

2005

ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI

[GIÁO TRÌNH TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG]

Ths. Khương Công Minh

MỤC LỤC**Chương 1: Khái niệm chung về hệ thống truyền động điện**

§1.1. Khái niệm chung.	(tr1)
§1.2. Cấu trúc và phân loại hệ thống truyền động điện.	(tr2)
§1.3. Đặc tính cơ của máy sản xuất và của động cơ điện	(tr4)
§1.4. Các trạng thái làm việc của hệ thống TĐĐ TĐ.	(tr8)
§1.5. Tính đổi các đại lượng cơ học.	tr11)
§1.6. Phương trình động học của hệ thống TĐĐ TĐ.	(tr14)
§1.7. Điều kiện ổn định của hệ thống TĐĐ TĐ.	(tr15)
§1.8. Động học của hệ thống TĐĐ TĐ.	(tr16)

Chương 2: Đặc tính cơ của động cơ điện.

§2.1. Khái niệm chung	(tr20)
§2.2. Đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập.	(tr21)
§2.3. Đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ nối tiếp.	(tr44)
§2.4. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ.	(tr56)
§2.5. Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ.	(tr86)

Chương 3: Điều chỉnh các thông số đầu ra của hệ TĐĐ TĐ

§3.1. Khái niệm chung.	(tr92)
§3.2. Các chỉ tiêu chất lượng.	(tr95)
§3.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều.	(tr99)
§3.4. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.	(tr104)
§3.5. Điều chỉnh tự động tốc độ bằng thông số đầu ra.	(tr118)

Chương 4: Điều chỉnh tốc độ bằng các bộ biến đổi

§4.1. Hệ Bộ biến đổi - Động cơ một chiều.	(tr128)
§4.2. Hệ Bộ biến đổi - Động cơ không đồng bộ.	(tr138)

Chương 5: Quá trình quá độ trong truyền động điện

§5.1. Khái niệm chung.	(tr148)
§5.2. Quá trình quá độ cơ học khi $U_{nguồn} = \text{const}$ và $M_{dòng}(t)$ là tuyến tính.	(tr150)
§5.3. Quá trình quá độ cơ học khi $U_{nguồn} = \text{const}$ và $M_{dòng}(t)$ là phi tuyến.	(tr167)
§5.4. Quá trình quá độ cơ học khi $U_{nguồn} = \text{var}$.	(tr171)
§5.5. Quá trình quá độ điện - cơ trong hệ thống TĐĐ.	(tr176)

Chương 6: Chọn công suất động cơ.

§6.1. Khái niệm chung.	(tr178)
§6.2. Các chỉ tiêu chất lượng chọn công suất động cơ.	(tr181)
§6.3. Chọn động cơ điện khi không điều chỉnh tốc độ.	(tr184)
§6.4. Chọn động cơ điện khi có điều chỉnh tốc độ.	(tr191)
§6.5. Kiểm nghiệm công suất động cơ điện.	(tr194)

Chương 7: Hệ thống điều khiển tự động TĐĐ.

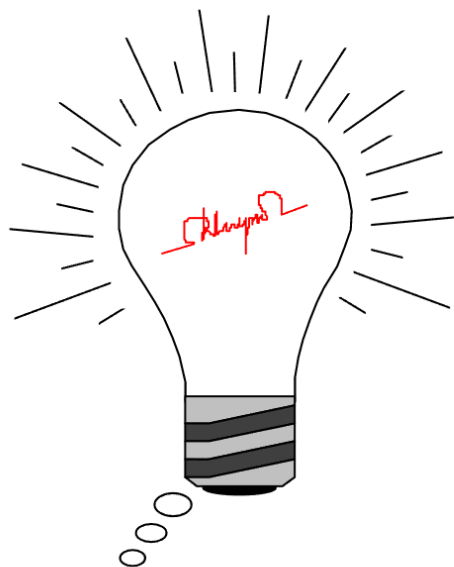
§7.1. Các nguyên tắc điều khiển tự động.	(tr202)
§7.2. Các mạch bảo vệ và tín hiệu hóa.	(tr218)

