

BÙI QUỐC KHÁNH  
NGUYỄN VĂN LIỄN  
NGUYỄN THỊ HIỀN

# TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

## LỜI NÓI ĐẦU

Truyền động điện có nhiệm vụ thực hiện các công đoạn cuối cùng của một công nghệ sản xuất. Đặc biệt trong dây chuyền sản xuất tự động hiện đại, truyền động điện đóng góp vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Vì vậy các hệ truyền động điện luôn luôn được quan tâm nghiên cứu nâng cao chất lượng để đáp ứng các yêu cầu công nghệ mới với mức độ tự động hóa cao.

Ngày nay, do ứng dụng tiến bộ kỹ thuật điện tử tin học, các hệ truyền động điện được phát triển và có thay đổi đáng kể. Đặc biệt do công nghệ sản xuất các thiết bị điện tử công suất ngày càng hoàn thiện, nên các bộ biến đổi điện tử công suất trong hệ truyền động điện không những đáp ứng được độ tác động nhanh, độ chính xác cao mà còn góp phần làm giảm kích thước và hạ giá thành của hệ.

Ở nước ta, do yêu cầu công nghiệp hóa và hiện đại hóa nền kinh tế, ngày càng xuất hiện nhiều dây chuyền sản xuất mới có mức độ tự động hóa cao với những hệ truyền động điện hiện đại. Để kịp thời tiếp thu các tiến bộ kỹ thuật, Bộ môn Tự động hóa XNCN Trường đại học Bách khoa Hà Nội, một mặt cho biên soạn tiếp phân hai giáo trình Truyền động điện (tự động điều chỉnh truyền động điện), đồng thời tái bản có sửa chữa, bổ sung chỉnh lý giáo trình Truyền động điện (phần I). Nội dung giáo trình này trình bày những kiến thức cơ bản về hệ truyền động điện hiện đại, bao gồm việc phân tích các đặc tính của các hệ truyền động điện có bộ biến đổi điện tử công suất; Nghiên cứu các cấu trúc điều khiển mới của các hệ truyền động động cơ xoay chiều đồng bộ và không đồng bộ. Giáo trình Truyền động điện do lập thể

cán bộ giảng dạy Bộ môn Tự động hóa trường ĐHBK Hà Nội biên soạn gồm 7 chương.

- Chương 1 và chương 2 nêu các khái niệm chung về hệ truyền động và đặc tính cơ của động cơ.

- Chương 3, 4, 5 và 6 trình bày các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều và xoay chiều. Phân tích quá trình điện từ cơ trong hệ truyền động dùng các bộ biến đổi. Nghiên cứu một số cấu trúc mới của truyền động điện xoay chiều hiện đại.

- Chương 7 nêu phương pháp chung tính và chọn thiết bị lực, thiết bị bảo vệ cho các hệ truyền động điện.

Các chương được phân công biên soạn cụ thể như sau :

Bùi Quốc Khánh các chương 1, 6, 7 và chịu trách nhiệm chủ biên, Nguyễn Văn Liên các chương 3, 4 và 5, Nguyễn Thị Hiền chương 2. Nội dung giáo trình được Hội đồng khoa học Khoa tự động hóa XNCN xét duyệt và được giáo sư Nguyễn Bình giúp đỡ trong việc hoàn thiện. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu đó. Giáo trình này được biên soạn với mục đích làm tài liệu học tập cho các sinh viên ngành điện, đồng thời cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư điện và các ngành có liên quan.

Nội dung giáo trình chắc chắn còn nhiều vấn đề cần bổ sung hoàn thiện. Rất mong các bạn đồng nghiệp và độc giả góp ý kiến. Thư góp ý xin gửi về Bộ môn Tự động hóa XNCN Trường đại học Bách khoa Hà Nội hay Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo Hà Nội.

Các tác giả

## Chương 1

# NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

### 1-1. CẤU TRÚC CHUNG VÀ PHÂN LOẠI

Hệ truyền động điện là một tập hợp các thiết bị như: thiết bị điện, thiết bị điện tử, thiết bị điện tử, phục vụ cho việc biến đổi năng lượng điện— cơ cũng như gia công truyền tín hiệu thông tin để điều khiển quá trình biến đổi năng lượng đó.

Cấu trúc chung của hệ truyền động điện, được trình bày trên H.1-1, bao gồm 2 phần chính:

– Phần lực là bộ biến đổi và động cơ truyền động. Các bộ biến đổi thường dùng là bộ biến đổi máy điện (máy phát một chiều, xoay chiều), bộ biến đổi điện tử (khuếch đại tử, cuộn kháng bão hòa), bộ biến đổi điện tử (chỉnh lưu tiristo, biến tần tranzito, tiristo). Động cơ điện có các loại: động cơ một chiều, xoay chiều đồng bộ, không đồng bộ và các loại động cơ điện đặc biệt khác v.v...

