộ nguồn chỉnh lưu bán dẫn có hiệu suất và khả năng thích ứng cao đã trở nên hết sức hấp dẫn.

Xuất phát từ những vấn đề mà thực tiễn đặt ra, trong bản đồ án này đã thiết kế và khảo sát các hiện tượng xảy ra trong các bộ nguồn chỉnh lưu điều khiển dùng Thyristor theo sơ đồ cầu một pha cho động cơ điện một chiều công

---

suất 2,5 kw – 1300 v/p. Trong phạm vi nhiệm vụ được giao của bản đồ án, ngoài việc tính toán các thông số và giá trị cần thiết cho mạch điều khiển.

TaiLieu.vn

## CHƯƠNG I

### GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 1.1. Đặt vấn đề

Cùng với sự tiến bộ của văn minh nhân loại chúng ta có thể chứng kiến sự phát triển rầm rộ kể cả về quy mô lẫn trình độ của nền sản xuất hiện đại. Trong sự phát triển đó, ta cũng có thể dễ dàng nhận ra và khẳng định rằng điện năng và máy tiêu thụ điện năng đóng vai trò quan trọng không thể thiếu được nếu không muốn nói là chủ chốt. Nó luôn đi trước một bước làm tiền đề, nhưng cũng là mũi nhọn quyết định sự thành công của cả một hệ thống sản xuất công nghiệp. Không một quốc gia nào, một nền sản xuất nào không sử dụng điện và máy điện.

Do tính ưu việt của hệ thống điện xoay chiều: để sản xuất, truyền tải..., cả máy phát và động cơ điện xoay chiều đều có cấu tạo đơn giản và công suất lớn, dễ vận hành..., máy điện (động cơ điện) xoay chiều ngày càng được sử dụng rộng rãi và phổ biến. Tuy nhiên, động cơ điện một chiều vẫn giữ một vị trí nhất định như trong công nghiệp giao thông vận tải, và nói chung ở các thiết bị cần điều khiển tốc độ quay liên tục trong phạm vi rộng (như trong máy cán thép, máy công cụ lớn, đầu máy điện...). Mặc dù, so với động cơ không đồng bộ để chế tạo động cơ điện một chiều cùng cỡ thì giá thành đắt hơn, do sử dụng nhiều kim loại màu hơn, chế tạo bảo quản cở góp phức tạp hơn... nhưng do những ưu điểm của nó mà máy điện một chiều vẫn không thể thiếu trong nền sản xuất hiện đại.

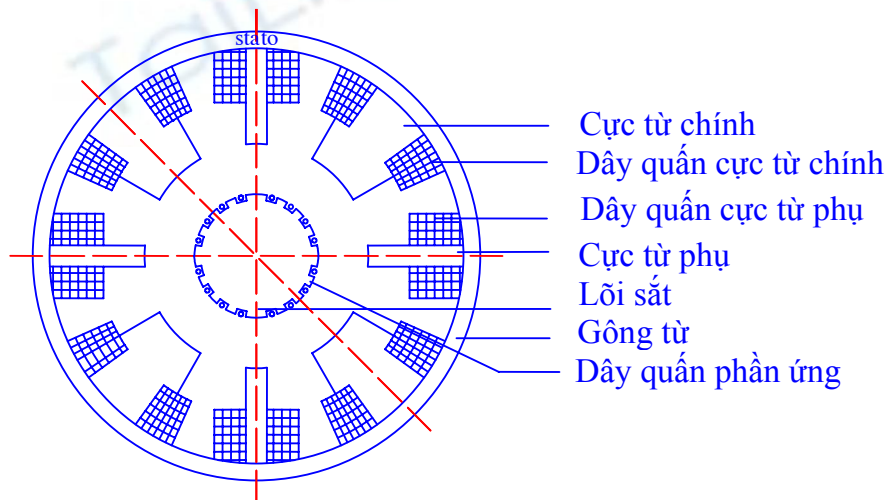
Ưu điểm của động cơ điện một chiều là có thể dùng làm động cơ điện hay máy phát điện trong những điều kiện làm việc khác nhau. Song ưu điểm lớn nhất của động cơ điện một chiều là điều chỉnh tốc độ và khả năng quá tải. Nếu như bản thân động cơ không đồng bộ không thể đáp ứng được hoặc nếu đáp ứng được thì phải chi phí các thiết bị biến đổi đi kèm (như bộ biến tần....) rất đắt tiền thì động cơ điện một chiều không những có thể điều chỉnh rộng và chính xác mà cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển đơn giản hơn đồng thời lại

đạt chất lượng cao.

Ngày nay, hiệu suất của động cơ điện một chiều công suất nhỏ khoảng  $75\% \div 85\%$ , ở động cơ điện công suất trung bình và lớn khoảng  $85\% \div 94\%$ . Công suất lớn nhất của động cơ điện một chiều vào khoảng 100000kw điện áp vào khoảng vài trăm cho đến 1000v. Hướng phát triển là cải tiến tính năng vật liệu, nâng cao chỉ tiêu kinh tế của động cơ và chế tạo những máy công suất lớn hơn đó là cả một vấn đề rộng lớn và phức tạp.

## 1.2. Cấu tạo của động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều có thể phân thành hai phần chính: phần tĩnh và phần động.