Tài liệu tham khảo

Mục lục

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Cơ sở Truyền động điện tự động*, tập 1 & 2, Bùi Đình Tiểu - Phạm Duy Nhi, NXB Đại học và trung học chuyên nghiệp, 1982.
2. *Cơ sở Truyền động điện tự động*, M.G. TSILIKIN - M.M.XOCOLOV - V.M.TEREKHOV - A.V.SINIANXKI, người dịch Bùi Đình Tiểu - Lê Tông - Nguyễn Bình, NXB Khoa học & Kỹ thuật, 1977.
3. *Truyền động điện*, Bùi Quốc Khánh - Nguyễn Văn Liên - Nguyễn Thị Hiền, NXB Khoa học & Kỹ thuật, 1998.
4. *Điều chỉnh từ động truyền động điện*, Bùi Quốc Khánh - Phạm Quốc Hải - Nguyễn Văn Liên - Dương Văn Nghi, NXB Khoa học & Kỹ thuật, 1998.
5. *Trang bị điện - điện tử máy gia công kim loại*, Nguyễn Mạnh Tiến - Vũ Quang Hồi, NXB Giáo dục, 1994.
6. *Trang bị điện - điện tử máy công nghiệp dùng chung*, Vũ Quang Hồi - Nguyễn Văn Chất - Nguyễn Thị Liên Anh, NXB Giáo dục, 1994.
7. *Phân tích và tổng hợp hệ thống điều khiển tự động truyền động điện*, Trịnh Đình Đề, NXB Khoa học & Kỹ thuật, 1993.
8. *Điện tử công suất*, Nguyễn Bình, NXB Khoa học & Kỹ thuật, 1995.
9. *Mạch số*, Nguyễn Hữu Phương, NXB Thống kê, 2001.
10. *Giáo trình Truyền động điện*, PGS. TS. Bùi Đình Tiểu, NXB Giáo dục, 2004.



ThS. khương công minh

bộ môn: tự động - đo lường - khoa điện
trường đại học bách khoa đà nẵng

giáo trình
TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
TỰ ĐỘNG



(Lưu hành nội bộ)
Đà nẵng 2005

lời nói đầu

Để phục vụ kịp thời cho việc học tập và giảng dạy của sinh viên và giáo viên khoa Điện trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng cũng như sinh viên các trung tâm, và làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư điện và các ngành có liên quan, chúng tôi đã biên soạn giáo trình “truyền động điện tự động” (tập 1, 2). Giáo trình gồm hai phần:

Phần 1 (Tập 1): Trình bày những kiến thức cơ bản về: các đặc tính của máy sản xuất, của động cơ; các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ, các hệ “bộ biến đổi - động cơ”; quá trình quá độ trong hệ thống truyền động điện tự động; chọn công suất động cơ...

Phần 2 (Tập 2): Trình bày hệ điều khiển tự động (ĐKTD) truyền động điện như: phân tích các nguyên tắc điều khiển tự động; các phần tử điều khiển và bảo vệ; tổng hợp hệ TĐĐTĐ theo đại số logic...

Nội dung của giáo trình (*Phần 1*) gồm 6 chương:

Chương 1: Khái niệm chung về hệ truyền động điện tự động.

Chương 2: Đặc tính cơ của động cơ điện.

Chương 3: Điều chỉnh tốc độ động cơ điện theo các thông số.

Chương 4: Điều chỉnh tốc độ hệ "Bộ biến đổi - Động cơ điện".

Chương 5: Quá trình quá độ trong hệ thống truyền động điện.

Chương 6: Tính chọn công suất động cơ.

Nội dung của giáo trình (*Phần 2*) gồm 5 chương:

Chương 1: Khái niệm chung về hệ thống điều khiển tự động truyền động điện (HT ĐKTD TĐĐ).

Chương 2: Những nguyên tắc điều khiển tự động.

Chương 3: Các mạch bảo vệ và tín hiệu hóa.

Chương 4: Phần tử điều khiển logic - số.

Chương 5: Tổng hợp hệ điều khiển logic.

Do hạn chế về thông tin cũng như khả năng nên nội dung giáo trình chắc chắn còn nhiều vấn đề cần hoàn thiện.

Rất mong các bạn đồng nghiệp và độc giả đóng góp ý kiến. Thư góp ý xin gửi về cho ThS. Khương Công Minh, Giáo viên khoa điện, Trường đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng.

Tác giả**Chương 1:****Khái niệm chung về hệ truyền động điện tự động.****§ 1.1. Mục đích và yêu cầu:**

+ Nắm được cấu trúc chung của hệ thống truyền động điện tự động (HT-TĐĐTĐ).

+ Nắm được đặc tính của từng loại động cơ trong các hệ thống truyền động điện tự động cụ thể.

+ Phân tích được các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ và vấn đề điều chỉnh tốc độ trong các hệ “bộ biến đổi - động cơ”.

+ Khảo sát được quá trình quá độ của HT-TĐĐTĐ với các thông số của hệ hoặc của phụ tải.

+ Tính chọn các phương án truyền động và nắm được nguyên tắc cơ bản để chọn công suất động cơ điện.