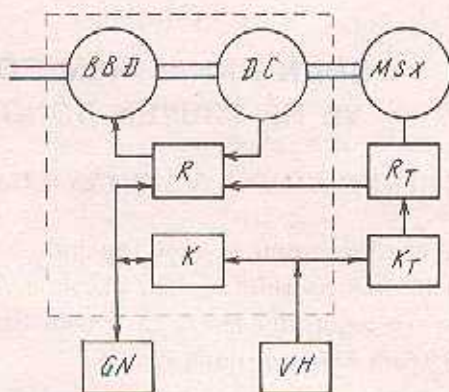
– Phần điều khiển gồm các cơ cấu đo lường, các bộ điều chỉnh tham số và công nghệ, ngoài ra còn có các thiết bị điều khiển, đóng cắt phục vụ công nghệ và cho người vận hành. Đồng thời một số hệ truyền động có cả mạch ghép nối với các thiết bị tự động khác trong một dây chuyền sản xuất.

Tuy nhiên, trong thực tế sản xuất, không phải hệ truyền động nào cũng có đầy đủ cấu trúc như vậy. Cho nên có thể phân loại hệ truyền động điện như sau:

– Truyền động không điều chỉnh: thường chỉ có động cơ nối trực tiếp với lưới điện, quay máy sản xuất với một tốc độ nhất định.

– Truyền động có điều chỉnh: trong loại này, tùy thuộc vào yêu cầu công nghệ mà ta có truyền động điều chỉnh tốc độ, truyền động

điều chỉnh mômen, lực kéo và truyền động điều chỉnh vị trí. Trong cấu trúc hệ truyền động cơ điều chỉnh có thể là truyền động nhiều động cơ. Ngoài ra tùy thuộc vào cấu trúc và tín hiệu điều khiển ta có hệ truyền động điều khiển số, điều khiển tương tự hoặc truyền động điều khiển theo chương trình v.v...



Hình 1-1. Mô tả cấu trúc chung của hệ truyền động.  
 BBD - Bộ biến đổi; DC - Động cơ truyền động;  
 MSX - Máy sản xuất; RT - Bộ điều chỉnh công nghệ;  
 KT - Các bộ đóng cắt phục vụ công nghệ; R - Các bộ điều chỉnh truyền động; K - Các bộ đóng cắt phục vụ truyền động.  
 VH - Người vận hành; GN - Mạch ghép nối.

## 1-2. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Đặc tính cơ của động cơ điện là quan hệ giữa tốc độ quay và mômen của động cơ. Ta có đặc tính cơ tự nhiên của động cơ, nếu như động cơ vận hành ở chế độ định mức (điện áp, tần số, từ thông định mức và không nối thêm các điện trở, điện kháng vào động cơ). Trên đặc tính cơ tự nhiên ta có điểm làm việc định mức có giá trị  $M_{dm}$ ,  $\omega_{dm}$ . Đặc tính cơ nhân tạo của động cơ là đặc tính khi ta thay đổi các tham số nguồn hoặc nối thêm các điện trở, điện kháng vào động cơ.

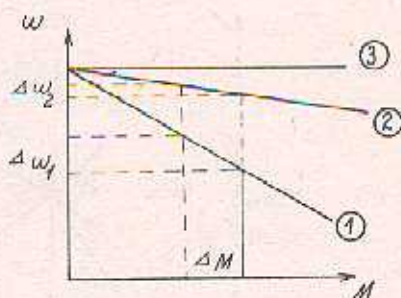
Để đánh giá và so sánh các đặc tính cơ, người ta đưa ra khái

niệm độ cứng đặc tính cơ  $\beta$  và được tính:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega} \quad (1-1)$$

$\beta$  lớn, ta có đặc tính cơ cứng,  $\beta$  nhỏ đặc tính cơ mềm,  $\beta \rightarrow \infty$  đặc tính cơ tuyệt đối cứng.

Truyền động cơ đặc tính cơ cứng tốc độ thay đổi rất ít khi mômen biến đổi lớn. Truyền động cơ có đặc tính cơ mềm tốc độ giảm nhiều khi mômen tăng (xem H.1-2).



Hình 1-2. Độ cứng đặc tính cơ.

Đường 1: đặc tính cơ mềm; đường 2: đặc tính cơ cứng; đường 3: đặc tính cơ tuyệt đối cứng.