Hình 1-1. Cấu tạo động cơ điện một chiều

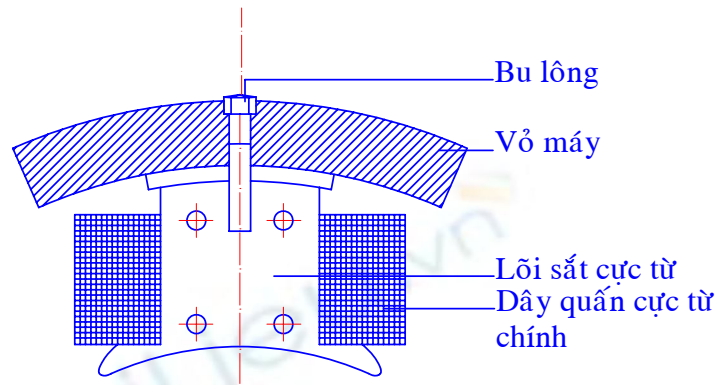
### 1.2.1. Phần tĩnh hay stato

Là phần đứng yên của máy (hình 1 – 1), bao gồm các bộ phận chính sau:

#### a) Cực từ chính

Là bộ phận sinh ra từ trường gồm có lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ. Lõi sắt cực từ làm bằng những lá thép kỹ thuật điện hay thép cacbon dày 0,5 đến 1mm ép lại và tán chặt. Trong động cơ điện nhỏ có thể dùng thép khối. Cực từ được gắn chặt vào vỏ máy nhờ các bulông. Dây

quấn kích từ được quấn bằng dây đồng, và mỗi cuộn dây đều được bọc cách điện kỹ thành một khối tấm sơn cách điện trước khi đặt trên các cực từ. Các cuộn dây kích từ được đặt trên các cực từ này được nối tiếp với nhau như trên (hình 1 - 2).



Hình 1-2. Cấu tạo cực từ chính

#### b) Cực từ phụ

Cực từ phụ được đặt trên các cực từ chính và dùng để cải thiện đổi chiều. Lõi thép của cực từ phụ thường làm bằng thép khối và trên thân cực từ phụ có đặt dây quấn mà cấu tạo giống như dây quấn cực từ chính. Cực từ phụ được gắn vào vỏ máy nhờ những bulông.

#### c) Gông từ

Gông từ dùng làm mạch từ nối liền các cực từ, đồng thời làm vỏ máy. Trong động cơ điện nhỏ và vừa thường dùng thép dày uốn và hàn lại. Trong máy điện lớn thường dùng thép đúc. Có khi trong động cơ điện nhỏ dùng gang làm vỏ máy.

#### d) Các bộ phận khác

Bao gồm:

- Nắp máy: Để bảo vệ máy khỏi những vật ngoài rơi vào làm hư hỏng dây quấn và an toàn cho người khỏi chạm vào điện. Trong máy điện nhỏ và vừa nắp máy còn có tác dụng làm giá đỡ ổ bi. Trong trường hợp này nắp máy thường làm bằng gang.

- Cơ cấu chổi than: để đưa dòng điện từ phần quay ra ngoài. Cơ cấu chổi than bao gồm có chổi than đặt trong hộp chổi than nhờ một lò xo tì chặt lên cổ góp. Hộp chổi than được cố định trên giá chổi than và cách điện với giá. Giá chổi than có thể quay được để điều chỉnh vị trí chổi than cho đúng chỗ. Sau khi điều chỉnh xong thì dùng vít cố định lại.

### 1.2.2. Phần quay hay rôto

Bao gồm những bộ phận chính sau :

#### a) Lõi sắt phản ứng

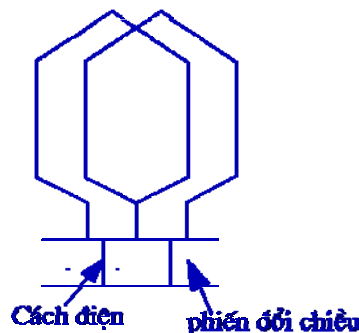
Dùng để dẫn từ, thường dùng những tấm thép kỹ thuật điện dày 0,5mm phủ cách điện mỏng ở hai mặt rồi ép chặt lại để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên. Trên lá thép có dập hình dạng rãnh để sau khi ép lại thì đặt dây quấn vào.

Trong những động cơ trung bình trở lên người ta còn dập những lỗ thông gió để khi ép lại thành lõi sắt có thể tạo được những lỗ thông gió dọc trục.

Trong những động cơ điện lớn hơn thì lõi sắt thường chia thành những đoạn nhỏ, giữa những đoạn ấy có để một khe hở gọi là khe hở thông gió. Khi máy làm việc gió thổi qua các khe hở làm nguội dây quấn và lõi sắt.

Trong động cơ điện một chiều nhỏ, lõi sắt phản ứng được ép trực tiếp vào trục. Trong động cơ điện lớn, giữa trục và lõi sắt có đặt giá rôto. Dùng giá rôto có thể tiết kiệm thép kỹ thuật điện và giảm nhẹ trọng lượng rôto.