+ Nắm được các nguyên tắc cơ bản điều khiển tự động HT-TĐĐTĐ.

+ Phân tích và đánh giá được các mạch điều khiển tự động điển hình của các máy hoặc hệ thống đã có sẵn.

+ Nắm được nguyên tắc làm việc của phần tử điều khiển logic.

+ Tổng hợp được một số mạch điều khiển logic.

+ Thiết kế được các mạch điều khiển tự động của các máy hoặc hệ thống theo yêu cầu công nghệ.

§ 1.2. Cấu trúc và phân loại hệ thống

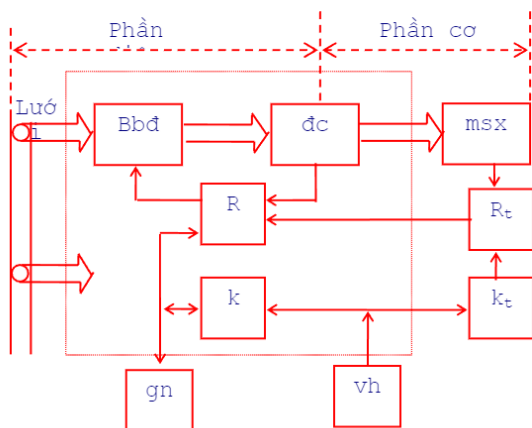
truyền động điện tự động (tđđ tđ)

1.2.1. Cấu trúc của hệ thống truyền động điện tự động:

* Định nghĩa hệ thống truyền động điện tự động:

+ Hệ truyền động điện tự động (TĐĐ TĐ) là một tổ hợp các thiết bị điện, điện tử, v.v. phục vụ cho cho việc biến đổi điện năng thành cơ năng cung cấp cho các cơ cấu công tác trên các máy sản xuất, cũng như gia công truyền tín hiệu thông tin để điều khiển quá trình biến đổi năng lượng đó theo yêu cầu công nghệ.

* Cấu trúc chung:



Hình 1-1: Mô tả cấu trúc chung của hệ TĐĐ TĐ

BBĐ: Bộ biến đổi; ĐC: Động cơ điện; MSX: Máy sản xuất; R và R_t : Bộ điều chỉnh truyền động và công nghệ; K và K_t : các Bộ đóng cắt phục vụ truyền động

Cấu trúc của hệ TĐĐ TĐ gồm 2 phần chính:

- Phần lực (mạch lực): từ lưới điện hoặc nguồn điện cung cấp điện năng đến bộ biến đổi (BBĐ) và động cơ điện (ĐC) truyền động cho phụ tải (MSX). Các bộ biến đổi như: bộ biến đổi máy điện (máy phát điện một chiều, xoay chiều, máy điện khuếch đại), bộ biến đổi điện tử (khuếch đại từ, cuộn kháng bảo hoà), bộ biến đổi điện tử, bán dẫn (Chỉnh lưu tiristor, bộ điều áp một chiều, biến tần transistor, tiristor). Động cơ có các loại như: động cơ một chiều, xoay chiều, các loại động cơ đặc biệt.

- Phần điều khiển (mạch điều khiển) gồm các cơ cấu đo lường, các bộ điều chỉnh tham số và công nghệ, các khí cụ, thiết bị điều khiển đóng cắt phục vụ công nghệ và cho người vận hành. Đồng thời một số hệ TĐĐ TĐ khác có cả mạch ghép nối với các thiết bị tự động khác hoặc với máy tính điều khiển.

1.2.2. Phân loại hệ thống truyền động điện tự động:

- Truyền động điện 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: tùy thuộc vào yêu cầu công nghệ mà ta có hệ truyền động điện điều chỉnh tốc độ, hệ truyền động điện tự động điều chỉnh mô men, lực kéo, và hệ truyền động điện tự động điều chỉnh vị trí. Trong hệ này có thể là hệ truyền động điện tự động nhiều động cơ.

- Theo cấu trúc và tín hiệu điều khiển mà ta có hệ truyền động điện tự động điều khiển số, hệ truyền động điện tự động điều khiển tương tự, hệ truyền động điện tự động điều khiển theo chương trình ...

- Theo đặc điểm truyền động ta có hệ truyền động điện tự động động cơ điện một chiều, động cơ điện xoay chiều, động cơ bước, v.v.

- Theo mức độ tự động hóa có hệ truyền động không tự động và hệ truyền động điện tự động.

- Ngoài ra, còn có hệ truyền động điện không đảo chiều, có đảo chiều, hệ truyền động đơn, truyền động nhiều động cơ, v.v.