### 1-3. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA MÁY SẢN XUẤT

Đặc tính cơ của máy sản xuất rất đa dạng. Tuy vậy phần lớn nó được biểu diễn dưới dạng biểu thức tổng quát:

$$M_c = M_{c0} + (M_{dm} - M_{c0}) \left( \frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^\alpha, \quad (1-2),$$

trong đó:

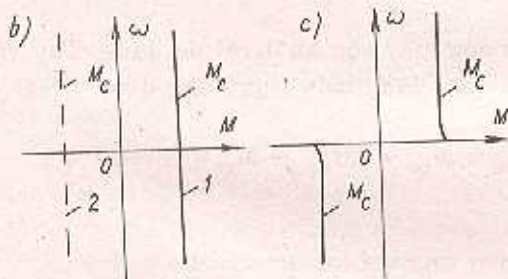
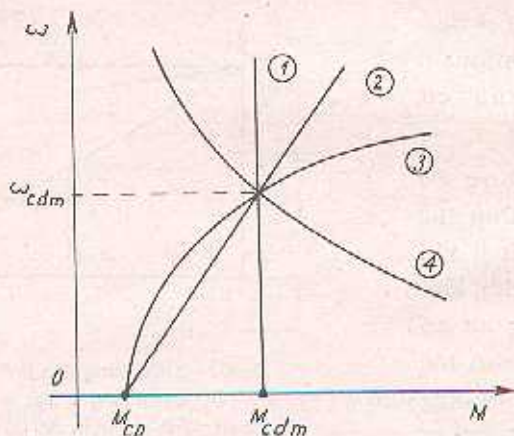
$M_{c0}$  - Mômen ứng với tốc độ  $\omega = 0$

$M_{dm}$  - Mômen ứng với tốc độ định mức  $\omega_{dm}$ .

$M_c$  - Mômen ứng với tốc độ  $\omega$ .

Ta có các trường hợp:

- $\alpha = 0$ ,  $M_c = M_{dm} = \text{const}$ , các cơ cấu nâng hạ, băng tải, cơ cấu ăn dao máy cắt gọt thuộc loại này (đường 1, H.1-3a).



Hình 1-3. a) Dạng đặc tính cơ của một số máy sản xuất

(1)  $\alpha = 0$ ; (2)  $\alpha = 1$ ; (3)  $\alpha = 2$ ; (4)  $\alpha = -1$ ; b) Dạng đặc tính cơ của máy sản xuất có tính thể năng; c) Dạng đặc tính cơ của máy sản xuất có tính phản kháng.

- $\alpha = 1$ , mômen tỷ lệ bậc nhất với tốc độ, thực tế rất ít gặp, về loại này có thể lấy ví dụ máy phát một chiều tải thuần trở (đường 2, H.1-3a).
- $\alpha = 2$ , mômen tỷ lệ bậc hai với tốc độ là đặc tính của các máy bơm, quạt gió (đường 3, H.1-3a).
- $\alpha = -1$ , mômen tỷ lệ nghịch với tốc độ, các cơ cấu máy cuốn dây, cuốn giấy, các truyền động quay trục chính máy cắt gọt kim loại có đặc tính thuộc loại này (đường 4, H.1-3a).

Ngoài ra, một số cơ cấu của các máy có đặc tính khác, ví dụ:

- Mômen phụ thuộc vào góc quay  $M_c = f(\varphi)$  hoặc mômen phụ thuộc vào đường đi  $M_c = f(s)$ , trong thực tế các máy công tác có pittông, các máy trục không có cấp cân hàng có đặc tính thuộc loại này.
- Mômen phụ thuộc vào số vòng quay và đường đi  $M_c = f(\omega, s)$  như các loại xe điện.
- Mômen cản phụ thuộc vào thời gian  $M_c = f(t)$ , ví dụ như máy nghiền đá, quặng.

Trên H.1-3b và c biểu diễn đặc tính của mômen cản phản kháng và mômen cản thế năng.

- Mômen cản thế năng (như ở trong các cơ cấu nâng hạ tải trọng) có đặc tính  $M_c = \text{const}$  và không phụ thuộc vào chiều quay (H.1-3b).
- Mômen cản phản kháng luôn luôn chống lại chiều quay như mômen ma sát, mômen của cơ cấu an dao máy cắt gọt kim loại v.v. (H.1-3c).

#### 1-4. TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Trong hệ truyền động điện, bao giờ cũng có quá trình biến đổi năng lượng điện - cơ. Chính quá trình biến đổi này quyết định trạng thái làm việc của truyền động điện. Ta định nghĩa: Dòng công suất điện  $P_{\text{điện}}$  có giá trị dương nếu như nó có chiều truyền từ



nguồn đến động cơ và từ động cơ biến đổi công suất điện thành công suất cơ  $P_{cđ} = M \cdot \omega$  cấp cho máy sản xuất.