#### b) Dây quấn phản ứng



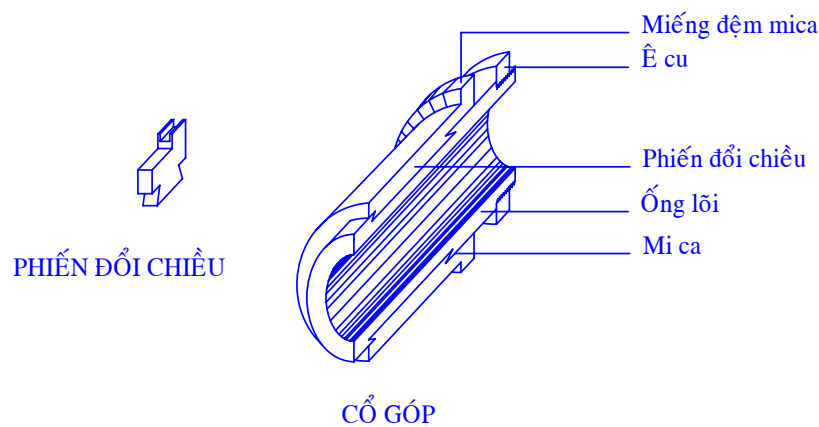
Hình 1-3. Sơ đồ cách quấn dây

Dây quấn phản ứng là phần phát sinh ra suất điện động và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phản ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ có công suất dưới vài kw thường dùng dây có tiết diện tròn. Trong máy điện vừa và lớn thường dùng dây tiết diện chữ nhật. Dây quấn được cách điện cẩn thận với rãnh của lõi thép.

Để tránh khi quay bị văng ra do lực li tâm, ở miệng rãnh có dùng nêm để đè chặt hoặc đai chặt dây quấn. Nêm có làm bằng tre, gỗ hay bakelit.

### c) Cổ góp

Dùng để đổi chiều dòng điện xoay chiều thành một chiều. Cổ góp gồm nhiều phiến đồng có được mạ cách điện với nhau bằng lớp mica dày từ 0,4 đến 1,2 mm và hợp thành một hình trụ tròn. Hai đầu trục tròn dùng hai hình ốp hình chữ V ép chặt lại. Giữa vành ốp và trụ tròn cũng cách điện bằng mica. Đuôi vành góp có cao lên một ít để hàn các đầu dây của các phần tử dây quấn và các phiến góp được dễ dàng như trên (hình 1 – 4).

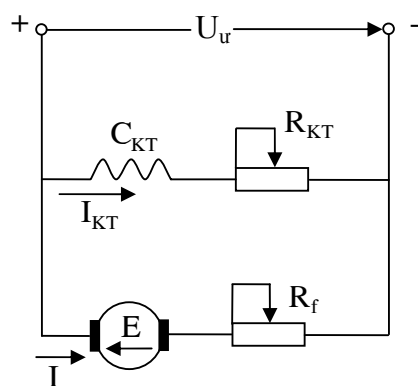


Hình 1- 4. Cấu tạo cổ góp

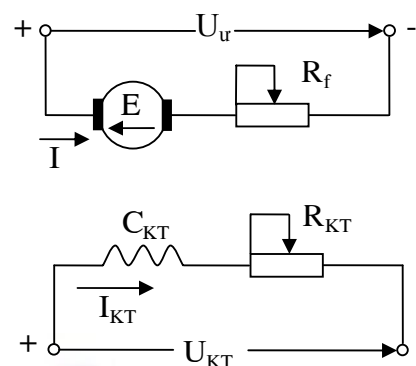
### 1.3. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Khi nguồn điện một chiều có công suất vô cùng lớn và điện áp không đổi thì mạch kích từ thường mắc song song với mạch phần ứng, lúc này động cơ được gọi là động cơ kích từ song song (hình 1- 5).





Hình 1-5. Sơ đồ nối dây của động cơ kích từ song song



Hình 1-6. Sơ đồ nối dây của động cơ kích từ độc lập

Khi nguồn điện một chiều có công suất không đủ lớn thì mạch điện phản ứng và mạch kích từ mắc vào hai nguồn một chiều độc lập với nhau (hình 1- 6), lúc này động cơ được gọi là động cơ kích từ độc lập.

#### ❖ Phương trình đặc tính cơ

Theo sơ đồ (hình 1- 6), có thể viết phương trình cân bằng điện áp của mạch phản ứng như sau:

$$U_u = E_u + (R_u + R_f).I_u \quad (1-1)$$

Trong đó:

$U_u$  : điện áp phản ứng (V),

$E_u$  : sức điện động phản ứng (V),

$R_u$  : điện trở của mạch phản ứng ( $\Omega$ ),

$R_f$  : điện trở phụ trong mạch phản ứng ( $\Omega$ ),

$I_u$  : dòng điện mạch phản (A).

Với:  $R_u = r_u + r_{cf} + r_b + r_{ct}$

$r_u$  : điện trở cuộn dây phản ứng,

$r_{cf}$  : điện trở cuộn cực từ phụ,

$r_b$  : điện trở cuộn bù,

$r_{ct}$  : điện trở tiếp xúc của chổi điện.