Trang 3

§ 1.3. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA MÁY SẢN XUẤT VÀ ĐỘNG CƠ

1.3.1. Đặc tính cơ của máy sản xuất:

+ Đặc tính cơ của máy sản xuất là quan hệ giữa tốc độ quay và mômen cản của máy sản xuất: $M_c = f(\omega)$.

+ Đặc tính cơ của máy sản xuất rất đa dạng, tuy nhiên phần lớn chúng được biểu diễn dưới dạng biểu thức tổng quát:

$$M_c = M_{co} + (M_{đm} - M_{co}) \left(\frac{\omega}{\omega_{đm}} \right)^q \quad (1-1)$$

Trong đó:

M_c - mômen ứng với tốc độ ω .

M_{co} - mômen ứng với tốc độ $\omega = 0$.

$M_{đm}$ - mômen ứng với tốc độ định mức $\omega_{đm}$

+ Ta có các trường hợp số mũ q ứng với các tải:

Khi $q = -1$, mômen tỷ lệ nghịch với tốc độ, tương ứng các cơ cấu máy tiện, doa, máy cuốn dây, cuốn giấy, ... (đường ① hình 1-2).

Đặc điểm của loại máy này là tốc độ làm việc càng thấp thì mômen cản (lực cản) càng lớn.

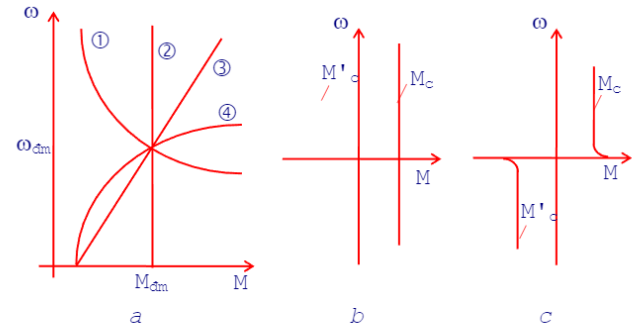
Khi $q = 0$, $M_c = M_{đm} = \text{const}$, tương ứng các cơ cấu máy nâng hạ, cầu trục, thang máy, băng tải, cơ cấu ăn dao máy cắt gọt, ... (đường ② hình 1-2).

Khi $q = 1$, mômen tỷ lệ bậc nhất với tốc độ, tương ứng các cơ cấu ma sát, máy bào, máy phát một chiều tải thuần trở, (đường ③ hình 1-2).

Khi $q = 2$, mômen tỷ lệ bậc hai với tốc độ, tương ứng các cơ cấu máy bơm, quạt gió, máy nén, (đường ④ hình 1-2).

+ Trên hình 1-2a biểu diễn các đặc tính cơ của máy sản xuất:

Trang 4



Hình 1-2: a) Các dạng đặc tính cơ của các máy sản xuất

$\textcircled{1}$: $q = -1$; $\textcircled{2}$: $q = 0$; $\textcircled{3}$: $q = 1$; $\textcircled{4}$: $q = 2$.

+ Ngoài ra, một số máy sản xuất có đặc tính cơ khác, như:

- Mômen phụ thuộc vào góc quay $M_c = f(\varphi)$ hoặc mômen phụ thuộc vào đường đi $M_c = f(s)$, các máy công tác có pittông, các máy trục không có cáp cân bằng 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 phụ thuộc vào thời gian $M_c = f(t)$ như máy nghiền đá, nghiền quặng.

Trên hình 1-2b biểu diễn đặc tính cơ của máy sản xuất có mômen cân dạng thế năng.

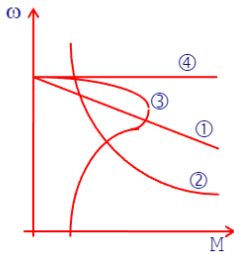
Trên hình 1-2c biểu diễn đặc tính cơ của máy sản xuất có mômen cân dạng phản kháng.

Trang 5

1.3.2. 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: $M = f(\omega)$.

+ Nhìn chung có 4 loại đặc tính cơ của các loại động cơ đặc trưng như: động cơ điện một chiều kích từ song song hay độc lập (đường①), và động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp hay hỗn hợp (đường②), động cơ điện xoay chiều không đồng bộ (đường③), đồng bộ (đường④), hình 1-3.



Hình 1-3: Các đặc tính cơ của bốn

* Thường người ta phân biệt hai loại đặc tính cơ:

+ *Đặc tính cơ tự nhiên*: là đặc tính có được khi động cơ nối theo sơ đồ bình thường, không sử dụng thêm các thiết bị phụ trợ khác và các thông số nguồn cũng như của động cơ là định mức. Như vậy mỗi động cơ chỉ có một đặc tính cơ tự nhiên.