Công suất cơ này có giá trị dương nếu như mômen động cơ sinh ra có cùng chiều với tốc độ quay.

Ngược lại, công suất điện có giá trị âm nếu nó có chiều từ động cơ về nguồn, công suất cơ có giá trị âm khi nó truyền từ máy sản xuất về động cơ và mômen động cơ sinh ra ngược chiều với tốc độ quay.

Mômen của máy sản xuất được gọi là mômen phụ tải hay mômen cản. Nó cũng được định nghĩa dấu âm và dương, ngược lại với dấu mômen của động cơ.

Phương trình cân bằng công suất của hệ truyền động là:

$$P_d = P_c + \Delta P, \quad (1-3)$$

trong đó  $P_d$  - công suất điện,

$P_c$  - công suất cơ,

$\Delta P$  - tổn thất công suất.

Tùy thuộc vào biến đổi năng lượng trong hệ mà ta có trạng thái làm việc của động cơ gồm: Trạng thái động cơ và trạng thái hãm, (xem bảng 1-1).

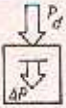
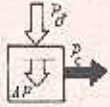
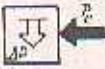

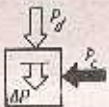

- Trạng thái động cơ bao gồm chế độ có tải và không tải,
- Trạng thái hãm gồm hãm không tải, hãm tải sinh, hãm ngược và hãm động năng.

*Hãm tải sinh*  $P_{điện} < 0$ ,  $P_{cđ} < 0$  cơ năng biến thành điện năng trả về lưới.

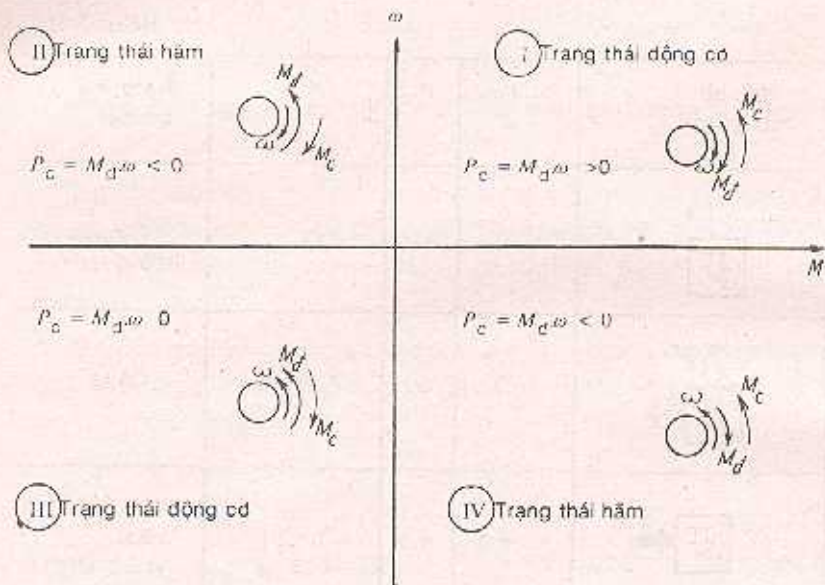
*Hãm ngược*  $P_{điện} > 0$ ,  $P_{cđ} < 0$  điện năng và cơ năng chuyển thành tổn thất  $\Delta P$ .

*Hãm động năng*  $P_{điện} = 0$ ,  $P_{cđ} < 0$  cơ năng biến thành công suất tổn thất  $\Delta P$ .

Bảng 1-1

	Biểu đồ công suất	$P_{điện}$	$P_{cơ}$	$\Delta P$	Trạng thái làm việc
1		0	= 0	= $P_{điện}$	- Động cơ không tải
2		0	0	= $P_{đ} - P_c$	- Có tải
3		= 0	< 0	= $ P_{cơ} $	Hãm không tải
4		< 0	< 0	= $ P_c - P_d $	- Hãm tái sinh
5		0	< 0	= $ P_c +  P_d $	- Hãm ngược
6		= 0	< 0	= $ P_{cơ} $	- Hãm động năng

Trạng thái hãm và trạng thái động cơ được phân bố trên đặc tính cơ  $\omega(M)$  ở góc phần tư I, III; trạng thái động cơ, góc phần tư II, IV; trạng thái hãm (xem H.1-4).



Hình 1-4. Trạng thái làm việc của truyền động điện trên các góc phần tư đặc tính cơ.