Sức điện động  $E_u$  của phản ứng động cơ được xác định theo biểu thức:

$$E_u = \frac{p \cdot N}{2 \cdot \pi \cdot a} \Phi \cdot \omega = K \Phi \cdot \omega \quad (1 - 2)$$

Trong đó:  $K = \frac{p \cdot N}{2 \pi a}$  - hệ số cấu tạo của động cơ,

$p$  – số đôi cực từ chính,

$N$  – số thanh dẫn tác dụng của cuộn dây phản ứng,

$a$  – số đôi mạch nhánh song song của cuộn dây phản ứng,

$\Phi$  - từ thông kích từ dưới một cực từ  $W_b$ ,

$\omega$  - tốc độ góc, rad/s .

Nếu biểu diễn sức điện động theo tốc độ quay  $n$  (vòng/ phút) thì:

$$E_u = K_e \Phi \cdot n \quad (1 - 3)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Vì vậy 
$$E_u = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a} \cdot \Phi \cdot n$$

$$K_e = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a} : \text{Hệ số sức điện động của động cơ,}$$

$$K_e = \frac{K}{9,55} \approx 0,105 K$$

Từ công thức (1 - 1) và (1 - 2) ta có:

$$\omega = \frac{U_u}{K \Phi} - \frac{R_u + R_f}{K \Phi} \cdot I_u \quad (1 - 4)$$

Biểu thức (1 - 4) là phương trình đặc tính cơ điện của động cơ. Mặt khác, mômen điện từ  $M_{dt}$  của động cơ được xác định bởi:

$$M_{dt} = K\Phi \cdot I_u \quad (1 - 5)$$

Suy ra 
$$I_u = \frac{M_{dt}}{K\Phi}$$

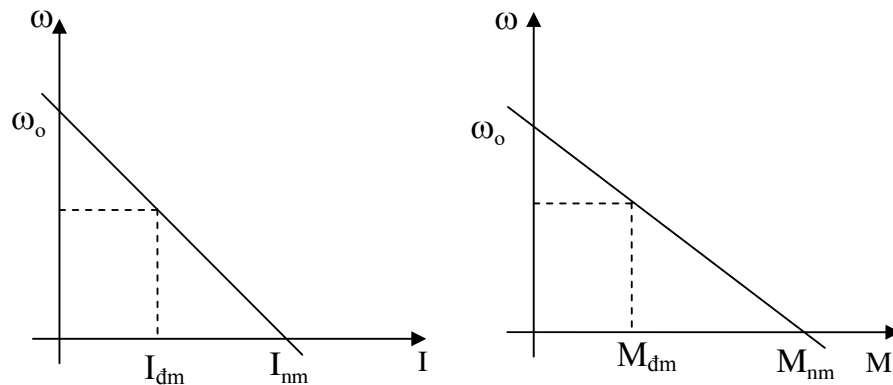
Thay giá trị  $I_u$  vào (1-4) ta được:

$$\omega = \frac{U_u}{K\Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K\Phi)^2} M_{dt} \quad (1 - 6)$$

Nếu bỏ qua các tổn thất cơ và tổn thất thép thì mômen cơ trên trục động cơ bằng mômen điện từ, ta ký hiệu là  $M$ , nghĩa là  $M_{dt} = M_{cơ} = M$ .

$$\omega = \frac{U_u}{K\Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K\Phi)^2} M \quad (1 - 7)$$

Đây là phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.



Hình 1- 7. Đặc tính cơ điện và đặc tính cơ cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

Giả thiết phản ứng được bù đủ, từ thông  $\Phi = \text{const}$ , thì các phương trình đặc tính cơ điện (1 - 4) và phương trình đặc tính cơ (1 - 7) là tuyến tính. Đồ thị của chúng được biểu diễn trên (hình 1 - 7).

Theo các đồ thị trên, khi  $I_{\text{tr}} = 0$  hoặc  $M = 0$  ta có :

$$\omega = \frac{U_{\text{tr}}}{K\Phi} = \omega_o$$

$\omega_o$  được gọi là tốc độ không tải lý tưởng của động cơ. Còn khi  $\omega = 0$  ta có:

$$I_{\text{tr}} = \frac{U}{R_{\text{tr}} + R_f} = I_{\text{nm}}$$

và  $M = K\Phi \cdot I_{\text{nm}} = M_{\text{nm}}$

$I_{\text{nm}}$ ,  $M_{\text{nm}}$  được gọi là dòng điện ngắn mạch và mômen ngắn mạch,

Mặt khác, phương trình đặc tính (1 - 4) và (1 - 7) cũng có thể được viết ở dạng:

$$\omega = \frac{U_{\text{tr}}}{K\Phi} - \frac{R \cdot I}{K\Phi} = \omega_o - \Delta\omega,$$

$$\omega = \frac{U_{\text{tr}}}{K\Phi} - \frac{R \cdot M}{(K\Phi)^2} = \omega_o - \Delta\omega$$

Trong đó  $R = R_{\text{tr}} + R_f$ ,  $\omega_o = \frac{U_{\text{tr}}}{K\Phi}$

$$\Delta\omega = \frac{R}{K\Phi} \cdot I_{\text{tr}} = \frac{R}{(K\Phi)^2} \cdot M$$

$\Delta\omega$  được gọi là độ sụt tốc độ ứng với giá trị của  $M$ .