+ *Đặc tính cơ nhân tạo* hay *đặc tính cơ điều chỉnh*: là đặc tính cơ nhận được sự thay đổi một trong các thông số nào đó của nguồn,

của động cơ hoặc nối thêm thiết bị phụ trợ vào mạch, hoặc sử dụng các sơ đồ đặc biệt. Mỗi động cơ có thể có nhiều đặc tính cơ nhân tạo.

1.3.3. Độ cứng đặc tính cơ:

+ Đánh giá và so sánh các đặc tính cơ, người ta đưa ra khái niệm “*độ cứng đặc tính cơ*” và được định nghĩa:

Trang 6

$$\beta = \frac{\partial M}{\partial \omega}; \text{ nếu đặc tính cơ tuyến tính thì: } \beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}; \quad (1-2a)$$

$$\text{Hoặc theo hệ đơn vị tương đối: } \beta^* = \frac{dM^*}{d\omega^*}; \quad (1-2b)$$

Trong đó: ΔM và $\Delta \omega$ là lượng sai phân của mômen và tốc độ tương ứng; $M^* = M/M_{dm}$; $\omega^* = \omega/\omega_{dm}$; hoặc $\omega^* = \omega/\omega_{cb}$.

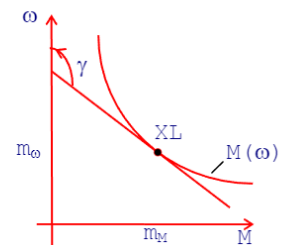
$$\text{Hoặc tính theo đồ thị: } \beta = \frac{m_M}{m_\omega} \operatorname{tg} \gamma; \quad (\text{hình 1-4}) \quad (1-3)$$

Trong đó:

+ m_M là tỉ lệ xích của trục mômen

+ m_ω là tỉ lệ xích của trục tốc độ

+ γ là góc tạo thành giữa tiếp tuyến với trục ω tại điểm xét của đặc tính cơ.



Hình 1-4: Cách tính độ cứng đặc tính cơ bằng






+ Động cơ không đồng bộ có độ cứng đặc tính cơ thay đổi giá trị ($\beta > 0$, $\beta < 0$).


- + Động cơ đồng bộ có đặc tính cơ tuyệt đối cứng ($\beta \approx \infty$).
- + Động cơ một chiều kích từ độc lập có độ cứng đặc tính cơ cứng ($\beta \geq 40$).
- + Động cơ một chiều kích từ độc lập có độ cứng đặc tính cơ mềm ($\beta \leq 10$).

Trang 7

§ 1.4. CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA HỆ TĐĐTĐ

+ Trong hệ truyền động điện tự động bao giờ cũng có quá trình biến đổi năng lượng điện năng thành cơ năng hoặc ngược lại. Chính quá trình biến đổi này quyết định trạng thái làm việc của hệ truyền động điện. Có thể lập Bảng 1-1:

TT	Biểu đồ công suất	$P_{điện}$	$P_{cơ}$	ΔP	Trạng thái làm việc
1		0	= 0	= $P_{điện}$	- Động cơ không tải
2		0	0	= $P_d - P_c$	- Động cơ có tải
3		= 0	< 0	= $ P_{cơ} $	Hãm không tải
4		< 0	< 0	= $ P_c - P_d $	Hãm tải sinh
					Hãm

5		0	< 0	= $ P_c + P_d $	ngược
6		= 0	< 0	= $ P_{cơ} $	Hãm động năng

Trang 8

ở trạng thái động cơ: Ta coi dòng công suất điện $P_{điện}$ 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: $P_{cơ} = M \cdot \omega$ cấp cho máy sản xuất và được tiêu thụ tại cơ cấu công tác của máy. Công suất cơ này có giá trị dương nếu như mômen động cơ sinh ra cùng chiều với tốc độ quay.

ở trạng thái máy phát: thì ngược lại, khi hệ truyền động làm việc, trong một điều kiện nào đó cơ cấu công tác của máy sản xuất có thể tạo ra cơ năng do động năng hoặc thế năng tích lũy trong hệ đủ lớn, cơ năng đó được truyền về trục động cơ, động cơ tiếp nhận năng lượng này và làm việc như một máy phát điện. 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 cân. 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 TĐĐTĐ là:

$$P_d = P_c + \Delta P \quad (1-4)$$

Trong đó: P_d là công suất điện; P_c là công suất cơ; ΔP là tổn thất công suất.

- Trạng thái động cơ gồm: chế độ có tải và chế độ không tải. Trạng thái động cơ phân bố ở góc phần tư I, III của mặt phẳng $\omega(M)$.