### 1-5. QUY ĐỔI MÔMEN CÂN, LỰC CÂN VÀ MÔMEN QUÁN TÍNH, KHỐI LƯỢNG QUÁN TÍNH

Trên H.1-5 mô tả cấu trúc cơ học tổng quát của truyền động, mỗi một cơ cấu của truyền động đều có các đại lượng  $\omega$ ,  $M$ ,  $v$ ,  $F$  và mômen quán tính  $J$ . Để dễ dàng cho việc nghiên cứu và tính toán, người ta thường tính quy đổi tất cả các đại lượng đó về trục động cơ. Nguyên tắc của tính toán quy đổi là đảm bảo năng lượng của hệ trước và sau khi quy đổi không thay đổi.

a) Tính quy đổi mômen  $M_c$  và lực cân  $F_c$  về trục động cơ.

– Giả sử khi tính toán và thiết kế người ta cho giá trị của mômen tang trống  $M_1$  qua hộp giảm tốc có tỷ số truyền là  $i$  và hiệu suất là  $\eta_1$ . Mômen này sẽ tác động lên trục động cơ có giá trị  $M_{cqd}$ :

$$M_{cqd} \cdot \omega = \frac{M_1 \cdot \omega_1}{\eta_1} \quad (1-4)$$

$$M_{cqd} = M_t \cdot \frac{1}{\eta_1} \cdot \frac{1}{i}, \quad (1-5)$$

trong đó:  $i = \frac{\omega_d}{\omega_1}$ ;  $\eta_1$  là hiệu suất hộp tốc độ.

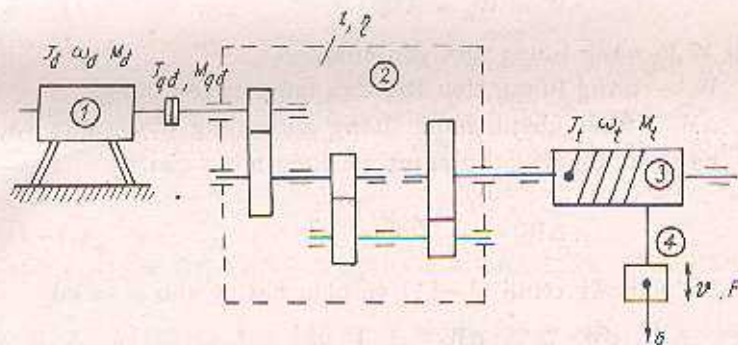
- Giả thiết tải trọng  $G$  sinh ra lực  $F_c$  có vận tốc chuyển động là  $v$ , nó sẽ tác động lên trục động cơ một mômen  $M_{cqd}$ , ta có:

$$\frac{F_c \cdot V}{\eta_1 \cdot \eta_t} = M_{cqd} \cdot \omega_d \quad (1-6)$$

$$\begin{aligned} M_{cqd} &= \frac{F_c}{\eta_1 \eta_t} \cdot \frac{V}{\omega_d} \\ &= \frac{F_c}{\eta} \cdot \frac{1}{\rho}, \end{aligned} \quad (1-7)$$

trong đó  $\rho = \frac{\omega_d}{V}$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_t.$$



Hình 1-5. Sơ đồ động học của cơ cấu nâng hạ hàng  
(1) động cơ điện; (2) hộp tốc độ; (3) tàng quay; (4) tải trọng

b) Tính quy đổi mômen quán tính

Các cặp bánh răng có mômen quán tính  $J_1 \dots J_K$ , mômen quán

tính tang trọng  $J_1$ , khối lượng quán tính  $m$  và mômen quán tính động cơ  $J_d$  đều có ảnh hưởng đến tính chất động học của hệ truyền động.

Nếu xét điểm khảo sát là đầu trục động cơ và quán tính chung của hệ truyền động tại điểm này ta gọi là  $J_{qd}$ . Lúc đó phương trình động năng của hệ là:

$$J_{qd} \cdot \frac{\omega_d^2}{2} = J_d \cdot \frac{\omega_d^2}{2} + (J_1 \frac{\omega_1^2}{2} + \dots + \frac{J_k \omega_k^2}{2}) + \frac{J_1 \omega_1^2}{2} + \frac{m \cdot V^2}{2} \quad (1-8)$$

$$J_{qd} = J_d + \sum_1^K \left( \frac{J_k}{i_k^2} \right) + \frac{J_T}{i_T^2} + \frac{m}{\rho^2} \quad (1-9)$$

## 1-6. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Phương trình cân bằng năng lượng của hệ truyền động điện

$$W = W_c + \Delta W, \quad (1-10)$$

trong đó  $W$  là năng lượng đưa vào động cơ,

$W_c$  - năng lượng tiêu thụ của máy truyền động,

$\Delta W$  - mức chênh năng lượng giữa năng lượng đưa vào và năng lượng tiêu thụ chính là động năng của hệ:

$$\Delta W = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (1-11)$$

Đạo hàm phương trình (1-11) và chia hai vế cho  $\omega$  ta có:

$$\frac{1}{\omega} \frac{dW}{dt} = \frac{1}{\omega} \frac{dW_c}{dt} + \frac{1}{\omega} \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} J \omega^2 \right) \quad (1-12)$$