## CHƯƠNG II

### CÁC PHƯƠNG PHÁP CƠ BẢN ĐỂ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

#### 2.1. Khái niệm chung

Về phương diện điều chỉnh tốc độ, động cơ điện một chiều có nhiều ưu việt hơn so với loại động cơ khác, không những nó có khả năng điều chỉnh tốc độ dễ dàng mà cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển đơn giản hơn đồng thời lại đạt chất lượng điều chỉnh cao trong dải điều chỉnh tốc độ rộng.

Thực tế, có hai phương pháp cơ bản để điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều:

- Điều chỉnh điện áp cấp cho phần ứng động cơ,
- Điều chỉnh điện áp cấp cho mạch kích từ động cơ.

Cấu trúc phần lực của hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều bao giờ cũng cần có bộ biến đổi. Các bộ biến đổi này cấp cho mạch phần ứng động cơ hoặc mạch kích từ động cơ. Cho đến nay, trong công nghiệp sử dụng bốn biến đổi chính:

- Bộ biến đổi máy điện gồm: động cơ sơ cấp kéo máy phát một chiều hoặc máy điện khuếch đại ( KĐM ).

- Bộ biến đổi điện từ: Khuếch đại từ ( KĐT ),
- Bộ biến đổi chỉnh lưu bán dẫn: chỉnh lưu Thyristor ( CLT ),
- Bộ biến đổi xung áp một chiều: tiristo hoặc tranzito ( BBĐXA ).

Tương ứng với việc sử dụng các bộ biến đổi mà ta có các hệ truyền động như:

- Hệ truyền động máy phát - động cơ ( F - D ),
- Hệ truyền động máy điện khuếch đại - động cơ ( MĐKĐ - Đ ),
- Hệ truyền động khuếch đại từ - động cơ ( KĐT - Đ ),

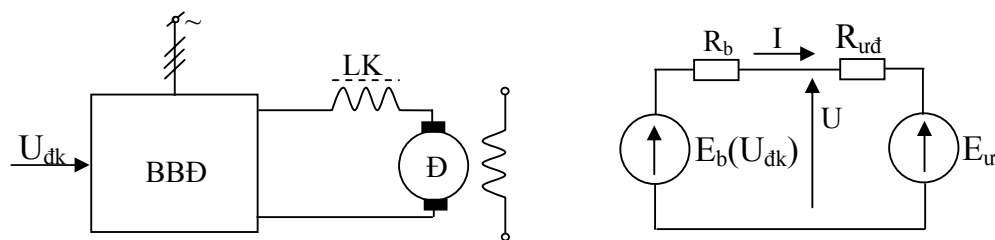
- Hệ truyền động chỉnh lưu Thyristor - động cơ ( T - Đ ),
- Hệ truyền động xung áp - động cơ ( XA - Đ ).

Theo cấu trúc mạch điều khiển các hệ truyền động, điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều có loại điều khiển theo mạch kín (ta có hệ truyền động điều chỉnh tự động) và loại điều khiển mạch hở (hệ truyền động điều khiển “hở”). Hệ điều chỉnh tự động truyền động điện có cấu trúc phức tạp, nhưng có chất lượng điều chỉnh cao và dải điều chỉnh rộng hơn so với hệ truyền động “hở”.

Ngoài ra, các hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều còn được phân loại theo truyền động có đảo chiều quay và không đảo chiều quay. Đồng thời tùy thuộc vào các phương pháp hãm, đảo chiều mà ta có truyền động làm việc ở một góc phần tư, hai góc phần tư, và bốn góc phần tư.

## 2.2. Phương pháp điều chỉnh điện áp cấp cho phần ứng động cơ

Để điều chỉnh điện áp phần ứng động cơ một chiều cần có thiết bị nguồn như máy phát điện một chiều kích từ độc lập, các bộ chỉnh lưu điều khiển... Các thiết bị nguồn này có chức năng biến năng lượng điện xoay chiều thành một chiều có sức điện động  $E_b$  điều chỉnh nhờ tín hiệu điều khiển  $U_{dk}$ . Vì nguồn có công suất hữu hạn so với động cơ nên các bộ biến đổi này có điện trở trong  $R_b$  và điện cảm  $L_b$  khác không.



Hình 2-1. Sơ đồ và sơ đồ thay thế ở chế độ xác lập

Ở chế độ xác lập có thể viết được phương trình đặc tính của hệ thống như sau:

$$E_b - E_{ur} = I_{ur} \cdot (R_b + R_{ur})$$

$$\omega = \frac{E_b}{K \cdot \Phi_{Dm}} - \frac{R_b + R_{ur}}{K \cdot \Phi_{Dm}} \cdot I_{ur} \quad (2-1)$$

$$\omega = \omega_o (U_{Dk}) - \frac{M}{|\beta|}$$

Vì từ thông của động cơ được giữ không đổi nên độ cứng đặc tính cơ cũng không đổi, còn tốc độ không tải lý tưởng thì tùy thuộc vào giá trị điện áp điều khiển  $U_{dk}$  của hệ thống, do đó có thể nói phương pháp điều chỉnh này là triệt để.

Để xác định giải điều chỉnh tốc độ ta để ý rằng tốc độ lớn nhất của hệ thống bị chặn bởi đặc tính cơ cơ bản, là đặc tính ứng với điện áp phản ứng định mức và từ thông cũng được giữ ở giá trị định mức. Tốc độ nhỏ nhất của dải điều chỉnh bị giới hạn bởi yêu cầu về sai số tốc độ và về mômen khởi động. Khi mômen tải là định mức thì các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tốc độ là:

$$\omega_{\max} = \omega_{o\max} - \frac{M_{Dm}}{|\beta|} \quad (2-2)$$

$$\omega_{\min} = \omega_{o\min} - \frac{M_{Dm}}{|\beta|}$$

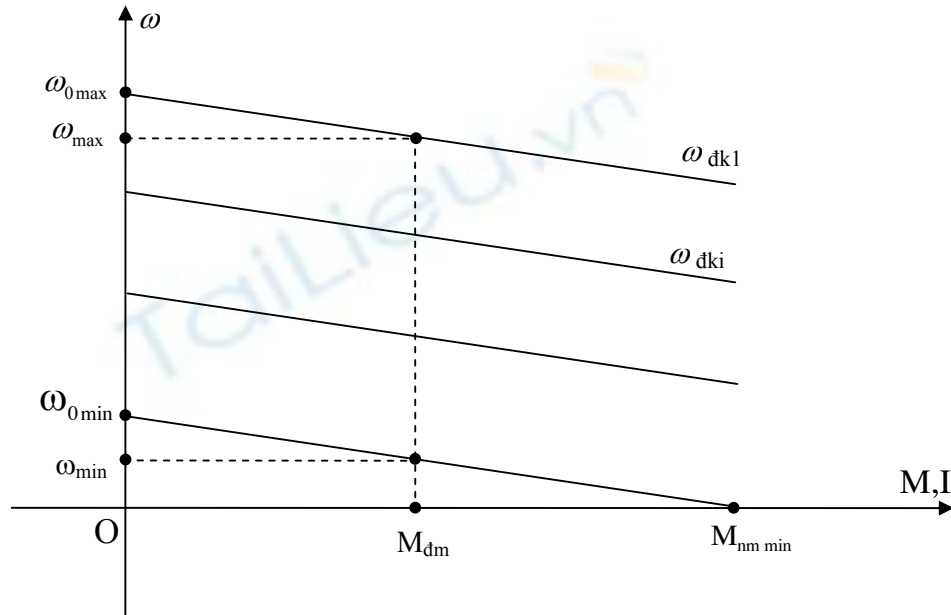
Để thỏa mãn khả năng quá tải thì đặc tính thấp nhất của dải điều chỉnh phải có mômen ngắn mạch là:

$$M_{nmmin} = M_{cmax} = K_M \cdot M_{dm}$$

Trong đó  $K_M$  là hệ số quá tải về mômen. Vì họ đặc tính cơ là các đường thẳng song song nhau, nên theo định nghĩa về độ cứng đặc tính cơ có thể viết

$$\omega_{\min} = (M_{\text{nm min}} - M_{\text{dm}}) \frac{1}{|\beta|} = \frac{M_{\text{dm}}}{|\beta|} (K_M - 1)$$

$$D = \frac{\omega_{\text{o max}} - \frac{M_{\text{Đ m}}}{|\beta|}}{(K_M - 1) M_{\text{Đ m}} \frac{1}{|\beta|}} = \frac{\omega_{\text{o max}} \cdot |\beta| - 1}{K_M - 1} \quad (2 - 3)$$



Hình 2-2. Xác định phạm vi điều chỉnh

Với một cơ cấu máy cụ thể thì các giá trị  $\omega_{0\max}$ ,  $M_{\text{dm}}$ ,  $K_M$  là xác định, vì vậy phạm vi điều chỉnh  $D$  phụ thuộc tuyến tính vào giá trị của độ cứng  $\beta$ . Khi điều chỉnh điện áp phản ứng động cơ bằng các thiết bị nguồn điều chỉnh thì điện trở tổng mạch phản ứng gấp khoảng hai lần điện trở phản ứng động cơ. Do đó, có thể tính sơ bộ được:

$$\omega_{\text{o max}} \cdot |\beta| \frac{1}{M_{\text{dm}}} \leq 10$$

Vì thế, tải có đặc tính mômen không đổi thì giá trị phạm vi điều chỉnh tốc độ cứng không vượt quá 10. Đối với các máy có yêu cầu cao về dải điều



chỉnh và độ chính xác duy trì tốc độ làm việc thì việc sử dụng các hệ thống “hở” như trên là không thỏa mãn được.

Trong phạm vi phụ tải cho phép có thể coi đặc tính cơ tĩnh của hệ truyền động một chiều kích từ độc lập là tuyến tính. Khi điều chỉnh điện áp phản ứng thì độ cứng có đặc tính cơ trong toàn dải là như nhau, do đó độ sụt tốc tương đối sẽ đạt giá trị lớn nhất tại đặc tính thấp nhất của dải điều chỉnh. Hay nói cách khác, nếu tại đặc tính cơ thấp nhất của dải điều chỉnh mà sai số tốc độ không vượt quá giá trị sai số cho phép, thì hệ truyền động sẽ làm việc với sai số luôn nhỏ hơn sai số cho phép trong toàn bộ dải điều chỉnh. Sai số tương đối của tốc độ ở đặc tính cơ thấp nhất là:

$$s = \frac{\omega_{o\min} - \omega_{\min}}{\omega_{o\min}} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{o\min}}$$

$$s = \frac{M_{dm}}{|\beta| \cdot \omega_{o\min}} \leq s_{cp} \quad (2 - 4)$$

Vì các giá trị  $M_{dm}$ ,  $\omega_{0min}$ ,  $s_{cp}$  là xác định nên có thể tính được giá trị tối thiểu của độ cứng đặc tính cơ sao cho sai số không vượt quá giá trị cho phép. Để làm việc này, trong đa số các trường hợp cần xây dựng các hệ truyền động điện kiểu vòng kín.

Trong suốt quá trình điều chỉnh điện áp phản ứng thì từ thông kích từ được giữ nguyên, do đó mômen tải cho phép của hệ sẽ là không đổi:

$$M_{c,cp} = K\Phi_{dm} \cdot I_{dm} = M_{dm}$$

Phạm vi điều chỉnh tốc độ và mômen nằm trong hình chữ nhật bao bởi các đường thẳng  $\omega = \omega_{dm}$ ,  $M = M_{dm}$  và các trục toạ độ. Tồn hao năng lượng chính là tổn hao trong mạch phản ứng nếu bỏ qua các tổn hao không đổi trong hệ.

$$E_b = E_u + I_u (R_b + R_{ud})$$

$$I_u \cdot E_b = I_u \cdot E_u + I_u^2 (R_b + R_{ud})$$

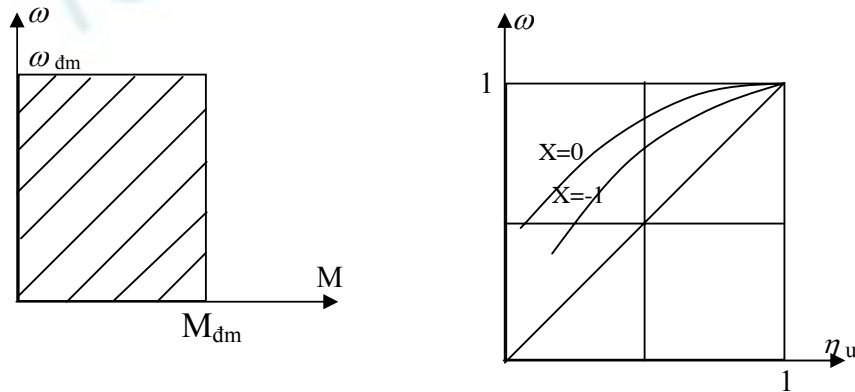
Nếu đặt  $R_u + R_{ud} = R$  thì hiệu suất biến đổi năng lượng của hệ sẽ là:

$$\eta_u = \frac{I_u E_u}{I_u E_u + I_u^2 R} = \frac{\omega}{\omega + \frac{MR}{(K\Phi_{dm})^2}}$$

$$\eta_u = \frac{\omega^*}{\omega^* + M^* R^*}$$

Khi làm việc ở chế độ xác lập ta có mômen do động cơ sinh ra đúng bằng mômen tải trên trục:  $M^* = M_c^*$  và gần đúng coi đặc tính cơ của phụ tải là  $M_c = (\omega^*)^x$  thì:

$$\eta_u = \frac{\omega^*}{\omega^* + R^* \cdot (\omega^*)^{x-1}} \quad (2-5)$$

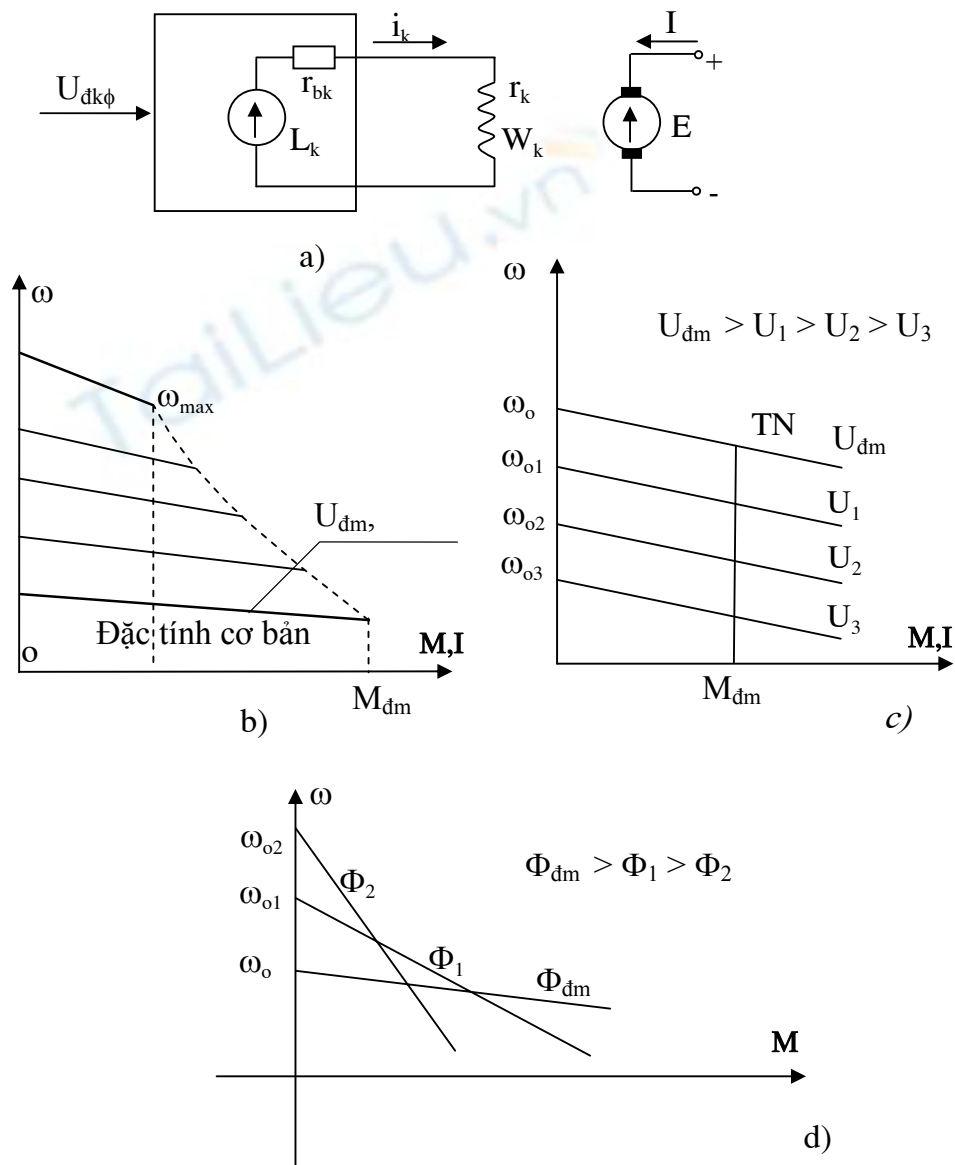


Hình 2-3. Quan hệ giữa hiệu suất động và tốc độ với các loại tải khác nhau

Hình 2-3 mô tả quan hệ giữa hiệu suất và tốc độ làm việc trong các trường hợp đặc tính tải khác nhau. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phản ứng là rất thích hợp trong trường hợp mômen tải là hằng số trong toàn dải điều chỉnh. Cũng thấy rằng không nên nối thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng, vì như vậy sẽ làm giảm đáng kể hiệu suất của hệ.

### 2.3. Phương pháp điều chỉnh điện áp cấp cho mạch kích từ động cơ

Điều chỉnh từ thông kích thích của dòng điện một chiều là điều chỉnh mômen điện từ của động cơ  $M = K\Phi \cdot I_U$  và sức điện động quay của động cơ  $E_u = K\Phi \cdot \omega$ . Mạch kích từ của động cơ là mạch phi tuyến, vì vậy hệ điều chỉnh từ thông cũng là hệ phi tuyến:



Hình 2-4. Sơ đồ thay thế: a) Đặc tính điều chỉnh khi điều chỉnh từ thông động cơ, (b) Quan hệ  $\varphi(i_{ht})$ , c) Giảm điện áp, d) Giảm từ thông

$$i_k = \frac{e_k}{r_b + r_k} + \omega_k \frac{d\Phi}{dt} \quad (2 - 6)$$

Trong đó  $r_k$  - điện trở dây quấn kích thích,  
 $r_b$  - điện trở của nguồn điện áp kích thích,  
 $\omega_k$  - số vòng dây của dây quấn kích thích.

Trong chế độ xác lập ta có quan hệ:

$$i_k = \frac{e_k}{r_b + r_k} ; \quad \Phi = f(i_k)$$

Thường khi điều chỉnh thì điện áp phản ứng được giữ nguyên bằng giá trị định mức, do đó đặc tính cơ thấp nhất trong vùng điều chỉnh từ thông chính là đặc tính có điện áp phản ứng định mức và được gọi là đặc tính cơ bản (đôi khi chính là đặc tính tự nhiên của động cơ). Tốc độ lớn nhất của dải điều chỉnh từ thông bị hạn chế bởi khả năng chuyển mạch của cổ góp điện. Khi giảm từ thông để tăng tốc độ quay của động cơ thì đồng thời điều kiện chuyển mạch của cổ góp cũng bị xấu đi, vì vậy để đảm bảo điều kiện chuyển mạch bình thường thì cần phải giảm dòng điện phản ứng cho phép, kết quả là mômen cho phép trên trục động cơ giảm rất nhanh. Ngay cả khi giữ nguyên dòng điện phản ứng thì độ cứng đặc tính cơ cũng giảm rất nhanh khi giảm từ

thông kích thích: 
$$\beta_\Phi = \frac{(K\Phi)^2}{R_u} \quad \text{hay} \quad \beta_\Phi^* = \frac{(\Phi^*)^2}{R_u}$$

Do điều chỉnh tốc độ bằng cách giảm từ thông nên đối với các động cơ mà từ thông định mức nằm ở chỗ tiếp giáp giữa vùng tuyến tính và vùng bão hoà vừa đặc tính từ hoá thì có thể coi việc điều chỉnh là tuyến tính và bằng hằng số C phụ thuộc vào thông số kết cấu của máy điện.

## 2.4. Hệ truyền động máy phát - động cơ một chiều (F - Đ)

### 2.4.1. Cấu trúc hệ F- Đ và đặc tính cơ bản