ở đây  $\frac{1}{\omega} \frac{dW}{dt} = M$  là mômen của động cơ,

$$\frac{1}{\omega} \frac{dW_c}{dt} = M_c \text{ là mômen cản,}$$

$$\frac{1}{\omega} \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} J \omega^2 \right) = M \text{ động.}$$

Phương trình động học của hệ truyền động tổng quát có dạng:

$$M = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{1}{2} \omega \frac{dJ}{dt} + M_c \quad (1-13)$$

Thông thường  $\frac{dJ}{dt} = 0$ , vì vậy ta có phương trình động học thường

$$\text{dùng là} \quad M = J \frac{d\omega}{dt} + M_c \quad (1-14)$$

Từ phương trình (1-14) thấy rằng

$$M > M_c \quad \text{thì} \quad \frac{d\omega}{dt} > 0 \text{ hệ tăng tốc,}$$

$$M < M_c \quad \text{thì} \quad \frac{d\omega}{dt} < 0 \text{ hệ giảm tốc;}$$

$$M = M_c \quad \text{thì} \quad \frac{d\omega}{dt} = 0 \text{ hệ làm việc ổn định.}$$

Phương trình (1-14) mô tả quá trình quá độ về cơ của hệ truyền động điện. Có thể giải nó bằng phương pháp giải tích, đồ thị hoặc số, tùy theo đặc tính  $M\omega$  và  $M_c(\omega)$ .

## 1-7. ĐIỀU KIỆN ỔN ĐỊNH TĨNH CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Như ở phần 1-6 đã nêu, khi  $M = M_c$  thì hệ truyền động làm việc ổn định. Điểm làm việc ổn định là giao điểm của hai đặc tính cơ của động cơ  $\omega M$  và của máy sản xuất  $\omega M_c$ . Tuy nhiên không phải với bất kỳ động cơ nào cũng có thể làm việc với các loại tải mà nó phải có điểm giao nhau đó thỏa mãn điều kiện ổn định, người ta gọi là *ổn định tĩnh* hay *su làm việc phù hợp giữa động cơ với tải*.

Để xác định điểm làm việc ta dựa vào phương trình động học của truyền động (1-14) tại giao điểm:

$$J \frac{d}{dt} = \left[ \left( \frac{\partial M}{\partial \omega} \right)_x - \left( \frac{\partial M_c}{\partial \omega} \right)_x \right] (\omega - \omega_x) \quad (1-15)$$

Điều kiện để ổn định là

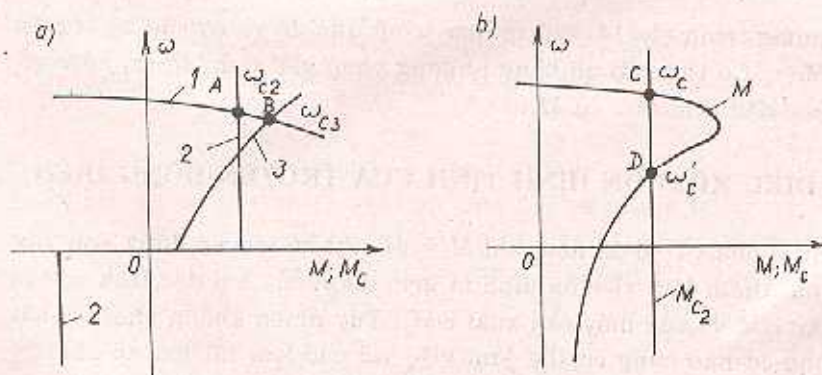
$$\left( \frac{\partial M}{\partial \omega} \right)_x - \left( \frac{\partial M_c}{\partial \omega} \right)_x < 0 \quad (1-16)$$

Hay  $\beta_{động cơ} - \beta_c < 0$  (1-17)

Trên H.6a,b xét các điểm làm việc ổn định của hệ truyền động.

Ở tại điểm khảo sát ta xét thấy 3 điểm A, B, C là điểm làm việc ổn định, còn điểm D là điểm làm việc không ổn định.

- Trường hợp
- A:  $\beta_d < \beta_{c2}$  vì  $\beta_d < 0$  và  $\beta_{c2} = 0$  ổn định
  - B:  $\beta_d < 0$  và  $\beta_{c3} > 0$  nên  $\beta_d < \beta_{c3}$  ổn định
  - C:  $\beta_d < 0$  và  $\beta_{c2} = 0$  nên  $\beta_d < \beta_{c2}$  ổn định
  - D:  $\beta_d > 0$  và  $\beta_{c2} = 0$  nên  $\beta_d > \beta_{c2}$  không ổn định.



Hình 1-6. Xét điểm làm việc ổn định của hệ truyền động.

## 1-8. ĐỘNG HỌC CỦA KHỚP NỐI MỀM

Thực tế có một số truyền động dùng các khớp nối mềm. Trong trường hợp này không thể dùng phương trình động học (1-14) và phương trình tính quy đổi về trục động cơ để mô tả động lực học như thường lệ.

Xét cơ cấu truyền động mô tả trên H. 1-7a, phương trình mô tả động học của hệ gồm các phương trình:

- Cho điểm đối với trục động cơ

$$M_1 = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} + k_1 + M_2 \quad (1-18)$$

- Cho điểm đối với tải:

$$M_2 = J_3 \frac{d\omega_2}{dt} + k_3 \omega_2 + M_3 \quad (1-19)$$

và

$$M_2 = C(\sigma_1 - \sigma_2) + k_2(\omega_1 - \omega_2), \quad (1-20)$$

trong đó  $k_1, k_2, k_3$  là hệ số tắt của dao động,

-  $\sigma_1, \sigma_2$  là góc xoắn,

-  $C$  là hệ số đàn hồi.

Sơ đồ khối mô tả động học hệ trên H.1-7b), gồm 3 phần ghép nối, hệ truyền động sẽ có dao động riêng.

a) Khi  $k_1 = k_2 = k_3 = 0$  tần số dao động riêng là

$$\Omega_0 = \sqrt{\frac{c(J_1 + J_3)}{J_1 J_3}} \quad (1-21)$$

b) Khi  $k_1 = k_3 = 0, k_2 > 0$ , tần số dao động riêng

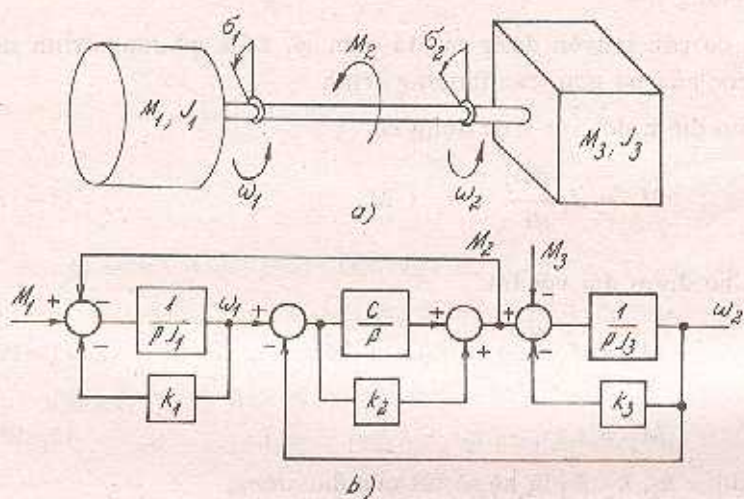
$$\Omega = \Omega_0 \sqrt{1 - \frac{k_2^2}{4C^2} \Omega_0^2} \quad (1-22)$$

Điều này sẽ gây ra cộng hưởng và mất ổn định của hệ, khi mômen động cơ  $M_1$  hoặc mômen phụ tải có thành phần xoay chiều



cơ tần số bằng hoặc gần với tần số dao động riêng.

Mặt khác, trong hệ truyền động có điều chỉnh tốc độ để đảm bảo



Hình 1-7. a) Mô tả nguyên lý động học truyền động cơ khớp nối mềm;  
b) Mô tả toán học khâu khớp nối mềm.

ổn định của hệ cần phải giảm hệ số khuếch đại của bộ điều chỉnh tốc độ, dẫn đến giảm độ chính xác điều chỉnh.

Để khắc phục hiện trạng này cần phải bố trí các bộ lọc.

## Chương 2

# ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN

### 2-1. KHÁI NIỆM CHUNG

Như trong chương 1 đã nêu, quan hệ giữa tốc độ và mômen của động cơ gọi là đặc tính cơ của động cơ:  $\omega = f(M)$  hoặc  $n = f(M)$ .

Quan hệ giữa tốc độ và mômen của máy sản xuất gọi là đặc tính cơ của máy sản xuất:  $\omega_c = f(M_c)$  hoặc  $n_c = f(M_c)$ .

Các đặc tính cơ trên có thể biểu diễn ở dạng hàm thuận hoặc hàm ngược, ví dụ  $\omega = f(M)$  hay  $M = f(\omega)$ .

Ngoài đặc tính cơ, đối với động cơ một chiều người ta còn sử dụng đặc tính cơ điện. Đặc tính cơ điện biểu diễn quan hệ giữa tốc độ và dòng điện trong mạch động cơ:  $\omega = f(I)$  hay  $n = f(I)$ .

Trong các biểu thức trên:

- $\omega$  - tốc độ góc, rad/s
- $n$  - tốc độ quay, v/ph
- $M$  - mômen, N.m

Trong nhiều trường hợp để đơn giản trong tính toán hoặc để dàng so sánh, đánh giá các chế độ làm việc của truyền động điện, người ta có thể dùng hệ đơn vị tương đối.

Muốn biểu diễn một đại lượng nào đó dưới dạng tương đối ta lấy trị số của nó chia cho trị số cơ bản của đại lượng đó. Các đại lượng cơ bản thường được chọn là:  $U_{dm}$ ,  $I_{dm}$ ,  $\omega_{dm}$ ,  $M_{dm}$ ,  $\Phi_{dm}$ ,  $R_{cb}$ .

Với đại lượng tương đối ta dùng ký hiệu "\*\*". Ví dụ điện áp tương đối là  $U^*$ , mômen tương đối là  $M^*$ ... Như vậy một số thông số có thể tính được trong hệ đơn vị tương đối như sau:

$$U^* = \frac{U}{U_{dm}} \quad \text{hoặc} \quad U^*\% = \frac{U}{U_{dm}} 100\%$$

Tương tự các thông số khác:  $I^* = \frac{I}{I_{dm}}$ ,  $M^* = \frac{M}{M_{dm}}$

$$\Phi^* = \frac{\Phi}{\Phi_{dm}}; \quad R^* = \frac{R}{R_{cb}}; \quad \omega^* = \frac{\omega}{\omega_{dm}} \quad \text{hoặc} \quad \omega^* = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Việc chọn các đại lượng cơ bản là tùy ý, sao cho các biểu thức tính toán được đơn giản, thuận tiện như:

- Tốc độ cơ bản ở động cơ một chiều kích từ độc lập và kích từ hỗn hợp là tốc độ không tải lý tưởng  $\omega_0$ , với động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ là tốc độ đồng bộ  $\omega_1$ . Còn với động cơ kích từ nối tiếp tốc độ cơ bản là  $\omega_{dm}$ .

- Trị số điện trở cơ bản là  $R_{cb}$ .

Với các động cơ một chiều:

$$R_{cb} = \frac{U_{dm}}{I_{dm}}$$

Với các động cơ không đồng bộ thông thường điện kháng định mức ở mỗi pha của rôto rất nhỏ so với tổng trở định mức nên ta có thể coi gần đúng là:  $R_{2cb} = Z_{2cb}$ .

Khi mạch rôto đấu sao ta có:

$$R_{2cb} = \frac{E_{2nm}}{\sqrt{3} I_{2dm}}$$

trong đó:

$E_{2nm}$  - sức điện động ngắn mạch của rôto.

$I_{2dm}$  - dòng điện định mức ở mỗi pha rôto.

Nếu mạch rôto đấu tam giác thì điện trở định mức mỗi pha của rôto là:

$$R_{2cb\Delta} = \frac{1}{2} R_{2cbY}$$

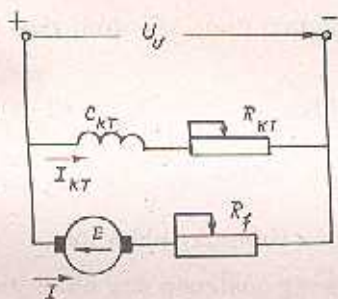
Trong phạm vi chương này, chúng ta sẽ nghiên cứu đặc tính cơ, các trạng thái làm việc và các phương pháp khởi động của ba loại

động cơ điện thường sử dụng;

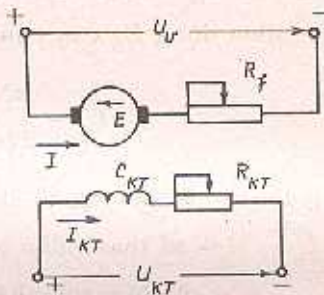
- Động cơ một chiều
- Động cơ xoay chiều không đồng bộ ba pha
- Động cơ xoay chiều đồng bộ ba pha.

## 2-2. 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 2-1. Sơ đồ nối dây của động cơ kích từ song song.



Hình 2-2. 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 phần ứng và mạch kích từ mắc vào hai nguồn một chiều độc lập với nhau (H.2-2), lúc này động cơ được gọi là động cơ kích từ độc lập.

### 2-2.1. Phương trình đặc tính cơ

Theo sơ đồ H.2-1 và H.2-2, có thể viết phương trình cân bằng điện áp của mạch phần ứng như sau: