



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Truyền động điện

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

BẠCH TUYẾT VÂN

GIÁO TRÌNH **TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN**

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỐNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916 - FAX: (04) 9289143

GIÁO TRÌNH
TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chịu trách nhiệm xuất bản

NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập

HOÀNG CHÂU MINH

Bìa

VĂN SÁNG

Kỹ thuật vẽ tính

MINH ĐỖ

Sửa bản in

CHÂU MINH

In 520 cuốn, khổ 17x24cm, tại Nhà in Hà Nội - Công ty Sách Hà Nội. 67 Phố Đức Chính - Ba Đình - Hà Nội. Quyết định xuất bản: 160-2007/CXB/426GT-27/HN, số: 313/CXB ngày 02/3/2007. Số in: 369/3. In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2007.

Lời giới thiệu

*N*ước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đồng đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm “50 năm giải phóng Thủ đô”, “50 năm thành lập ngành” và hướng tới kỷ niệm “1000 năm Thăng Long - Hà Nội”.

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

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 để đáp ứng yêu cầu công nghệ mới với mức độ tự động hoá cao.

Ngày nay, do ứng dụng tiến bộ kỹ thuật điện tử tin học, các hệ truyền động 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 của hệ.

Ở nước ta, do yêu cầu công nghiệp hoá và hiện đại hoá nền kinh tế, ngày càng xuất hiện nhiều dây chuyền sản xuất mới có mức độ tự động hoá cao với những hệ truyền động điện hiện đại. Để kịp thời tiếp thu các tiến bộ kỹ thuật đồng thời để làm tài liệu giảng dạy trong các trường trung học chuyên nghiệp của Hà Nội, tổ môn Truyền động điện Trường Trung học Công nghiệp Hà Nội được sự chỉ đạo của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội và lãnh đạo Trường Trung học Công nghiệp Hà Nội, cho biên soạn giáo trình Truyền động điện dùng trong các trường THCN Hà Nội.

Nội dung giáo trình này trình bày những kiến thức cơ bản về hệ truyền động điện bao gồm việc phân tích các đặc tính của hệ truyền động điện, các phương pháp điều chỉnh tốc độ truyền động điện, các nguyên tắc tự động khống chế truyền động điện và giới thiệu một số mạch tự động khống chế cơ bản.

Giáo trình gồm có 5 chương, dùng để sử dụng cho đối tượng học sinh trung cấp chuyên ngành điện công nghiệp và dân dụng. Ngoài ra học sinh học nghề cũng có thể tham khảo, khi đó tập trung vào các chương 1, 2, 3, 5.

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

- Chương 3 trình bày các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều và xoay chiều. Nghiên cứu một số cấu trúc mới của truyền động điện xoay chiều hiện đại.

- Chương 4 nêu phương pháp tính chọn động cơ điện cho những truyền động không điều chỉnh tốc độ.

- Chương 5 nêu các nguyên tắc tự động khống chế truyền động điện và một số các mạch tự động khống chế cơ bản.

Nội dung giáo trình Truyền động điện được hội đồng khoa học Trường THCN Hà Nội xét duyệt và được tập thể các thầy giáo khoa Tự động hoá Trường Cao đẳng Công nghiệp giúp đỡ trong việc hoàn thiện. Tác giả xin cảm ơn sự giúp đỡ quý báu đó.

Chắc chắn nội dung giáo trình 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 Khoa Điện Trường Trung học Công nghiệp Hà Nội, điện thoại 8536579.

TÁC GIẢ

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Mục tiêu:

Thuộc lòng định nghĩa đặc tính cơ, độ cứng của đặc tính cơ của động cơ điện và máy sản xuất. Vẽ được đặc tính cơ của một số máy sản xuất thông dụng.

Trọng tâm:

Đặc tính cơ của động cơ điện và máy sản xuất.

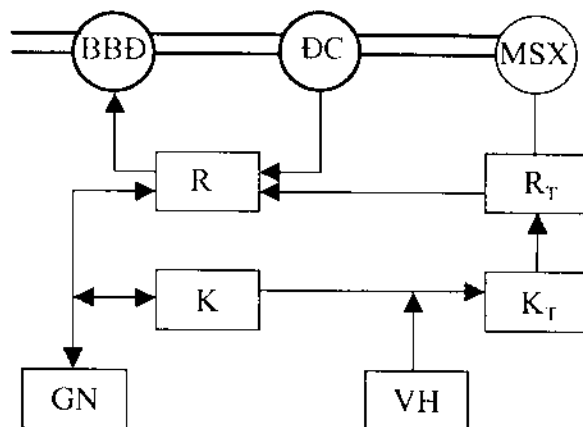
I. CẤU TRÚC CHUNG VÀ PHÂN LOẠI

1. Định nghĩa hệ truyền động điện

Hệ truyền động điện là một tập hợp các thiết bị điện, điện tử, 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.

2. Cấu trúc của hệ truyền động điện

Cấu trúc chung bao gồm hai phần chính:



Hình 1.1. Mô tả cấu trúc chung của hệ truyền động.

* BBD: Bộ biến đổi.

* ĐC: Động cơ.

* MSX: Máy sản xuất.

* VH: Người vận hành.

* GN: Mạch ghép nối.

* R_T : Các bộ điều chỉnh công nghệ.

* K_T : Các bộ đóng cắt phục vụ công nghệ.

* R: Các bộ điều chỉnh truyền động.

* K: Các bộ đóng cắt phục vụ truyền động.

* *Phân lực (mạch động lực):*

Là bộ biến đổi và động cơ truyền động (BBD + ĐC).

- Bộ biến đổi (BBD) thường dùng là:

+ Bộ biến đổi máy điện: Máy phát điện một chiều, xoay chiều.

+ Bộ biến đổi điện từ: Khuếch đại từ.

+ Bộ biến đổi điện tử: Chỉnh lưu tiristor, biến tần tranzitor.

- Động cơ điện (ĐC) có các loại: một chiều, xoay chiều, đồng bộ, không đồng bộ và các loại động cơ đặc biệt khác.

* *Phân điều khiển (mạch điều khiển):*

Gồm các cơ cấu đo lường, bộ điều chỉnh tham số và công nghệ, các thiết bị điều khiển, đóng cắt phục vụ công nghệ và cho người vận hành. Đồng thời một số hệ thống truyền động có mạch ghép nối với các thiết bị tự động khác.

3. Phân loại hệ truyền động điện

+ Truyền động không điều chỉnh: 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 ta có truyền động điều chỉnh tốc độ, điều chỉnh mômen v.v... 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, tương tự, theo chương trình v.v...

II. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN

1. Định nghĩa

Đặc tính cơ của động cơ điện là quan hệ giữa tốc độ quay và mômen của động cơ.

2. Đặc tính cơ tự nhiên

Là đặc tính cơ của 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 M_{dm} , ω_{dm} (hoặc n_{dm}).

3. Đặc tính cơ nhân tạo

Là đặc tính khi ta thay đổi các tham số của nguồn hoặc thêm các điện trở và điện kháng vào động cơ.

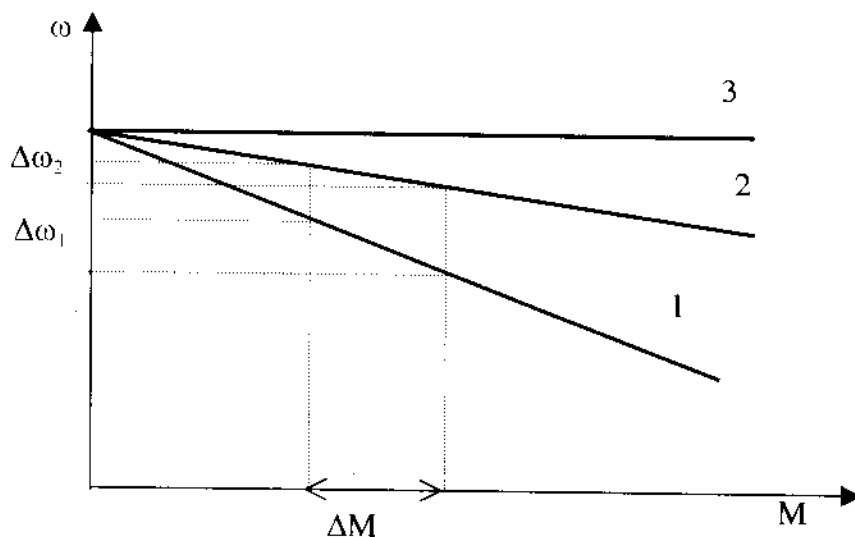
4. Độ cứng của đặc tính cơ (β)

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

β lớn ta có đặc tính cơ cứng.

β nhỏ ta có đặc tính cơ mềm.

$\beta = \infty$ ta có đặc tính cơ tuyệt đối cứng.



Hình 1. 2. Độ cứng đặc tính cơ

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

III. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA MÁY SẢN XUẤT

Đặc tính cơ của máy sản xuất rất đa dạng và được biểu diễn dưới dạng sau:

1. Phương trình đặc tính cơ của máy sản xuất

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

Trong đó: M_{c0} : Mômen ứng với tốc độ $\omega = 0$,

M_{dm} : Mômen ứng với tốc độ định mức ω_{dm} ,

M_c : Mômen ứng với tốc độ ω .

2. Các dạng đặc tính cơ của máy sản xuất

* $\alpha = 0$:

Ta có: $M_c = M_{dm}$ (đường đặc tính 1).

Các cơ cấu nâng, hạ, băng tải và cơ cấu ăn dao máy cắt kim loại có dạng đặc tính này.

* $\alpha = 2$:

Mômen tỉ lệ bậc hai với tốc độ (đường đặc tính 2).

Đó là đường đặc tính cơ của máy bơm và quạt gió.

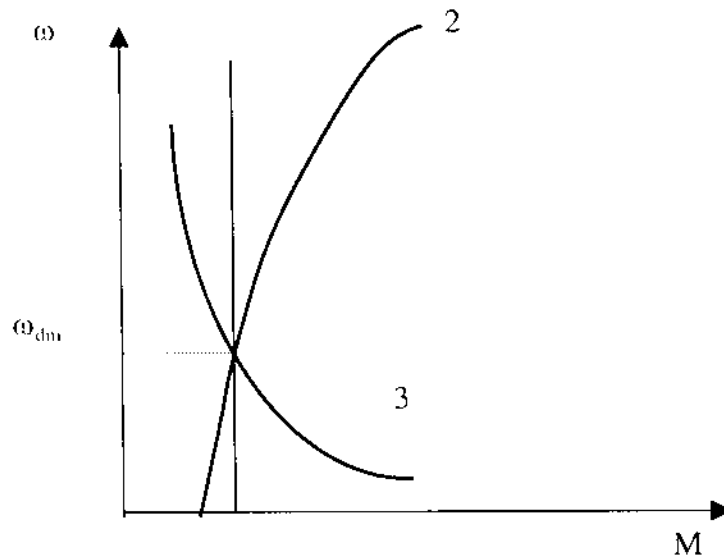
* $\alpha = -1$:

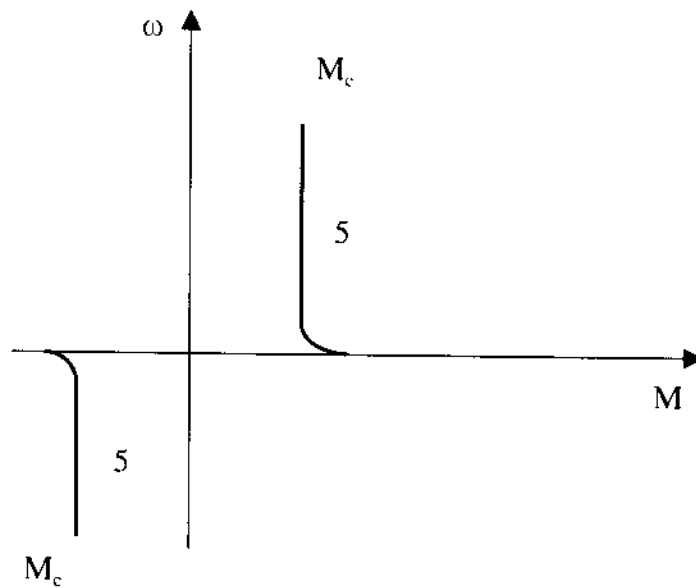
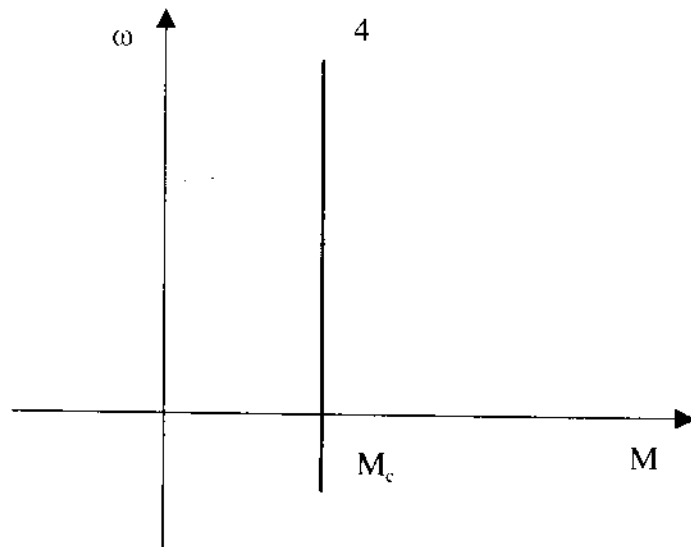
Mômen tỉ lệ nghịch với tốc độ (đường đặc tính 3).

Đó là đặc tính cơ của truyền động quay trực chỉnh máy cắt gọt kim loại.

* *Mômen cản thế năng* (cơ cấu nâng hạ tải trọng). Có đặc tính bằng hằng số và không phụ thuộc vào chiều quay (đường đặc tính 4).

* *Mômen cản phản kháng* luôn chống lại chiều quay như mômen ma sát, cơ cấu ăn dao máy cắt gọt kim loại (đường đặc tính 5).





Hình 1.3. Dạng đặc tính cơ của một số máy sản xuất

IV. TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Trong hệ truyền động điện bao giờ cũng có quá trình biến đổi điện - cơ. Quá trình này quyết định trạng thái làm việc của truyền động điện.

1. Một số qui định

- Công suất điện có giá trị dương ($P_D > 0$) nếu có chiều truyền từ nguồn đến động cơ và từ động cơ biến đổi công suất điện thành công suất cơ $P_C = M \cdot \omega$ cấp cho máy sản xuất.

- Công suất cơ có giá trị dương ($P_C > 0$) nếu mômen động cơ sinh ra (M) có cùng chiều với tốc độ quay (ω).

- Công suất điện có giá trị âm ($P_D < 0$) nếu có chiều truyền từ động cơ về nguồn.

- Công suất cơ có giá trị âm ($P_C < 0$) nếu truyền từ máy sản xuất về động cơ và mômen động cơ sinh ra (M) ngược chiều với tốc độ quay (ω).

- Mômen của máy sản xuất được gọi là mômen phụ tải hay mômen cản (M_C).

2. Phương trình cân bằng của hệ truyền động

$$P_D = P_C + \Delta P \quad (1-3)$$

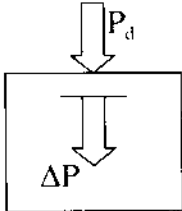
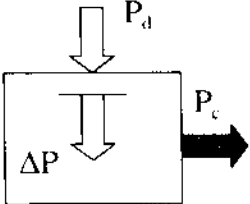
Trong đó: P_D : Công suất điện.

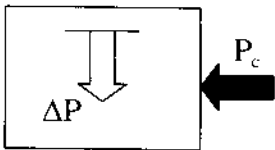
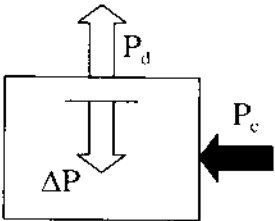
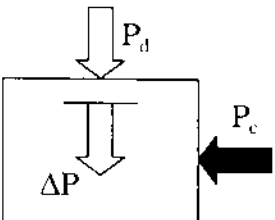
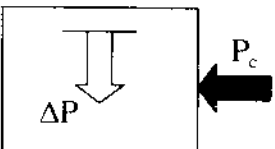
P_C : Công suất cơ.

ΔP : Tổn hao công suất.

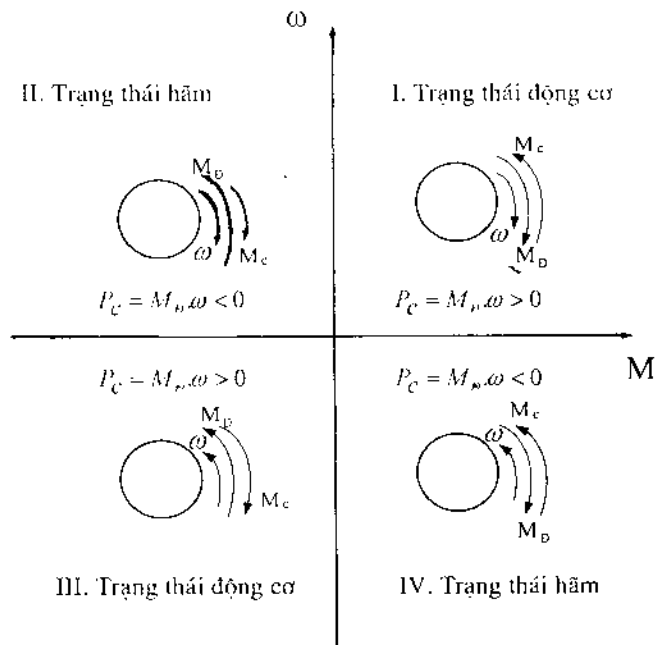
Tùy thuộc vào biến đổi năng lượng trong hệ mà ta có trạng thái làm việc của động cơ gồm trạng thái động cơ và trạng thái hãm (Bảng 1.1).

Bảng 1.1

TT	Biểu đồ công suất	P_D	P_C	ΔP	Trạng thái làm việc
1		> 0	$= 0$	$= P_{\text{điện}}$	Động cơ không tải
2		> 0	> 0	$= P_d - P_c$	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 động cơ: Bao gồm trạng thái có tải và không tải.
- Trạng thái hãm: Gồm hãm không tải, hãm ngược, hãm tái sinh và hãm động năng.
 - + Hãm tái sinh: $P_d < 0$, $P_c < 0$. Cơ năng biến thành điện năng trả về lưới.
 - + Hãm ngược: $P_d > 0$, $P_c < 0$. Điện năng và cơ năng chuyển thành tổn thất công suất ΔP .
 - + Hãm động năng: $P_d = 0$, $P_c < 0$. Cơ năng chuyển thành tổn thất công suất ΔP .
- Trạng thái hãm và trạng thái động cơ được phân bố trên đặc tính cơ:
 - + $\omega(M)$ ở góc phần tư thứ I, III: trạng thái động cơ.
 - + $\omega(M)$ ở góc phần tư II, IV: trạng thái hãm (hình 1 - 4).



Hình 1.4

V. ĐIỀU KIỆN ỔN ĐỊNH TĨNH CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

1. Phương trình động học của truyền động điện

* Ta có phương trình động học thường dùng của hệ truyền động điện:

$$M = J \cdot \frac{d\omega}{d\tau} + M_c \quad (1 - 4)$$

Vì J là mômen quán tính của hệ luôn > 0 . Từ phương trình 1- 4 thấy rằng:

- Nếu $M > M_c$ thì $\frac{d\omega}{d\tau} > 0$. Hệ tăng tốc.
- Nếu $M < M_c$ thì $\frac{d\omega}{d\tau} < 0$. Hệ giảm tốc.
- Nếu $M = M_c$ thì $\frac{d\omega}{d\tau} = 0$. Hệ làm việc ổn định.

2. Điều kiện ổn định tĩnh của truyền động điện

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 thoả mãn điều kiện ổn định, ta gọi là ổn định tĩnh hay sự làm việc phù hợp giữa động cơ và tải.

Điều kiện để ổn định tĩnh:

$$\left(\frac{\Delta M}{\Delta \omega} \right)_x - \left(\frac{\Delta M_c}{\Delta \omega} \right)_x < 0$$

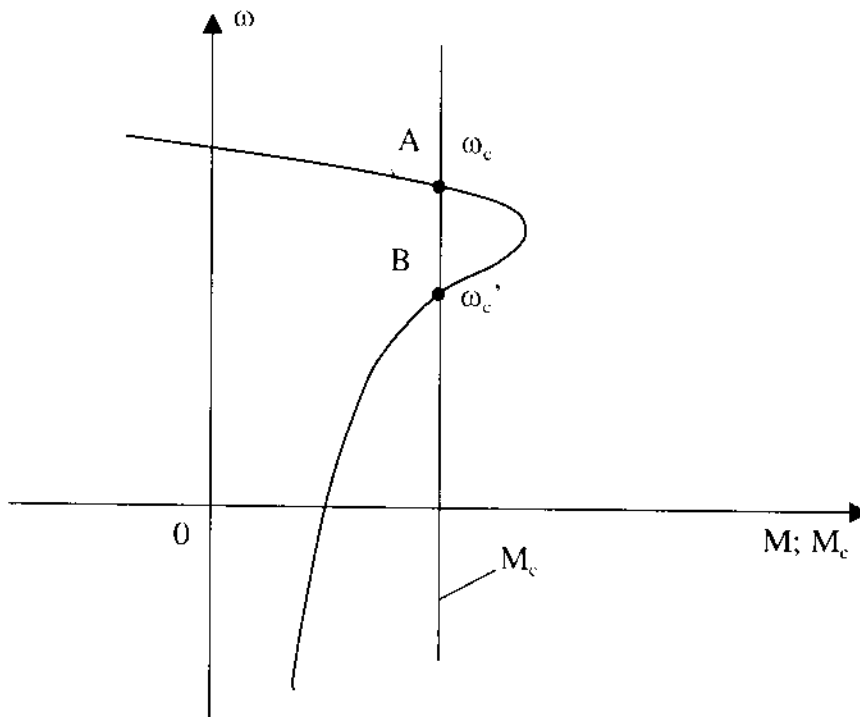
Nghĩa là: $\beta_{d/c} - \beta_c < 0$.

Vậy: Điều kiện làm việc ổn định tĩnh của hệ truyền động điện gồm:

* $M = M_c$. Trên đồ thị đặc tính cơ chính là giao điểm của đặc tính cơ của máy sản xuất và động cơ điện.

* $\beta_{d/c} - \beta_c < 0$.

Ví dụ: Trên hình 1 - 5 xét điểm làm việc ổn định của hệ truyền động:



Hình 1.5. Điểm làm việc ổn định của hệ truyền động

Điểm: A: $\beta_{d/c} < 0$ và $\beta_C = 0$ nên $\beta_{d/c} - \beta_C < 0$ ổn định.

B: $\beta_{d/c} > 0$ và $\beta_C = 0$ nên $\beta_{d/c} - \beta_C > 0$ không ổn định.

Câu hỏi ôn tập

1. Định nghĩa hệ truyền động điện. Một mạch điện chiếu sáng có phải là một hệ truyền động điện không?
2. Phần lực (mạch động lực) của một hệ truyền động điện gồm những thiết bị điện gì?
3. Định nghĩa đặc tính cơ của động cơ điện? Đặc tính tự nhiên? Đặc tính nhân tạo?
4. Định nghĩa độ cứng của đặc tính cơ? Ý nghĩa độ cứng của đặc tính cơ?
5. Hãy vẽ đặc tính cơ của cơ cấu nâng hạ, băng tải và cơ cấu ăn dao máy cắt kim loại?
6. Hãy vẽ đặc tính cơ của máy bơm, quạt gió?
7. Hãy vẽ đặc tính cơ của truyền động chính máy cắt kim loại?
8. Hãy vẽ đặc tính cơ của mômen cản thể năng, cản phản kháng.
9. Phân biệt trạng thái động cơ và trạng thái hãm của động cơ điện.
10. Hãy viết điều kiện ổn định tĩnh của truyền động điện. Cho một vài ví dụ.

Chương 2

ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Mục tiêu:

+ Thuộc lòng phương trình đặc tính cơ của các loại động cơ điện thông dụng. Từ đó nắm được tác dụng của các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện đó.

+ Đọc được kí hiệu của các loại động cơ điện trên bản vẽ, vẽ được đặc tính cơ (tự nhiên, nhân tạo) của các loại động cơ điện.

Trọng tâm:

Đặc tính cơ của các loại động cơ điện.

I. KHÁI NIỆM CHUNG

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 $M = f(\omega)$.

Trong đó: ω : Tốc độ góc, rad/s.

n : Tốc độ quay, v/ph.

M : Mômen, N.m.

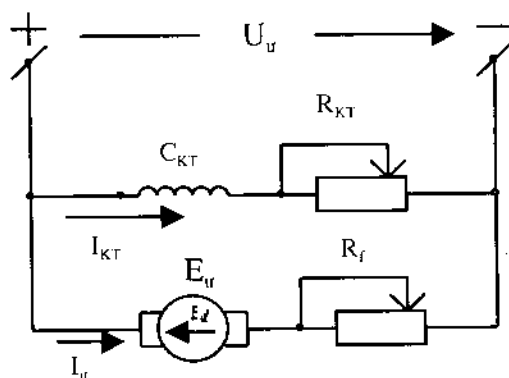
Trong phạm vi chương này, chúng ta sẽ nghiên cứu đặc tính cơ, các trạng thái làm việc và các phương pháp khởi động của ba loại động cơ thường sử dụng:

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

II. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH TỪ ĐỘC LẬP (HOẶC KÍCH TỪ SONG SONG)

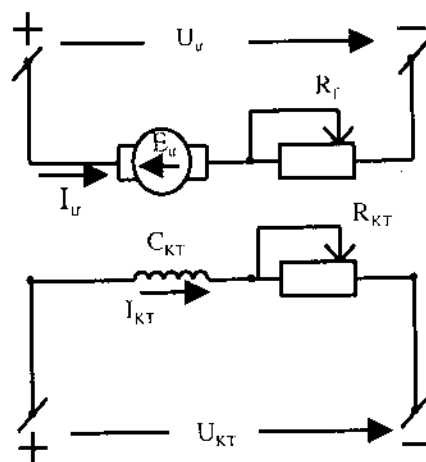
1. Sơ đồ điện

* Khi nguồn điện có công suất lớn và điện áp không đổi thì mạch kích từ mắc song song với mạch phần ứng. Được gọi là động cơ kích từ song song (hình 2.1).



Hình 2.1. Sơ đồ nối dây của động cơ kích từ song song

* Khi nguồn điện một chiều có công suất không đủ lớn thì mạch phần ứng và mạch kích từ mắc vào hai nguồn một chiều độc lập với nhau. Được gọi là kích từ độc lập (hình 2.2).



Hình 2.2. Sơ đồ nối dây của động cơ kích từ độc lập.

2. Phương trình đặc tính cơ

Theo hình vẽ (2.1) và hình (2.2), ta có thể viết phương trình cân bằng điện áp của mạch phần ứng như sau:

$$U_u = E_u + (R_u + R_f) \cdot I_u \quad (2 - 1)$$

Trong đó: U_u : Điện áp phần ứng (V).

E_u : Sức điện động phần ứng (V).

R_f : Điện trở phụ trong mạch phần ứng (Ω).

I_u : Dòng điện mạch phần ứng (A).

R_u : Điện trở mạch phần ứng (Ω).

Với:

$$R_u = r_u + r_{cf} + r_b + r_{ct}.$$

r_u : Điện trở cuộn dây phần 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 phần ứng động cơ được xác định theo biểu thức:

$$E_u = \frac{P \cdot N}{2\pi\alpha} \Phi \cdot \omega = K \cdot \Phi \cdot \omega \quad (2 - 2)$$

Trong đó: P : Số đôi cực từ chính,

N : Số thanh dẫn tác dụng của cuộn dây phần ứng,

a : Số đôi mạch nhánh song song của cuộn dây phần ứng,

Φ : Từ thông kích từ dưới một cực từ (W_b),

ω : Tốc độ góc, rad/s.

$$K = \frac{P \cdot N}{2\pi\alpha} : \text{Hệ số cấu tạo của động cơ.}$$

Từ phương trình (2 - 1) và (2 - 2) ta có:

$$\omega = \frac{U_u}{K \cdot \Phi} - \frac{R_u + R_f}{K \cdot \Phi} \cdot I_u \quad (2 - 3)$$

Biểu thức (2 - 3) là phương trình đặc tính cơ điện của động cơ.

Mặt khác mômen điện từ M_{dt} của động cơ được xác định bởi:

$$M_{dt} = K. \Phi. I_u \quad (2 - 4)$$

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

Thay giá trị I_u vào (2 - 3) ta được:

$$\omega = \frac{U_u}{K. \Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K. \Phi)^2} \cdot M_{dt} \quad (2 - 5)$$

Nếu bỏ qua tổn thất thép thì mômen cơ trên trục động cơ bằng mômen điện từ, kí hiệu là M . Nghĩa là $M_{dt} = M_c = M$.

$$\omega = \frac{U_u}{K. \Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K. \Phi)^2} \cdot M \quad (2 - 6)$$

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

Giả thiết từ thông $\Phi = \text{const}$ thì các phương trình đặc tính cơ điện (2 - 4) và phương trình đặc tính cơ (2 - 6) là tuyến tính.

Có thể rút gọn lại như sau:

$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega \quad (2 - 7)$$

Trong đó: ω_0 : Tốc độ không tải lý tưởng. $\omega_0 = \frac{U_u}{K. \Phi}$

$\Delta\omega$: Độ sụt tốc độ ứng với giá trị của M .

$$\Delta\omega = \frac{R_u + R_f}{K. \Phi} \cdot I_u = \frac{R_u + R_f}{(K. \Phi)^2} \cdot M$$

Đồ thị của chúng được biểu diễn trên hình (2 - 3) và hình (2 - 4) là những đường thẳng.

* Một số điểm đặc biệt của đặc tính:

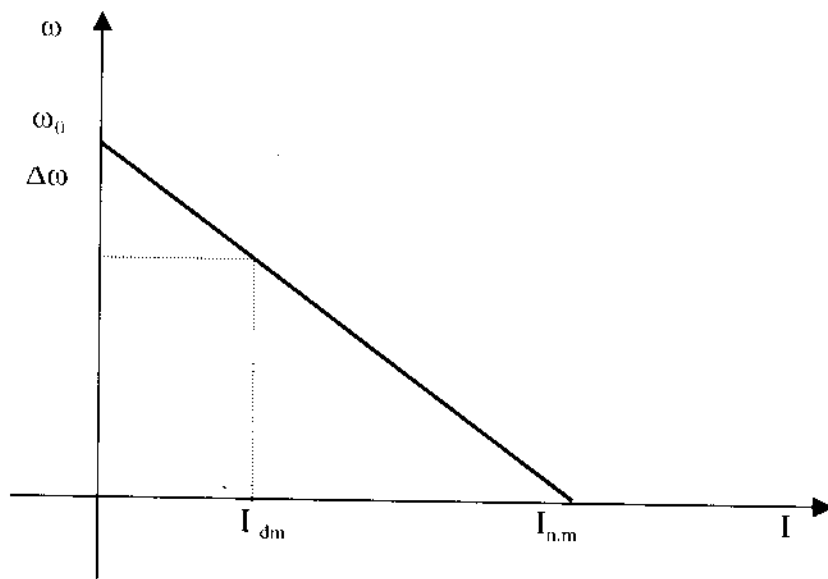
+ $I_u = 0$ hoặc $M = 0$ ta có: $\omega = \frac{U_u}{K. \Phi} = \omega_0$

+ $\omega = 0$ ta có:

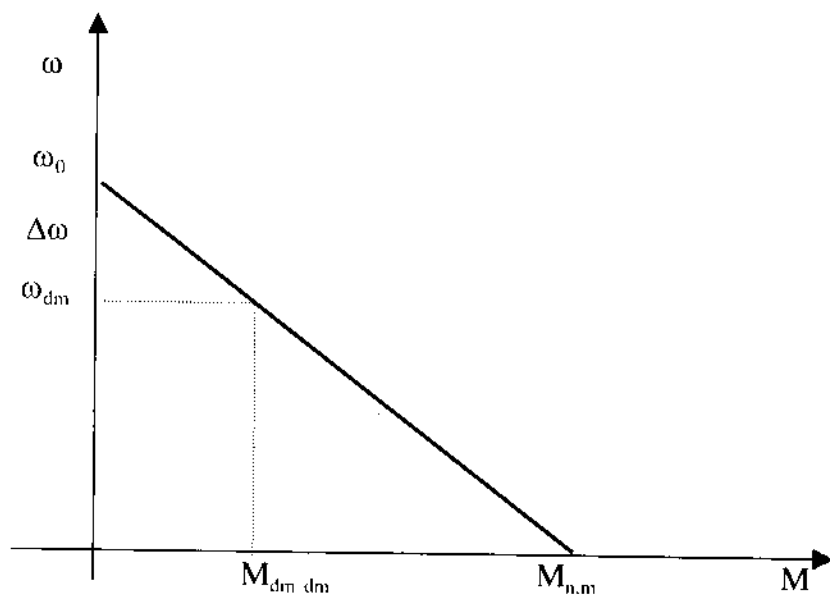
$$I_u = \frac{U_u}{R_u + R_f} = I_{n.m}$$

$$M = K. \Phi. I_{n.m} = M_{n.m}$$

$I_{n.m}$, $M_{n.m}$ được gọi là dòng điện ngắn mạch và mômen ngắn mạch.



Hình 2.3. Đặc tính cơ điện của động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song)



Hình 2.4. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song)

3. Đặc tính cơ khi thay đổi các tham số

$$\text{Từ phương trình đặc tính cơ } \omega = \frac{U_u}{K \cdot \Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K \cdot \Phi)^2} \cdot M$$

Ta thấy có ba tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ: từ thông động cơ Φ , điện áp phản ứng U_u và điện trở phản ứng động cơ. Ta lần lượt xét ảnh hưởng của từng tham số đó.

3.1. Ảnh hưởng của điện trở phản ứng

(Giả thiết $U_u = U_{dm} = \text{Const}$; $\Phi = \Phi_{dm} = \text{Const}$).

Muốn thay đổi điện trở mạch phản ứng ta nối thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng.

Trong trường hợp này tốc độ không tải lý tưởng:

$$\omega_o = \frac{U_{dm}}{K \cdot \Phi} = \text{Const}$$

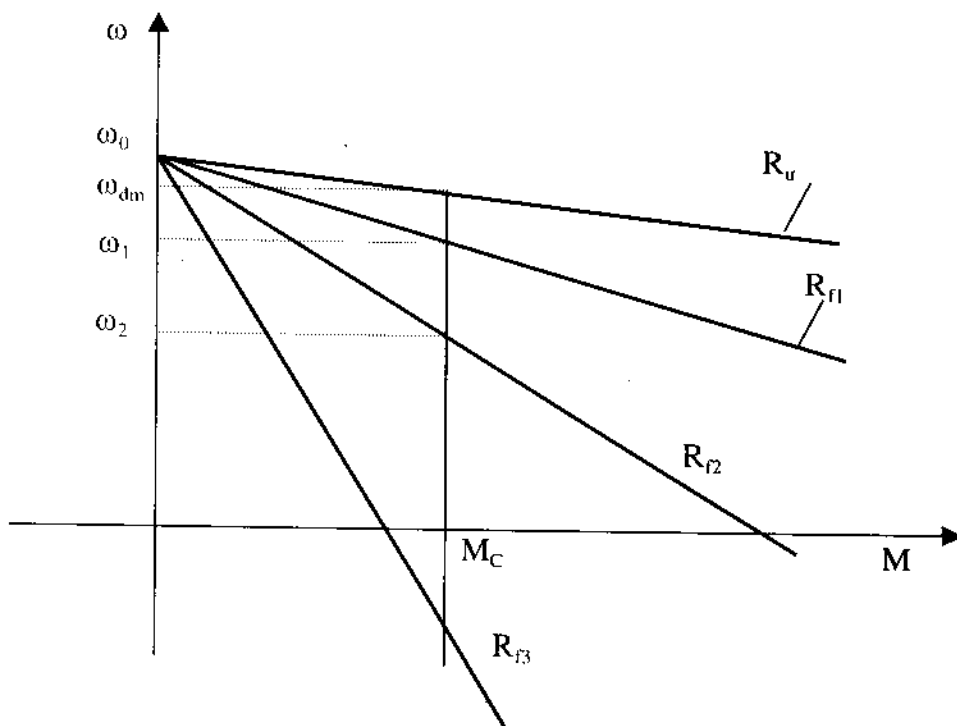
Độ cứng của đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{(K \cdot \Phi_{dm})^2}{R_u + R_f} = \text{var}$$

Khi R_f , β càng nhỏ nghĩa là đặc tính cơ càng dốc. Ứng với $R_f = 0$ ta có đặc tính cơ tự nhiên:

$$\beta_{TN} = \frac{(K \cdot \Phi_{dm})^2}{R_u} \quad (2 - 8)$$

β_{TN} có giá trị lớn nhất nên đặc tính cơ tự nhiên có độ cứng hơn tất cả các đường đặc tính có điện trở phụ. Như vậy khi thay đổi điện trở phụ ta được một họ đặc tính biến trở có dạng như hình 2.5, ứng với một phụ tải M_c nào đó. Nếu R_f càng lớn thì tốc độ động cơ càng giảm, đồng thời dòng điện ngắn mạch và mômen ngắn mạch cũng giảm. Chính vì vậy người ta thường dùng phương pháp này để hạn chế dòng điện và điều chỉnh tốc độ động cơ dưới tốc độ định mức.



Hình 2.5. Các đặc tính của động cơ một chiều kích từ độc lập khi thay đổi điện trở phụ mạch phản ứng.

3.2. Ảnh hưởng của điện áp phản ứng

(Giả thiết $\Phi = \Phi_{dm} = \text{Const}$, $R_u = \text{Const}$)

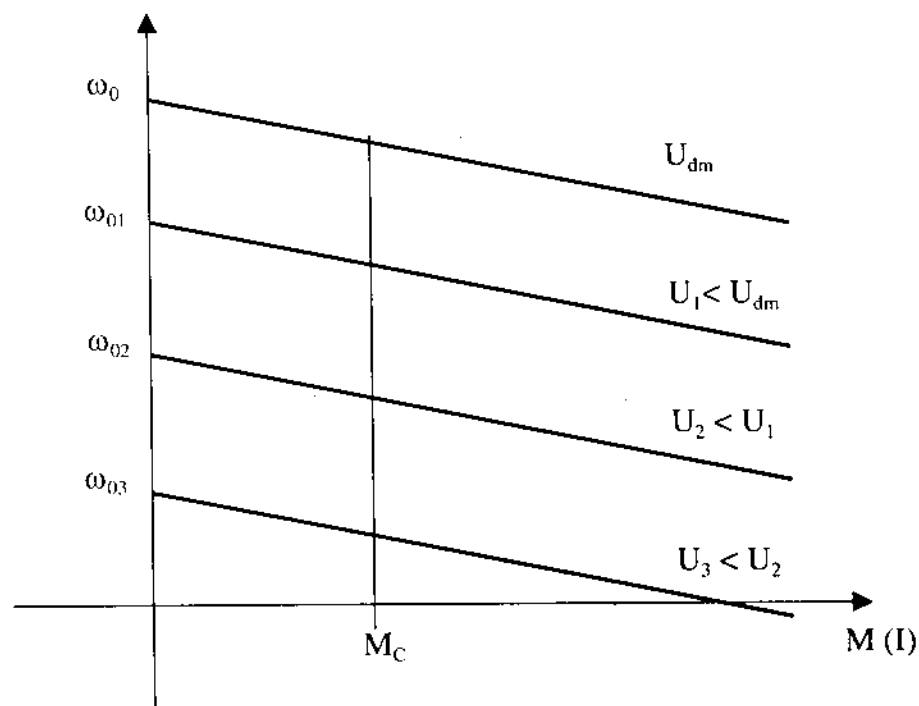
Khi điện áp thay đổi theo hướng giảm so với U_{dm} .

Ta có:
$$\omega_{ox} = \frac{U_x}{K \cdot \Phi_{dm}} = \text{var}$$

Độ cứng của đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{(K \cdot \Phi_{dm})^2}{R_u} = \text{Cons}$$

Như vậy khi thay đổi điện áp đặt vào phần ứng động cơ ta được một họ đặc tính cơ song song với đặc tính cơ tự nhiên như hình 2.6. Ta thấy rằng khi thay đổi điện áp (giảm áp) thì mômen ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch của động cơ giảm và tốc độ động cơ cũng giảm ứng với một phụ tải nhất định. Do đó phương pháp này cũng được sử dụng để điều chỉnh tốc độ động cơ và hạn chế dòng điện khi khởi động.



Hình 2.6. Các đặc tính của động cơ một chiều kích từ độc lập khi giảm áp đặt vào phần ứng động cơ.

3.3. Ảnh hưởng của từ thông

(Giả thiết điện áp phần ứng $U_u = U_{dm} = \text{Const}$. Điện trở phần ứng $R_u = \text{Const}$). Muốn thay đổi từ thông ta thay đổi dòng điện kích từ I_{KT} động cơ.

Trong trường hợp này:

- Tốc độ không tải:

$$\omega_{0x} = \frac{U_x}{K \cdot \Phi_{dm}} = \text{var}$$

Độ cứng đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{(K \cdot \Phi_{dm})^2}{R_r} = \text{var.}$$

Do cấu tạo của động cơ điện, thường điều chỉnh giảm từ thông. Nên khi từ thông giảm thì ω_{0X} tăng, còn β sẽ giảm.

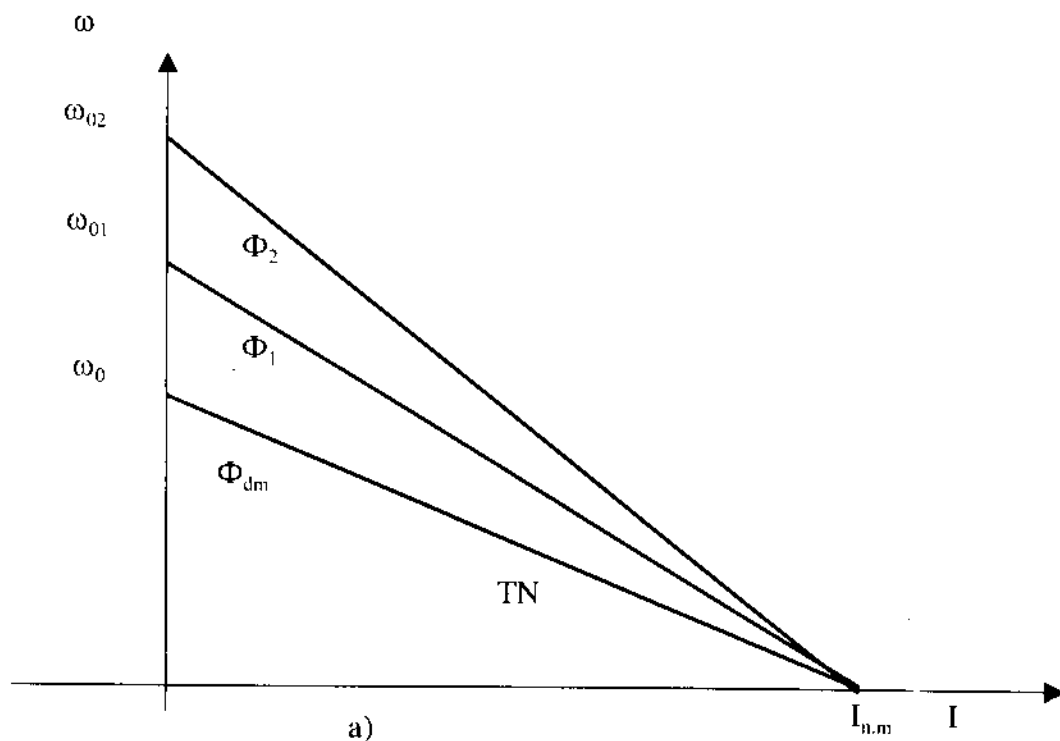
Ta có họ đặc tính cơ với ω_{0X} tăng dần và độ cứng của đặc tính giảm dần khi giảm từ thông. Các đặc tính cơ điện và đặc tính cơ của động cơ khi giảm từ thông được biểu diễn trên hình 2.7a,b.

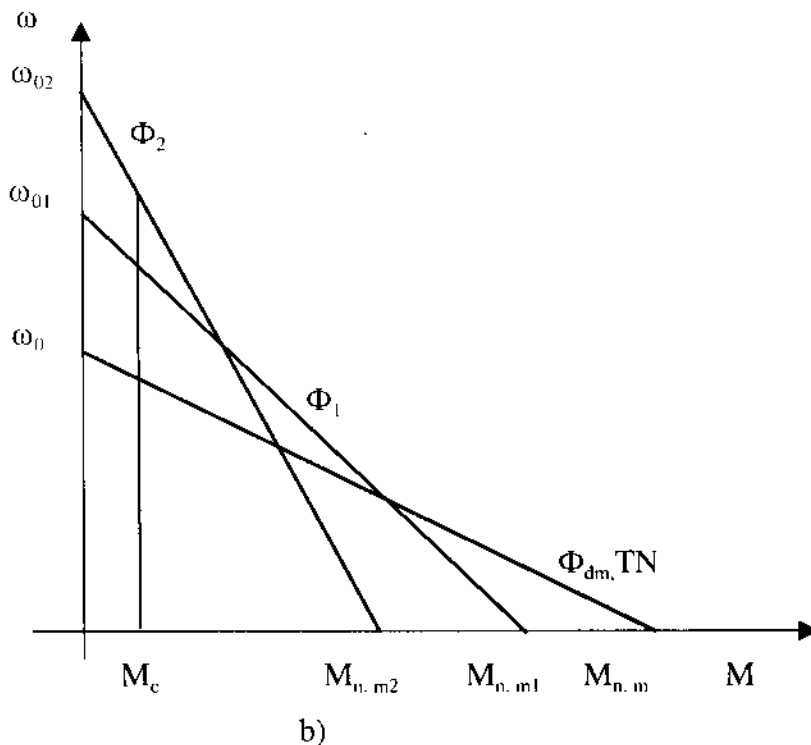
Ta nhận thấy rằng khi thay đổi từ thông:

- Dòng điện ngắn mạch: $I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_r} = \text{const}$

- Mômen ngắn mạch: $M_{nm} = K \Phi_v I_{nm} = \text{var.}$

Với dạng mômen phụ tải M_C thích hợp với chế độ làm việc của động cơ thì khi giảm từ thông tốc độ động cơ tăng lên (xem hình 2.7a, b).





Hình 2.7. Đặc tính cơ điện (a) và đặc tính cơ (b) của động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song) khi giảm từ thông.

4. Đặc tính cơ khởi động dùng ba cấp điện trở phụ

4.1. Khái niệm

Từ phương trình đặc tính cơ điện ta có:

$$\omega = \frac{U_{\alpha}}{K \cdot \Phi} - \frac{R_{\alpha} + R_f}{K \cdot \Phi} \cdot I_{\alpha}$$

Với đặc tính tự nhiên ($R = R_{\alpha}$) khi khởi động ta thấy dòng điện khởi động ban đầu là:

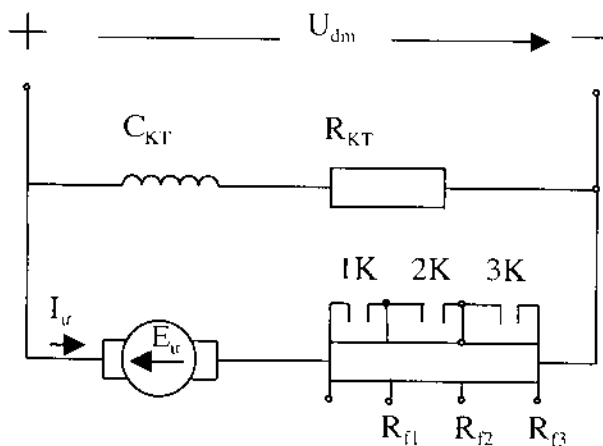
$$I_{n.m} = \frac{U_{dm}}{R_{\alpha}}$$

Ở những động cơ công suất trung bình và lớn, R_{α} thường có giá trị khá nhỏ, nên dòng khởi động ban đầu (dòng ngắn mạch) $I_{n.m} = (20 \div 25)I_{d.m}$.

Với giá trị dòng điện khởi động lớn, sẽ không cho phép về mặt chuyển mạch và phát nóng của động cơ cũng như sụt áp trên lưới điện. Tác hại này còn nghiêm trọng hơn đối với những hệ thống cần khởi động, hãm máy nhiều lần trong quá trình làm việc.

Để hạn chế dòng khởi động người ta có thể giảm điện áp nguồn đặt vào phần ứng động cơ điện hoặc nối thêm điện trở phụ R_f vào mạch phần ứng. Phương pháp thứ nhất được dùng trong những hệ thống có bộ biến đổi điện áp. Phương pháp thứ hai thường sử dụng khi động cơ được cấp điện áp cố định. Sau đây ta khảo sát phương pháp khởi động dùng các điện trở phụ, còn phương pháp thứ nhất sẽ được nghiên cứu trong các chương sau.

4.2. Sơ đồ nối dây của động cơ được trình bày trên hình 2.8



Hình 2.8. Sơ đồ đấu dây của động cơ khởi động qua ba cấp điện trở.

Trị số điện trở phụ (R_f) tổng mắc trong mạch khởi động được chọn sao cho khi khởi động ($\omega = 0$) thì dòng điện khởi động không vượt quá $2,5I_{dm}$ để đảm bảo an toàn cho động cơ và các cơ cấu truyền động. Ngoài ra I_{nm} cũng không nên quá nhỏ khiến cho M_{nm} cũng nhỏ đi so với mômen cần. Thông thường:

$$I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_u + R_f} \leq (2 \div 2,5) I_{dm} \quad (2 - 9)$$

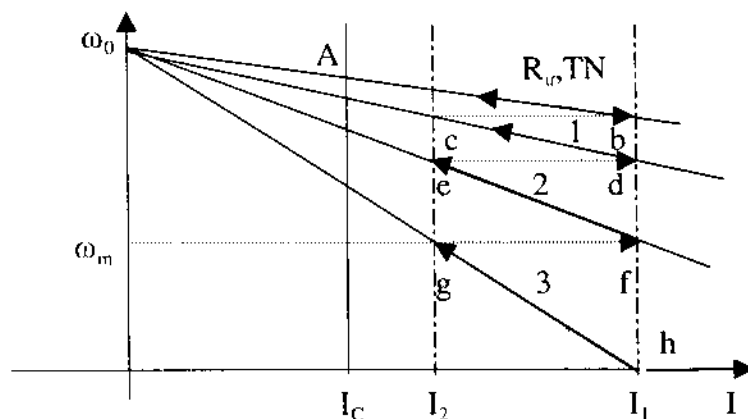
Khi tốc độ tăng lên dòng điện phần ứng giảm dần theo biểu thức:

$$I = \frac{U_{dm} - K\Phi\omega}{R_u + R_f} \quad (2 - 10)$$

Muốn cho quá trình tăng tốc được đều đặn và để cho động cơ làm việc ổn định ở tốc độ cao trên đặc tính tự nhiên ta phải cắt dần các điện trở phụ. Việc cắt các điện trở phụ nhờ các tiếp điểm của các công tắc tơ K_1, K_2, K_3 .

4.3. Nguyên lý làm việc

Khi bắt đầu khởi động toàn bộ điện trở phụ được đấu vào mạch phản ứng. $I_{k.d} = I_{n.m} = I_1$. Tốc độ động cơ tăng dần, dòng điện giảm dần (trên đặc tính 3) đến $I_2 = (1,1 \div 1,3)I_{d.m.}$. Công tắc tơ K_3 đóng tiếp điểm K_3 loại R_{f3} , động cơ tiếp tục khởi động trên đặc tính 2, dòng điện tăng lên đến I_1 , tốc độ động cơ tăng dần, dòng điện giảm dần đến I_2 . Công tắc tơ K_2 đóng tiếp điểm K_2 loại R_{f2} . Cứ tiếp tục như vậy cho đến khi động cơ tăng tốc trên đặc tính cơ tự nhiên và làm việc ổn định tại A có $I_{dc} = I_c = I_{tài}$ (hình 2.9).



Hình 2.9. Các đặc tính khởi động qua ba cấp điện trở.

5. Đặc tính cơ trong các trạng thái hãm

5.1. Khái niệm

Hãm là trạng thái mà động cơ sinh mômen ngược chiều với tốc độ quay. Trong tất cả các trạng thái hãm động cơ đều làm việc ở chế độ máy phát. Động cơ điện một chiều kích từ độc lập có 3 trạng thái hãm: Hãm tái sinh, hãm ngược và hãm động năng.

5.2. Hãm tái sinh (Hãm trả năng lượng về lưới)

Hãm tái sinh xảy ra khi tốc độ quay của động cơ lớn hơn tốc độ không tải lý tưởng.

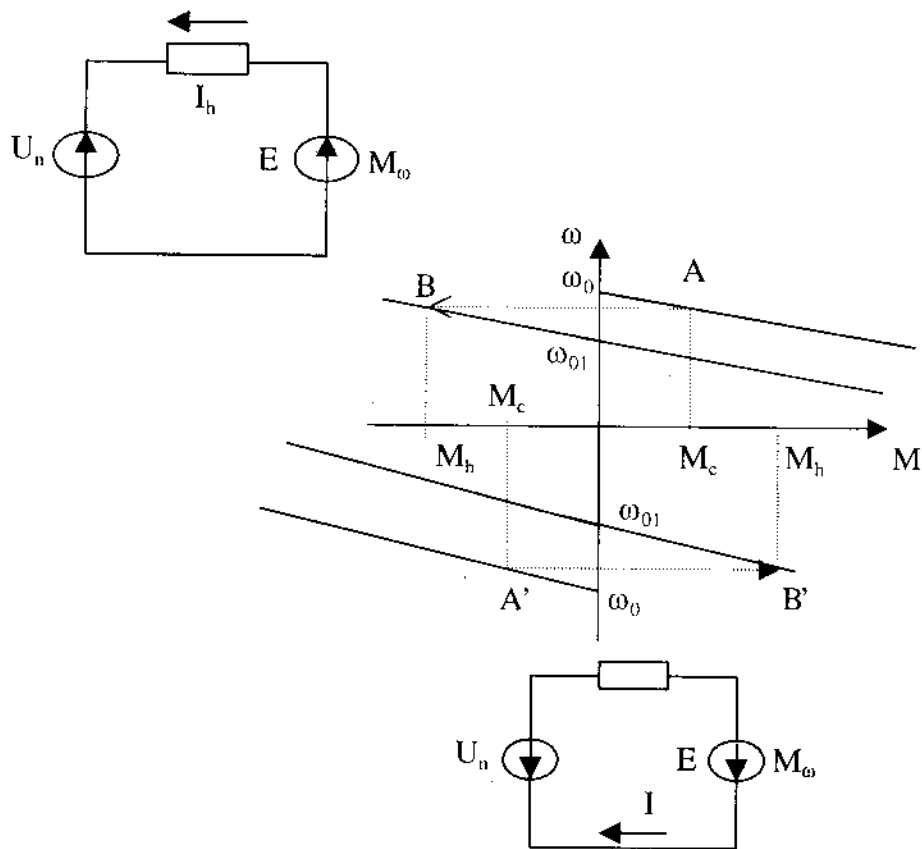
5.2.1. Hãm tái sinh với tải phản kháng

Khi hãm tái sinh $E_u > U_u$, động cơ làm việc như một máy phát điện song song với lưới. So với chế độ động cơ dòng điện hãm và mômen hãm đã đổi chiều (dòng điện động cơ chạy từ động cơ về nguồn) và được xác định theo biểu thức:

$$I_h = \frac{U_u - E_u}{R} = \frac{K\Phi\omega_0 - K\Phi\omega}{R} < 0$$

$$M_h = K\Phi I_h < 0$$

Sơ đồ điện và đặc tính cơ hãm được thể hiện trên hình 2.10.



Hình 2.10. Sơ đồ điện và đặc tính cơ hãm tái sinh (giảm U_u).

$B - \omega_{01}$
 $B' - \omega_{01}$

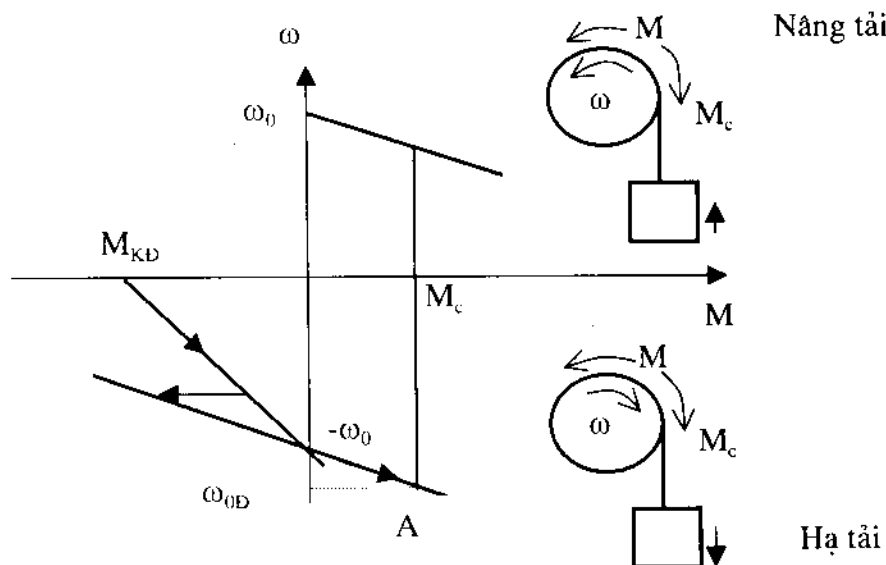
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Là đặc tính hãm (nằm trên góc phần tư thứ 2 và thứ 4).} \end{array} \right.$

Động cơ đang làm việc ổn định tại A (hoặc A') khi thực hiện hãm tái sinh (bằng cách giảm U_n) theo quán tính động cơ sẽ chuyển sang đường đặc tính cơ mới có mômen bằng M_h ngược chiều với tốc độ động cơ nên sẽ hãm động cơ lại.

Trong trạng thái hãm tái sinh, dòng điện hãm đổi chiều và công suất được trả về lưới điện có giá trị $P = (E - U).I$. Đây là phương pháp hãm kinh tế nhất vì động cơ sinh ra điện năng hữu ích.

5.2.2. Hãm tái sinh với tải thế năng

Trong thực tế, cơ cấu nâng hạ của cần trục, khi nâng tải động cơ được đấu vào nguồn theo cực tính thuận và làm việc trên đặc tính cơ nằm trong góc phần tư thứ I. Khi muốn hạ tải ta phải đảo chiều điện áp đặt vào phần ứng động cơ. Lúc này nếu mômen do tải trọng gây ra lớn hơn mômen ma sát trong các bộ phận chuyển động của cơ cấu, động cơ điện sẽ làm việc ở trạng thái hãm tái sinh. Trên hình 2.11: Khi hạ tải, để hạn chế dòng khởi động ta đóng thêm điện trở phụ vào mạch phần ứng. Tốc độ động cơ tăng dần lên, khi tốc độ gần đạt tới giá trị ω_0 ta cắt điện trở phụ, động cơ tăng tốc độ trên đường đặc tính cơ tự nhiên. Khi tốc độ vượt quá $\omega > \omega_0$, mômen điện từ của động cơ đổi dấu trở thành mômen hãm đến điểm A mômen $M_h = M_c$, tải trọng được hạ với tốc độ ổn định ω_{0D} , trong trạng thái hãm tái sinh.



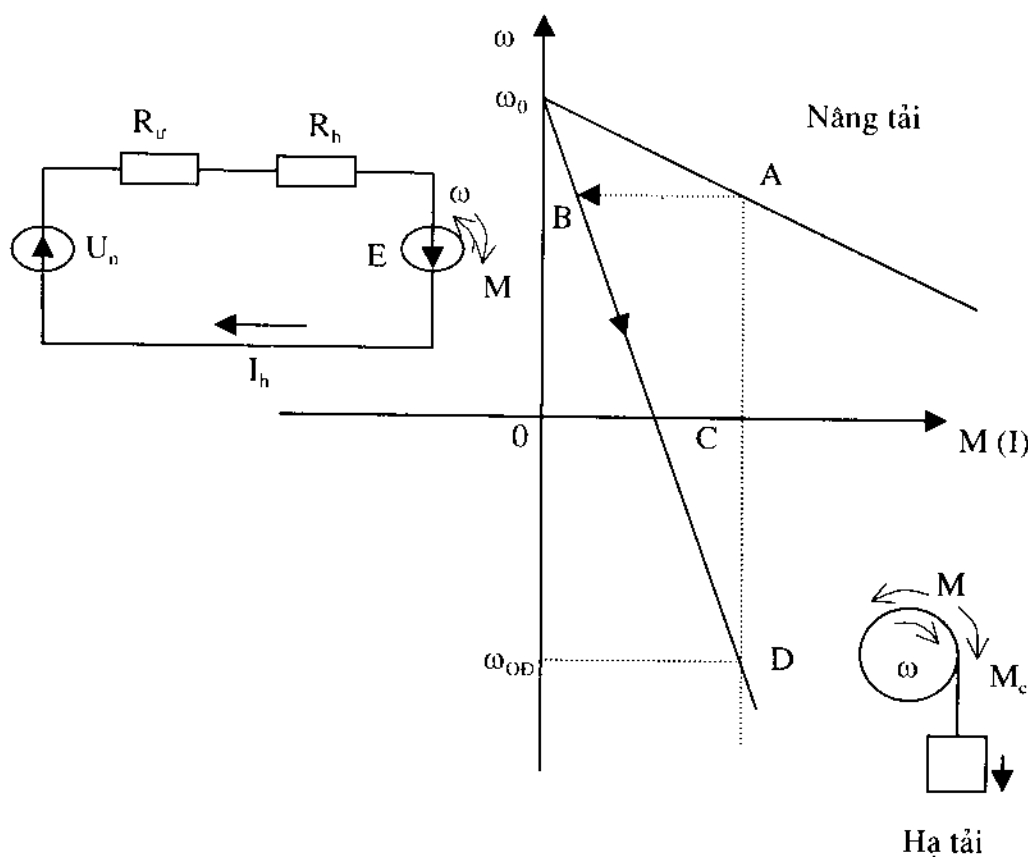
Hình 2.11. Đặc tính hãm tái sinh khi hạ tải trọng của động cơ điện một chiều kích từ độc lập (tải thế năng)

5.3. Hãm ngược

Trạng thái hãm ngược của động cơ xảy ra khi phần ứng dưới tác dụng của động năng tích lũy trong các bộ phận chuyển động hoặc do mômen thế năng quay ngược chiều với mômen điện từ của động cơ. Mômen sinh ra bởi động cơ, khi đó chống lại sự chuyển động của cơ cấu sản xuất. Có hai trường hợp hãm ngược:

5.3.1. Hãm ngược với tải thế năng

Bằng cách đưa điện trở phụ vào mạch phần ứng (hình 2.12). Giả sử động cơ đang làm việc nâng tải với tốc độ xác lập với điểm A. Ta đưa một điện trở phụ đủ lớn vào mạch phần ứng, động cơ sẽ chuyển sang làm việc ở điểm B trên đặc tính biến trở.



Hình 2.12. Đặc tính cơ khi hãm ngược với tải thế năng đưa R_f vào mạch phần ứng.

Tại điểm B mômen do động cơ sinh ra nhỏ hơn mômen cản nên động cơ giảm tốc độ nhưng tải vẫn theo chiều nâng lên. Đến điểm C, tốc độ bằng 0 nhưng vì mômen động cơ nhỏ hơn mômen tải nên dưới tác động của tải trọng, động cơ quay theo chiều ngược lại. Tải trọng được hạ xuống với tốc độ tăng dần. Đến điểm D mômen động cơ cân bằng với mômen cản nên hệ ổn định với tốc độ hạ không đổi ω_{0D} , CD là đoạn đặc tính hãm ngược. Khi hãm ngược vì tốc độ đổi chiều, sức điện động đổi dấu nên:

$$I_h = \frac{U_n + E}{R_u + R_h} = \frac{U_n + K\Phi\omega}{R_u + R_f} \quad (2 - 11)$$

$$M = K\Phi I_h \quad (2 - 12)$$

Như vậy ở đặc tính hãm ngược sức điện động tác dụng cùng chiều với điện áp lưới. Động cơ làm việc như một máy phát nối tiếp với lưới điện biến điện năng nhận từ lưới và cơ năng trên trục thành nhiệt năng đốt nóng điện trở tổng của mạch phản ứng vì vậy tổn thất năng lượng lớn.

5.3.2. Hãm ngược với tải phản kháng

Bằng cách đảo chiều điện áp phản ứng và để hạn chế dòng điện hãm ta đưa thêm điện trở phụ R_f vào mạch (hình 2.13). Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ tự nhiên với tải M_C , ta đổi chiều điện áp phản ứng và đưa thêm điện trở phụ R_f trong mạch. Động cơ chuyển sang làm việc ở điểm B trên đặc tính biến trở. Tại B mômen đã đổi chiều chống lại chiều quay của động cơ nên tốc độ giảm theo đoạn BC. Tại C tốc độ bằng không, nếu ta cắt phản ứng khỏi điện áp nguồn thì động cơ sẽ dừng lại, còn nếu vẫn giữ điện áp nguồn đặt vào động cơ và tại điểm C mômen động cơ lớn hơn mômen cản M_C thì động cơ sẽ quay ngược lại và làm việc ổn định tại điểm D. Đoạn BC là đặc tính hãm ngược.

$$I_h = \frac{-U_n - E_u}{R_u + R_f} = \frac{U_u + E_u}{R_u + R_f} \quad (2 - 13)$$

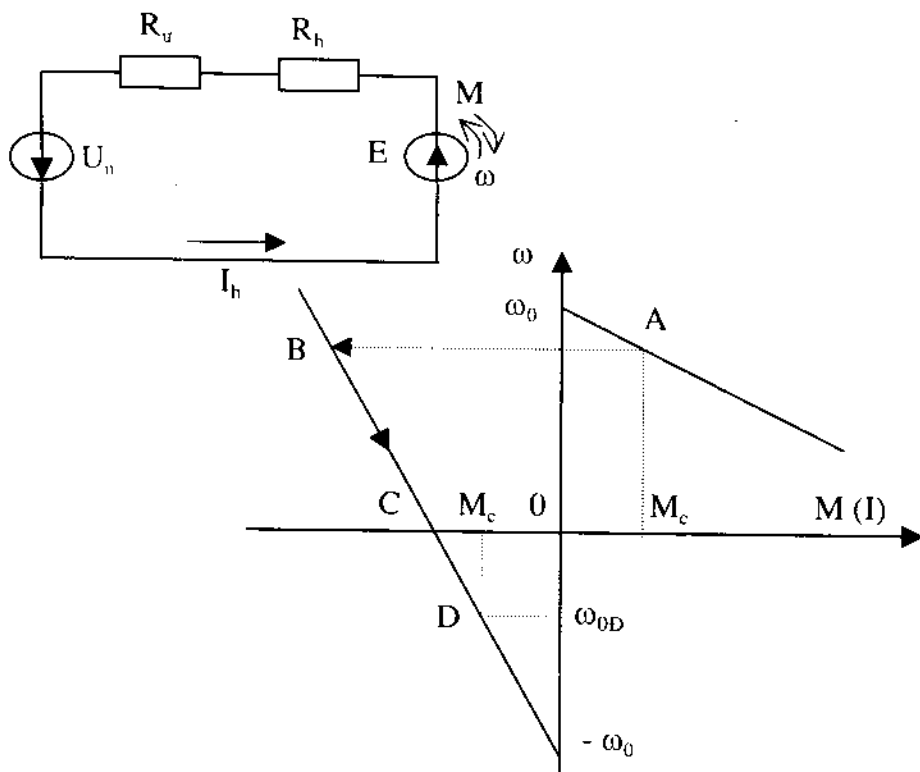
$$M_h = K\Phi I_h \quad (2 - 14)$$

Biểu thức (2.13) biểu thị dòng điện I_h có chiều ngược với chiều làm việc ban đầu và dòng điện hãm này có thể khá lớn. Do đó điện trở phụ đưa vào phải có giá trị đủ lớn. Hạn chế dòng điện hãm ban đầu I_{hd} trong phạm vi cho phép:

$$I_{hd} \leq (2 \div 2,5) I_{dm}$$

Và phương trình đặc tính cơ có dạng:

$$\omega = - \frac{U_n}{K \cdot \Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K \cdot \Phi)^2} \cdot M$$



Hình 2.13. Hãm ngược bằng phương pháp đảo cực tính động cơ và đấu điện trở phụ.

5.4. Hãm động năng

Hãm động năng là trạng thái động cơ làm việc như một máy phát mà năng cơ học của động cơ đã tích lũy được trong quá trình làm việc trước đó biến thành điện năng tiêu tán trong mạch hãm dưới dạng nhiệt.

5.4.1. Hãm động năng kích từ độc lập

Khi động cơ đang quay muốn thực hiện hãm động năng kích từ độc lập ta cắt phần ứng động cơ khỏi lưới điện một chiều và đóng vào một điện trở hãm,

còn mạch kích từ vẫn nối với nguồn như cũ. Mạch điện động cơ khi hãm động năng và đặc tính cơ hãm được trình bày trên hình 2.14.

Do động cơ còn được kích từ và rôto vẫn quay nên S.Đ.Đ vẫn tồn tại, khi đóng S.Đ.Đ qua điện trở hãm trong mạch phản ứng sẽ sinh ra dòng điện cùng chiều với S.Đ.Đ và gây ra mômen hãm. Động năng do các phần quay của truyền động tích lũy được biến thành điện năng tiêu tán trên điện trở hãm. Do động cơ bị cắt khỏi nguồn nên tốc độ không tải lý tưởng bằng không. Đặc tính cơ đi qua gốc toạ độ.

Tại thời điểm ban đầu, tốc độ động cơ vẫn có giá trị ω_{hd} nên

$$E_{hd} = K\Phi\omega_{hd}.$$

Và dòng điện hãm ban đầu:

$$I_{hd} = \frac{E_{hd}}{R_u + R_h} = -\frac{K\Phi\omega_{hd}}{R_u + R_h}. \quad (2 - 15)$$

Tương ứng có mômen hãm ban đầu:

$$M_{hd} = -\frac{K\Phi^2}{Ru + Rh} \cdot \omega_{hd} \quad (2 - 16)$$

Biểu thức (2.15) và (2.16) chứng tỏ dòng hãm I_{hd} và M_{hd} ngược chiều với tốc độ ban đầu của động cơ khi hãm động năng $U_r = 0$ nên ta có các phương trình đặc tính sau:

$$\omega = -\frac{Ru + Rh}{(K\Phi)^2} I_u \quad (2 - 17)$$

$$\omega = -\frac{Ru + Rh}{(K\Phi)^2} M \quad (2 - 18)$$

Đây là các phương trình đặc tính cơ điện và đặc tính cơ khi hãm động năng kích từ độc lập. Ta nhận thấy rằng:

Khi $\Phi = \text{const}$ thì độ cứng của đặc tính cơ hãm phụ thuộc R_h . Khi R_h càng nhỏ, đặc tính cơ càng cứng, mômen hãm càng lớn, hãm càng nhanh.

Tuy nhiên cần chọn R_h sao cho dòng hãm ban đầu nằm trong giới hạn cho phép $I_{hd} \leq (2 \div 2,5) I_{dm}$.

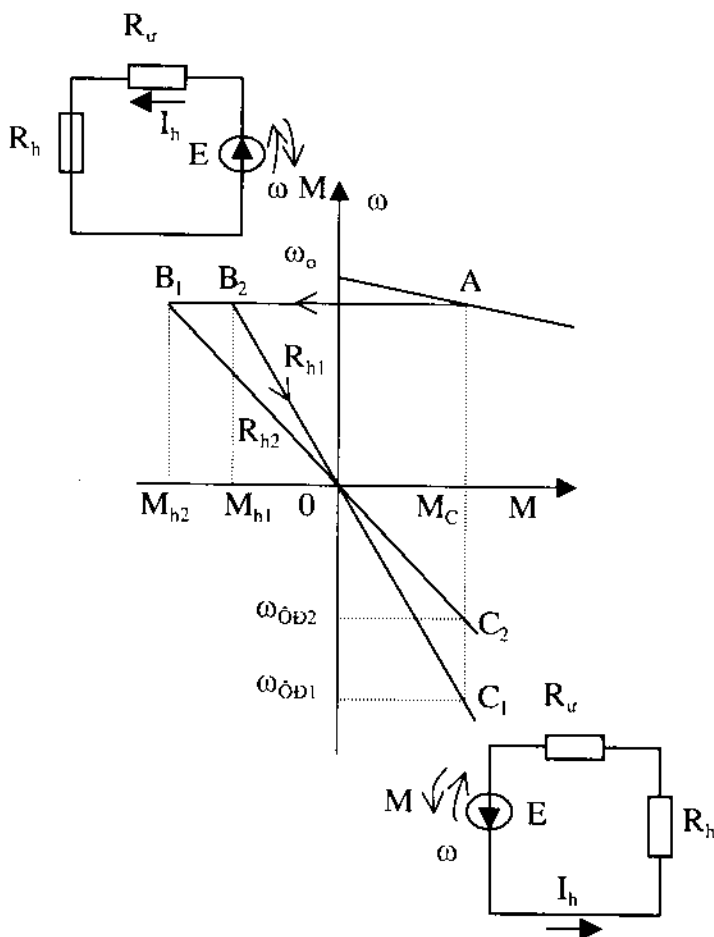
Trên đồ thị đặc tính cơ hãm động năng ta thấy rằng do có mômen hãm nên tốc độ giảm dần. Tại 0 mômen và tốc độ bằng không với mômen cản là phản kháng thì động cơ sẽ dừng hẳn, đặc tính hãm động năng là đoạn B_1O hoặc B_2O .

Với mômen cản M_c là thế năng thì dưới tác động của tải sẽ kéo động cơ quay theo chiều ngược lại đến làm việc ổn định tại điểm $M = M_c$. Đoạn B_1C_1 hoặc B_2C_2 cũng là đặc tính hãm động năng.

Khi hãm động năng kích từ độc lập, năng lượng chủ yếu được tạo ra do động năng của động cơ tích lũy được nên công suất điện tiêu tốn chỉ nằm trong mạch kích từ.

$$P_{KTDM} = (1 \div 5) \% P_{DM}$$

Phương trình cân bằng công suất khi hãm động năng: $E_u I_h = (R_u + R_h) I_h^2$



Hình 2.14. Sơ đồ điện và đặc tính cơ hãm động năng kích từ độc lập của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

5.4.2. Hãm động năng tự kích

Nhược điểm của hãm động năng kích từ độc lập là nếu mất điện lưới thì không thực hiện hãm được do cuộn dây kích từ vẫn phải nối với nguồn. Muốn khắc phục nhược điểm này người ta thường sử dụng phương pháp hãm động năng tự kích từ.

Hãm động năng tự kích xảy ra khi động cơ đang quay ta cắt cả phần ứng lẫn cuộn kích từ khỏi lưới điện để đóng vào một điện trở hãm. Sơ đồ nguyên lý thể hiện trên hình 2.15. Chú ý chiều dòng điện kích từ vẫn phải giữ không đổi.

Từ sơ đồ nguyên lý ta có: $I_u = I_h + I_{kt}$

$$I_{hd} = \frac{-E}{R_u + \frac{R_{kt} \cdot R_h}{R_{kt} + R_h}} = \frac{-K\Phi\omega}{R_u + \frac{R_{kt} \cdot R_h}{R_{kt} + R_h}}$$

Và các phương trình đặc tính là:

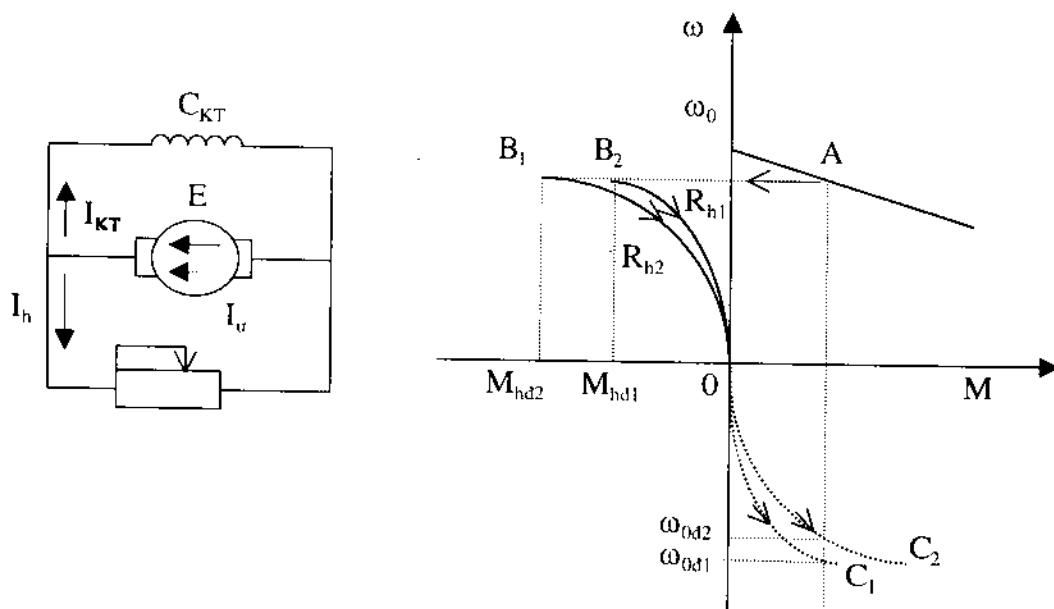
$$\omega = \frac{R_u + \frac{R_{kt} \cdot R_h}{R_{kt} + R_h}}{K\Phi} I_u \quad (2 - 19)$$

Và

$$\omega = \frac{R_u + \frac{R_{kt} \cdot R_h}{R_{kt} + R_h}}{(K\Phi)^2} M \quad (2 - 20)$$

Trong quá trình hãm tốc độ giảm dần, dòng kích từ giảm dần và do đó từ thông Φ giảm dần và là hàm số của tốc độ. Vì vậy các đặc tính cơ khi hãm có dạng như đường đặc tính không tải của máy phát điện tự kích và phi tuyến, như trên hình 2.15.

So với phương pháp hãm ngược, hãm động năng có hiệu quả kém hơn khi chúng có cùng tốc độ ban đầu và cùng mômen cản M_c . Tuy nhiên hãm động năng ưu việt hơn về mặt năng lượng đặc biệt là hãm động năng tự kích vì không tiêu thụ năng lượng từ trường lưới nên phương pháp hãm này có khả năng hãm khi có sự cố mất điện lưới.

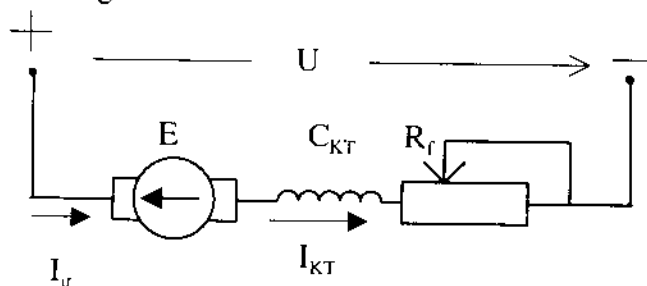


Hình 2.15. Sơ đồ nguyên lý và đặc tính cơ hãm động năng tự kích của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

III. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU KÍCH TỪ NỐI TIẾP

1. Sơ đồ điện

Đặc điểm của động cơ một chiều kích từ nối tiếp là cuộn kích từ nối tiếp với cuộn dây phần ứng, nên cuộn kích từ có tiết diện lớn, điện trở nhỏ, số vòng ít, chế tạo dễ dàng. Sơ đồ nguyên lý động cơ một chiều kích từ nối tiếp được vẽ trên hình 2.16. Vì dòng kích từ cũng là dòng phần ứng nên từ thông của động cơ biến đổi theo dòng phần ứng.



Hình 2.16. Sơ đồ nguyên lý động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

2. Phương trình đặc tính cơ

Từ sơ đồ nguyên lý hình 2.16 ta có:

$$U_u = E_u + I_u R_u = K \Phi \omega + I_u R_u$$

Với $R_u = r_u + r_{ef} + r_{ct} + r_{kt}$.

Sau khi biến đổi ta nhận được :

$$\omega = \frac{U_u}{K \Phi} - \frac{R_u}{K \Phi} \cdot I_u \quad (2 - 21)$$

$$\omega = \frac{U_u}{K \Phi} - \frac{R_u}{(K \Phi)^2} \cdot M. \quad (2 - 22)$$

Trong các phương trình trên từ thông Φ biến đổi phụ thuộc dòng điện trong mạch kích từ theo đặc tính từ hoá (1) trên hình 2.17.

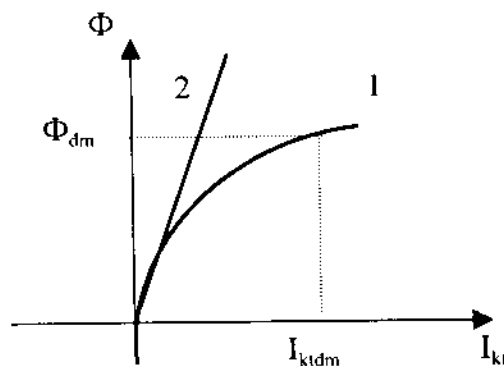
Để đơn giản khi thành lập các đặc tính ta giả thiết từ thông phụ thuộc tuyến tính với dòng điện kích từ như đường (2)

$$\Phi = C \cdot I_{kt} \quad (2 - 23)$$

Với C là hệ số tỉ lệ.

Nếu phản ứng phản ứng được bù đủ :

$$\Phi = C \cdot I_u \quad (2 - 24)$$



Hình 2.17. Đặc tính từ hoá của động cơ một chiều kích từ nối tiếp

Thế vào (2 - 21) ta nhận được :

$$\omega = \frac{U_u}{K C I_u} - \frac{R}{K C}$$

$$\omega = -\frac{A_1}{I} - B \quad (2 - 25)$$

Trong đó : $A_1 = \frac{U_v}{KC}, \quad B = \frac{R}{KC}$

Ta cũng có : $I_v = \sqrt{\frac{M}{KC}} \quad (2 - 26)$

(Vì $M = K \cdot \Phi \cdot I_v = K \cdot C \cdot I_v^2$)

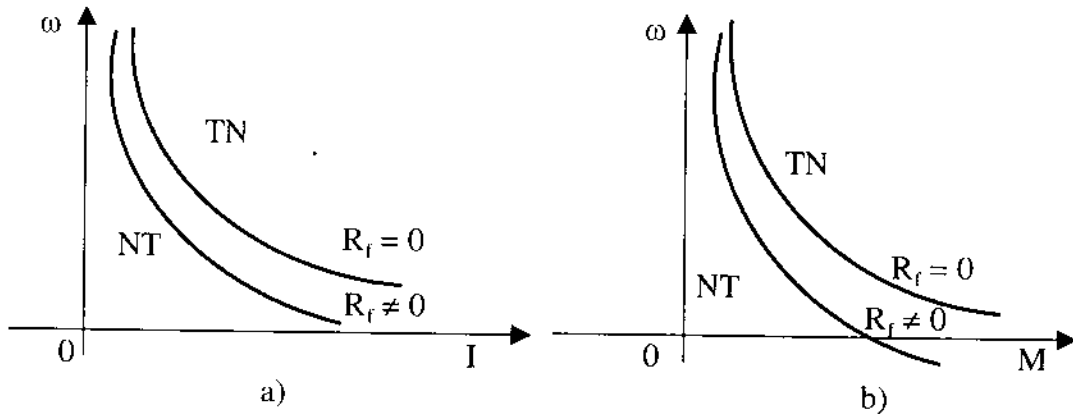
Thay (2 - 26) vào (2 - 25) ta được:

$$\omega = \frac{A_1 \cdot \sqrt{K \cdot C}}{\sqrt{M}} - B = \frac{A_2}{\sqrt{M}} - B \quad (2 - 27)$$

Trong đó: $A_2 = A_1 \sqrt{KC}$

Biểu thức (2 - 26) là phương trình đặc tính cơ điện của động cơ và (2 - 27) là phương trình đặc tính cơ của động cơ. Dạng của đặc tính này được được biểu diễn trên hình 2.18a,b. Ta thấy các đặc tính này có dạng hyperbol và nằm ở phạm vi dòng điện nhỏ hơn định mức. Ở vùng dòng điện lớn, do mạch từ bão hoà nên từ thông gần như không đổi và đặc tính có dạng gần tuyến tính.

* Dạng đặc tính cơ:



Hình 2.18

a) Đặc tính cơ điện của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.

b) Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.

Giả thiết động cơ không tải ($I = 0$ hoặc $M = 0$) thì tốc độ không tải lý tưởng sẽ là vô cùng lớn. Nhưng thực tế do có ma sát và các tổn thất phụ và động cơ có

từ dư: $\Phi_{du} = (2 \div 10) \% \Phi_{dm}$ nên khi không tải thì tốc độ không tải của động cơ vẫn có một giá trị là:

$$\omega_{ot} = \frac{U_{dm}}{K\Phi_{du}}$$

Tốc độ ω_{ot} này thường rất lớn so với tốc độ định mức, nên thực tế không cho phép động cơ một chiều kích từ nối tiếp làm việc ở chế độ không tải.

Ngoài ra nhìn vào đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp và cấu tạo của nó ta có nhận xét sau:

- Đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp mềm và độ cứng thay đổi theo phụ tải. Do đó thông qua tốc độ của động cơ ta có thể biết được sự thay đổi của phụ tải. Tuy nhiên không nên sử dụng động cơ này cho những truyền động có yêu cầu ổn định cao mà nên sử dụng nó cho những truyền động có yêu cầu tốc độ thay đổi theo tải.

- Động cơ kích từ nối tiếp có khả năng quá tải lớn về mômen. Nhờ cuộn kích từ nối tiếp nên ở vùng dòng điện lớn hơn định mức thì từ thông động cơ lớn hơn định mức do đó mômen của nó tăng nhanh hơn so với sự tăng của dòng điện. Như vậy với mức độ quá dòng điện như nhau thì động cơ một chiều kích từ nối tiếp rất thích hợp cho những truyền động làm việc thường có quá tải lớn và yêu cầu mômen khởi động lớn như máy nâng vận chuyển, máy cán thép...

- Vì từ thông của động cơ chỉ phụ thuộc vào dòng điện phản ứng nên khả năng chịu tải của động cơ không bị ảnh hưởng bởi sự sụt áp của lưới điện. Loại động cơ này thích hợp cho những truyền động dùng trong ngành giao thông có đường dây cung cấp điện dài.

3. Đặc tính cơ khởi động với điện trở phụ

Tương tự như trường hợp động cơ một chiều kích từ độc lập, để hạn chế dòng điện khởi động ta cũng đưa thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng.

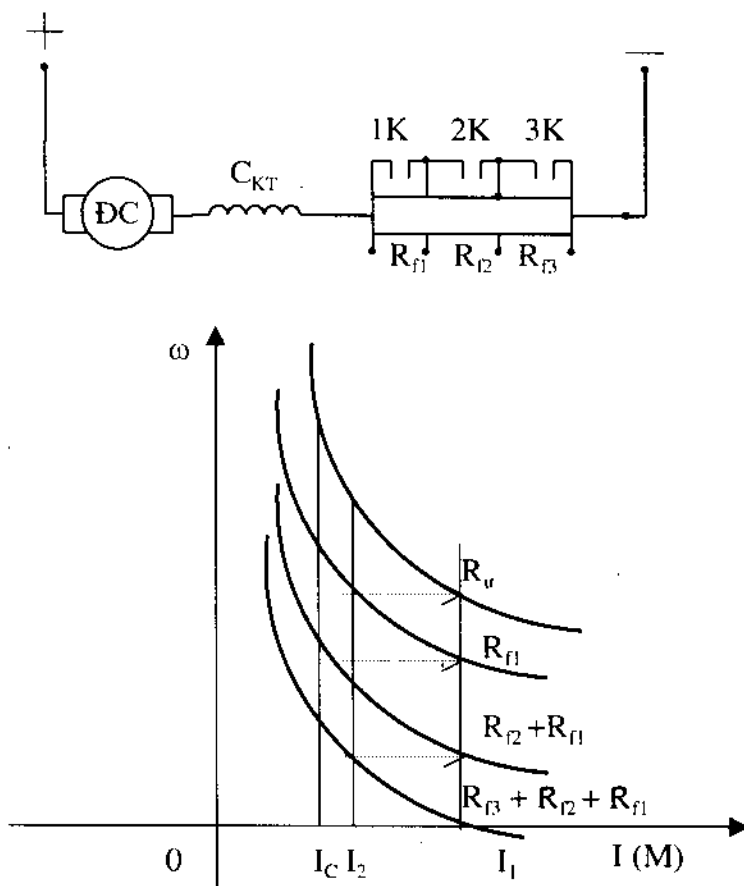
Sơ đồ nguyên lý và dạng đặc tính cơ khởi động được biểu diễn trên hình 2.19.

- Chọn dòng điện giới hạn $I_1 \leq (2 \div 2,5) I_{dm}$ và tính điện trở tổng của mạch phản ứng khi khởi động:

$$R_{f1} + R_{f2} + R_{f3} + R_a = \frac{U_{dm}}{I_1}$$

- Chọn dòng điện chuyển khi khởi động:

$$I_2 = (1,1 \div 1,3) I_{dm}$$



Hình 2.19. Sơ đồ nguyên lý và các đặc tính cơ khởi động

4. Trạng thái hãm của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

Do đặc điểm của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp có tốc độ ω_{oi} rất lớn nên động cơ chỉ thực hiện hãm ngược và hãm động năng chứ không có trạng thái hãm tái sinh.

Phương pháp hãm ngược và hãm động năng của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp cũng giống như của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

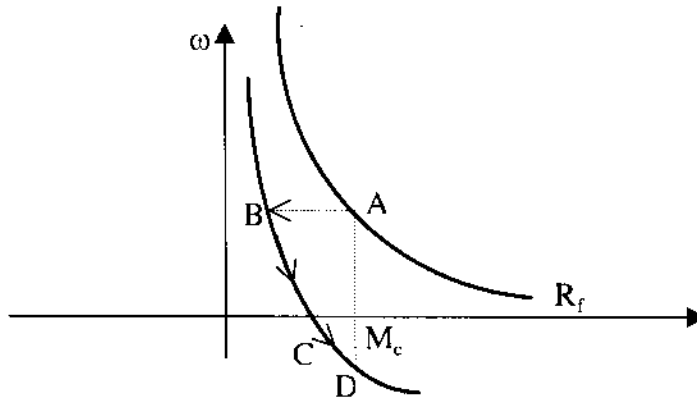
4.1. Trạng thái hãm ngược

4.1.1. Hãm ngược với tải thế năng bằng cách đưa R_f lớn vào động cơ

Đặc tính cơ khi hãm chính là đặc tính biến trở CD - chính là đặc tính hãm ngược. Dòng điện hãm ngược được tính như sau:

$$I_h = \frac{U_u + K \cdot \Phi \cdot \omega}{R_u + R_f}$$

Đặc tính cơ hãm ngược với R_f trong mạch được trình bày trên hình 2.20.



Hình 2.20. Đặc tính cơ hãm ngược với R_f trong mạch phản ứng

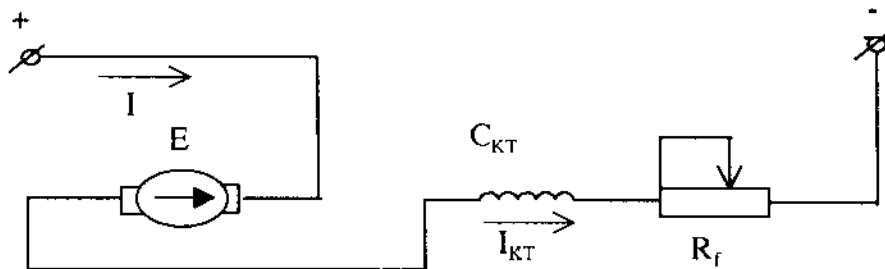
4.1.2. Hãm ngược với tải phản kháng bằng đảo chiều điện áp đặt vào phần ứng

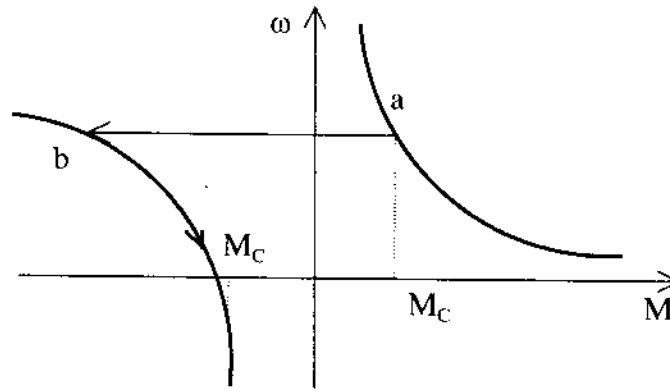
Chú ý rằng khi thực hiện hãm, chiều của dòng điện kích từ cần giữ nguyên. Người ta thường sử dụng trạng thái này để hãm dừng máy. Sơ đồ nguyên lý và dạng đặc tính cơ khi hãm được biểu diễn trên hình 2.21.

Đoạn BC là đặc tính hãm ngược. Dòng điện hãm là:

$$I_h = - \frac{U_u + K \cdot \Phi \cdot \omega}{R_u + R_f}$$

Phương trình đặc tính cơ là:
$$\omega = \frac{U_{dm}}{K\Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K\Phi)^2} M \quad (2 - 28)$$





Hình 2.21. Sơ đồ nguyên lý hãm ngược đảo chiều điện áp phản ứng và đặc tính cơ khi hãm.

4.2. Trạng thái hãm động năng

4.2.1. Hãm động năng kích từ độc lập

Khi động cơ đang quay muốn thực hiện hãm, ta cắt phản ứng động cơ khỏi nguồn điện một chiều và đóng vào điện trở hãm. Còn cuộn kích từ được nối vào lưới điện với một điện trở phụ sao cho dòng kích từ lúc này có chiều như cũ và trị số không đổi bằng kích từ định mức $I_{kđm}$. Trạng thái hãm này giống như ở máy điện một chiều kích từ độc lập. Sơ đồ và đặc tính được thể hiện trên hình 2.22.

Phương trình đặc tính cơ khi hãm là :

$$\omega = -\frac{R'_u + R_f}{(K\Phi_{dm})^2} M \quad (2 - 29)$$

Trong đó :

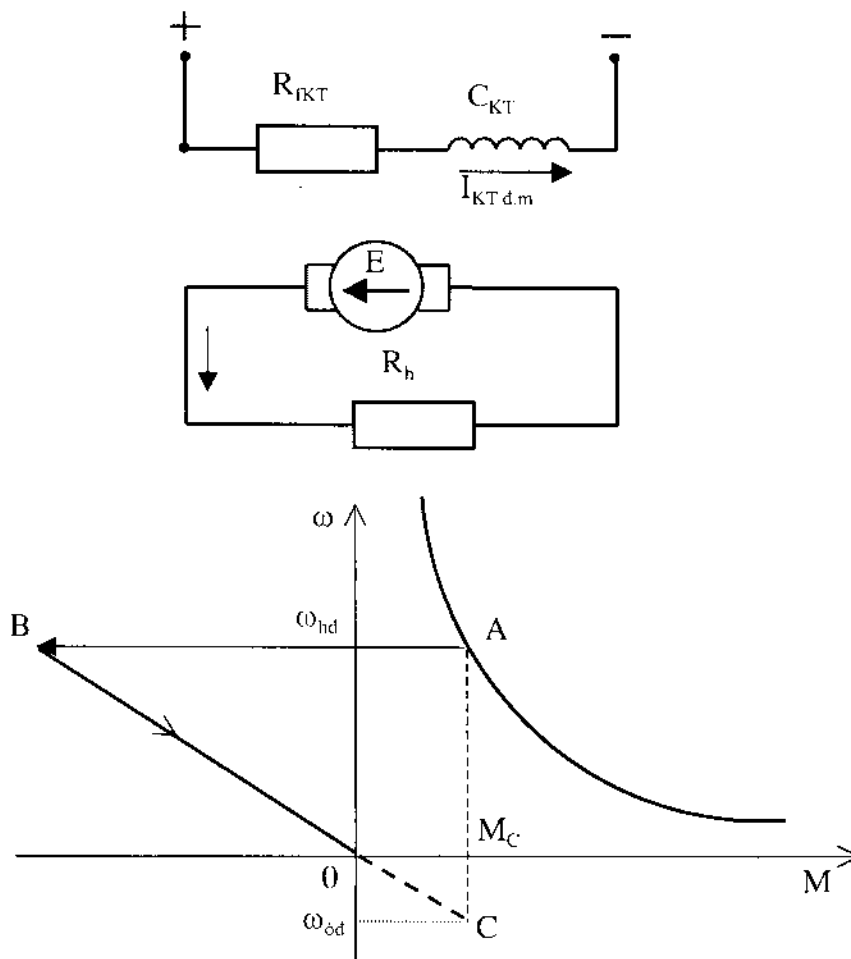
$$R'_u = r_u + r_{ctf} + r_{ct}$$

Điện trở hãm R_h được chọn sao cho dòng điện hãm lúc đầu nằm trong giới hạn cho phép:

$$I_{hd} = \frac{K\Phi_{dm}\omega_{hd}}{R'_u + R_h} = (2 \div 2,5) I_{dm} \quad (2 - 30)$$

Nên:

$$R_h = \frac{K\Phi_{dm}\omega_{hd}}{I_{h\max}} - R'_u$$



Hình 2.22. Sơ đồ nguyên lý hãm động năng động cơ một chiều kích từ nối tiếp và đặc tính cơ hãm

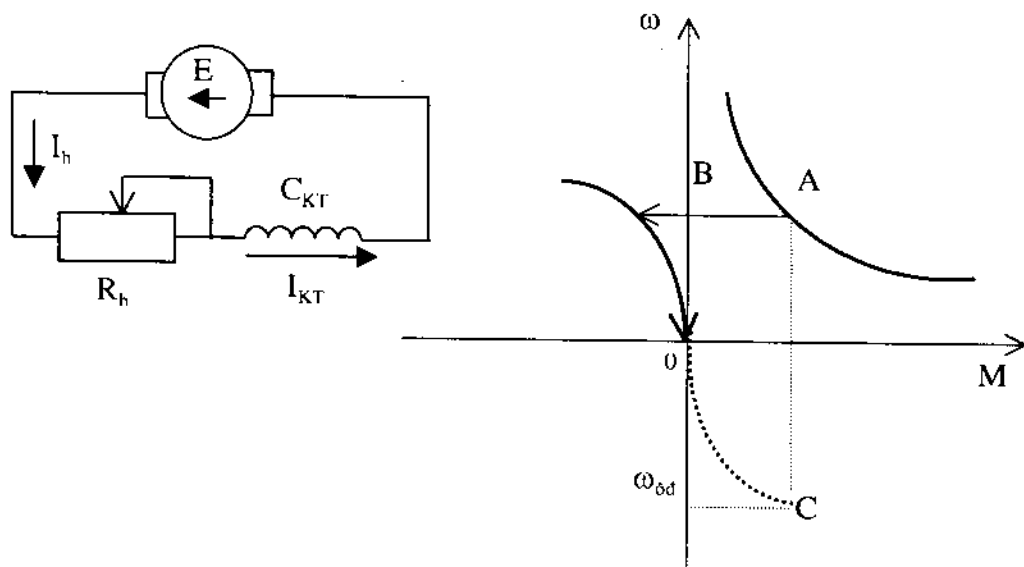
4.2.2. Hãm động năng tự kích

Khi động cơ đang quay, muốn thực hiện hãm động năng tự kích ta cắt cả phần ứng và cuộn kích từ khỏi lưới điện đóng vào một điện trở hãm nhưng dòng kích từ vẫn giữ nguyên chiều cũ. Sơ đồ nguyên lý và đặc tính cơ hãm được biểu diễn trên hình 2.23.

Phương trình đặc tính cơ khi hãm là :

$$\omega = \frac{R_u + R_h}{(K\Phi)^2} M \quad (2-31)$$

Và từ thông kích từ giảm dần trong quá trình hãm động năng tự kích.



Hình 2. 23. Sơ đồ nguyên lý hãm động năng tự kích của động cơ một chiều kích từ nối tiếp và đặc tính cơ hãm.

IV. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

1. Sơ đồ điện thay thế

Động cơ điện không đồng bộ được sử dụng rất rộng rãi trong thực tế. Ưu điểm nổi bật của loại động cơ này là cấu tạo đơn giản, đặc biệt là loại động cơ lồng sóc; so với động cơ một chiều động cơ không đồng bộ có giá thành hạ, vận hành tin cậy, chắc chắn. Ngoài ra động cơ không đồng bộ dùng trực tiếp lưới điện xoay chiều ba pha nên không cần trang bị thêm các thiết bị biến đổi kèm theo.

Nhược điểm của động cơ không đồng bộ là điều chỉnh tốc độ và khống chế các quá trình quá độ khó khăn; riêng với động cơ rôto lồng sóc có các chỉ tiêu khởi động xấu hơn.

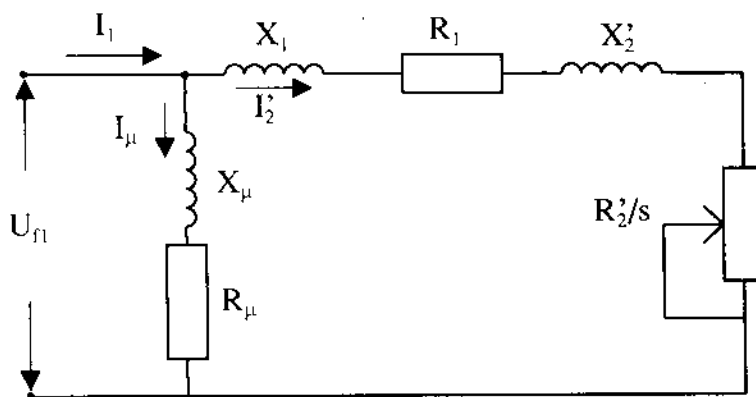
Xét về mặt cấu tạo, người ta chia động cơ không đồng bộ làm hai loại: động cơ rôto dây quấn và động cơ rôto lồng sóc (còn gọi là động cơ rôto ngắn mạch).

2. Phương trình đặc tính cơ

Để thành lập phương trình đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ ta sử dụng sơ đồ thay thế. Trên hình 2.24 là sơ đồ thay thế một pha của động cơ không đồng bộ. Khi nghiên cứu ta đưa ra một số giả thiết như sau :

- Ba pha của động cơ là đối xứng.
- Các thông số của động cơ không đổi nghĩa là không phụ thuộc vào nhiệt độ, điện trở rôto không phụ thuộc vào tần số dòng điện rôto, mạch từ không bão hoà nên điện kháng X_1 , X_2 không đổi.
- Tổng dẫn mạch từ hoá không thay đổi, dòng điện từ hoá không phụ thuộc tải mà chỉ phụ thuộc điện áp đặt vào stato động cơ.
- Bỏ qua các tổn thất ma sát, tổn thất trong lõi thép.
- Điện áp lưới hoàn toàn hình sin và đối xứng ba pha.

Với những giả thiết trên ta có sơ đồ thay thế một pha của động cơ như hình 2.24.



Hình 2.24. Sơ đồ thay thế một pha của động cơ không đồng bộ

Trong đó :

$U_{\phi 1}$: Trị số hiệu dụng điện áp pha stato.

I_μ , I_1 , I_2 : Các dòng điện từ hoá, dòng điện stato, dòng điện rôto đã quy đổi về stato.

X_μ , X_1 , X_2' : Điện kháng mạch từ hoá, điện kháng tản stato, điện kháng tản rôto đã quy đổi về stato.

R_μ , R_1 , R_2' : Điện trở tác dụng của mạch từ hoá của cuộn dây stato và rô to đã quy đổi về stato.

s: Độ trượt của động cơ. $s = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1}$

ω_1 : Tốc độ góc từ trường quay, còn gọi là tốc độ đồng bộ.

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (2 - 32)$$

Trong đó:

f_1 : Tần số của điện áp nguồn đặt vào stato,

p: Số đôi cực từ động cơ,

ω : Tốc độ góc của động cơ.

Từ sơ đồ thay thế ta tính được dòng điện stato:

$$I_1 = I_\mu + I_2' = U_{f1} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_\mu^2 + X_\mu^2}} + \frac{1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{nm}^2}} \quad (2 - 33)$$

$X_{n.m} = X_1 + X_2' \rightarrow$ Là điện kháng ngắn mạch.

Từ (2 - 30) ta thấy:

- Khi $\omega = \omega_1 \rightarrow s = 0, I_2' = 0$. Ta có:

$$I_1 = U_{f1} \left[\frac{1}{\sqrt{R_\mu^2 + X_\mu^2}} \right] = I_\mu \quad (2 - 34)$$

- Khi $\omega = 0, s = 1$, động cơ ở chế độ ngắn mạch. $\rightarrow I_1 = I_{1n.m}$

$I_{1n.m}$ - Dòng điện ngắn mạch stato.

I_μ - Là dòng điện từ hoá có tác dụng tạo ra từ trường quay khi động cơ quay với tốc độ đồng bộ.

Ta cũng tính được dòng điện rôto qui đổi về stato

$$I_2' = \frac{U_{f1}}{\sqrt{\left[R_1 + \frac{R_2'}{s} \right]^2 + X_{nm}^2}} \quad (2 - 35)$$

- Khi $\omega = \omega_1 \rightarrow s = 0, I_2' = 0$

- Khi $\omega = 0, s = 1$, động cơ ở chế độ ngắn mạch thì:

$$I_2' = I_{2nm} = \frac{U_{j1}}{\sqrt{\left(R_1 + R_2'\right)^2 + X_{mm}^2}} \quad (2 - 36)$$

Để tìm phương trình đặc tính đặc tính cơ của động cơ ta dựa vào điều kiện cân bằng công suất trong động cơ :

Công suất điện từ chuyển từ stato sang rôto :

$$P_{12} = M_{dt} \cdot \omega_1$$

M_{dt} là mômen điện từ của động cơ .

Nếu bỏ qua các tổn thất phụ thì : $M_{dt} = M_{cơ} = M$.

Công suất đó chia thành hai phần :

- $P_{cơ}$: Công suất cơ đưa ra trên trục động cơ.
- ΔP_2 : Công suất tổn hao đồng trong rôto.

$$P_{12} = P_{cơ} + \Delta P_2$$

$$\text{Hay} \quad M\omega_1 = M\omega + \Delta P_2$$

Do đó:

$$\Delta P_2 = M (\omega_1 - \omega) = M \omega_1 s \quad (2 - 37)$$

Mặt khác:

$$\Delta P_2 = 3 \cdot I_2'^2 R_2' \quad (2 - 38)$$

$$M(s, \omega_1) = 3 I_2'^2 \cdot R_2'$$

Nên:

$$M = \frac{3 I_2'^2 R_2'}{\omega_1 s} \quad (2 - 39)$$

Thay giá trị I_2' đã tính được ở trên vào (2 - 39) và biến đổi ta được :

$$\rightarrow M = \frac{3 U_{j1}^2 R_2'}{\omega_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_{mm}^2 \right] s} \quad (2 - 40)$$

Biểu thức 2 - 40 là phương trình đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ.

Nếu biểu diễn đặc tính cơ trên đồ thị sẽ là đường cong như hình 2.25 có thể xác định các điểm cực trị của đường cong này bằng cách giải $\frac{dM}{ds} = 0$, ta sẽ

được trị số của M và s tại điểm cực trị ký hiệu là M_{th} , s_{th} (mômen và độ trượt tới hạn). Cụ thể là :

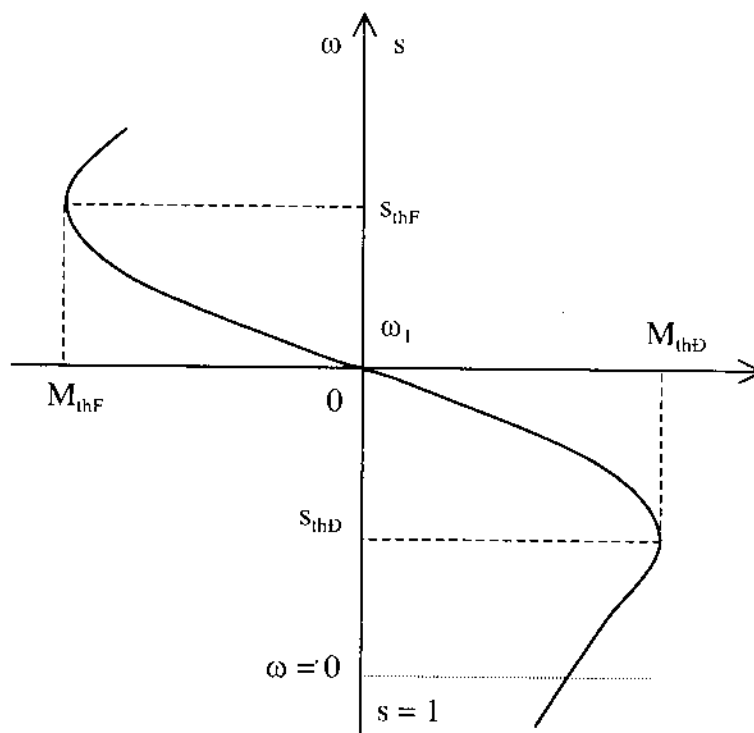
$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} \quad (2-41)$$

Thay vào (2 - 41) và (2 - 40) để tìm M_{th}

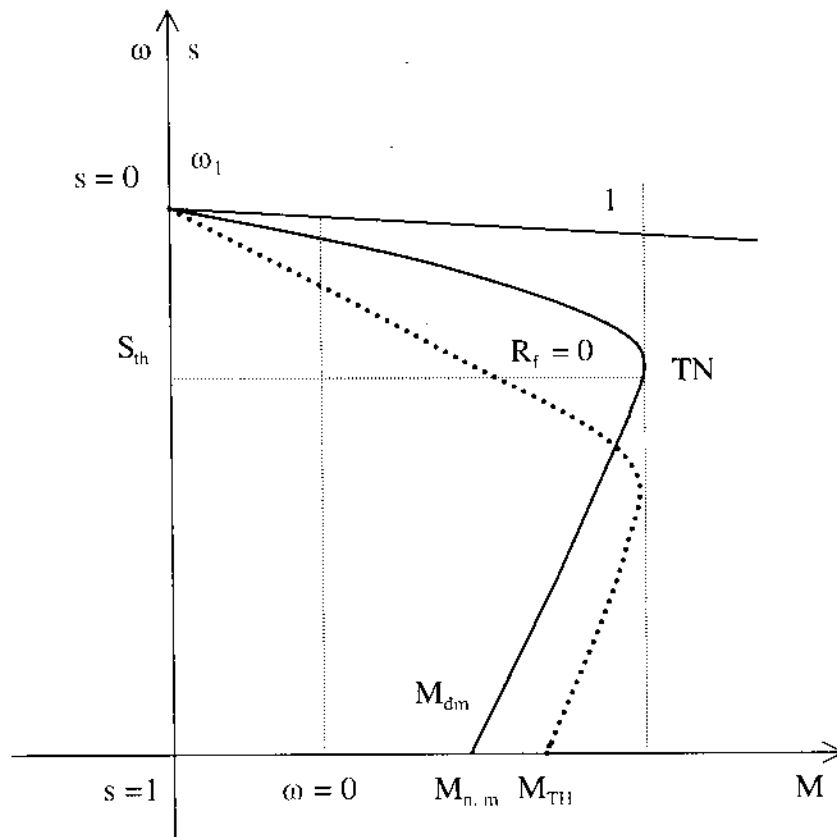
$$M_{th} = \pm \frac{U_{f1}^2}{2\omega_1 \left(R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2} \right)} \quad (2-42)$$

Trong hai biểu thức trên dấu + ứng với trạng thái động cơ , dấu - ứng với trạng thái máy phát. Do đó M_{th} ở chế độ máy phát lớn hơn ở chế độ động cơ.

Ngoài ra khi nghiên cứu các hệ truyền động với động cơ không đồng bộ người ta quan tâm nhiều đến trạng thái làm việc của động cơ nên các đường đặc tính cơ lúc này thường được biểu diễn trong khoảng tốc độ $0 \leq s \leq s_{th}$. Đặc tính cơ được biểu diễn trên hình 2.26 lúc này phương trình (2- 42) ứng với dấu +



Hình 2.25. Đồ thị đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ



Hình 2.26. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ
 $\omega = f(M)$ trong chế độ động cơ.

Phương trình đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ có thể biểu diễn thuận tiện hơn bằng cách lập tỉ số giữa (2 - 40) và (2 - 42) và biến đổi sẽ được phương trình đặc tính cơ:

$$M = \frac{2M_{th}(1 + as_{th})}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s} + as_{th}} \quad (2 - 43)$$

Trong đó : $a = \frac{R_1}{R'_2}$

Đối với các động cơ công suất lớn thường R_1 rất nhỏ so với X_{nm} , lúc này có thể bỏ qua R_1 , nghĩa là coi $R_1 = 0$, $as_{th} = 0$ và (2 - 43) có dạng gần đúng:

$$M = \frac{2M_{th}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}} \quad (2 - 44)$$

Trong đó : $s_{th} = \pm \frac{R'_2}{X_{nm}}$ (2 - 45)

$$M_{th} = \pm \frac{3U_{fl}^2}{2\omega_1 X_{nm}} \quad (2 - 46)$$

Nhiều trường hợp cho phép ta sử dụng những đặc tính gần đúng bằng cách tuyến tính hoá các đặc tính trong đoạn làm việc. Ví dụ ở vùng độ trượt nhỏ $s \ll s_{th}$ tỉ số s/s_{th} nhỏ, gần đúng coi $s/s_{th} = 0$. Lúc này đặc tính cơ có dạng đơn giản:

$$M = \frac{2M_{th}}{s_{th}} s \quad (2 - 47)$$

Nó chính là đường tiếp tuyến với đường đặc tính cơ tại điểm đồng bộ ω_1 : Đường 1 trên hình 2.26. Cũng có thể tuyến tính hoá đoạn làm việc qua điểm định mức như đường 2 trên hình 2.26. Phương trình gần đúng là:

$$M = \frac{M_{dm}}{s_{dm}} s \quad (2 - 48)$$

Từ dạng đặc tính cơ biểu diễn trên hình 2.26 ta thấy độ cứng của đặc tính cơ biến đổi cả về trị số và dấu tùy theo điểm làm việc:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{\Delta M}{\Delta s} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta \omega} \quad (2 - 49)$$

Với đặc tính tuyến tính hoá đường 1 trên hình 2.26:

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

$$\frac{\Delta s}{\Delta \omega} = \frac{1}{\omega_1}$$

Vậy $\beta = -\frac{2M_{th}}{\omega_1 s_{th}}$ (2 - 50)

Tương tự với đặc tính 2 trên hình 2.26:

$$\beta = -\frac{M_{dm}}{\omega_1 s_{dm}} \quad (2 - 51)$$

Như vậy trên đoạn làm việc ($s < s_{th}$) của đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ β có giá trị âm và gần như không đổi.

Đối với đoạn đặc tính $s > s_{th}$, khi $s \gg s_{th}$ bỏ qua s_{th}/s và phương trình đặc tính cơ sẽ là:

$$M = \frac{2M_{th}s_{th}}{\omega_1 s^2} \quad (2 - 52)$$

$$\text{Và} \quad \beta = \frac{2M_{th}s_{th}}{\omega_1 s^2} \quad (2 - 53)$$

Trong đoạn này độ cứng β là dương và giá trị của nó biến đổi. Động cơ không đồng bộ không làm việc trên đoạn đặc tính này.

3. Ảnh hưởng các tham số đến đặc tính cơ

Từ phương trình đặc tính cơ động cơ không đồng bộ, ta thấy các thông số ảnh hưởng đến đặc tính cơ bao gồm

- Ảnh hưởng điện trở, điện kháng mạch stato (nối thêm điện trở phụ R_{1f} và X_{1f} vào mạch stato).

- Ảnh hưởng điện trở mạch rôto (nối thêm điện trở phụ R_{2f} vào mạch rôto đối với động cơ rôto dây quấn).

- Ảnh hưởng của sự suy giảm điện áp lưới cấp cho động cơ.

- Ảnh hưởng của sự thay đổi tần số lưới cấp cho động cơ.

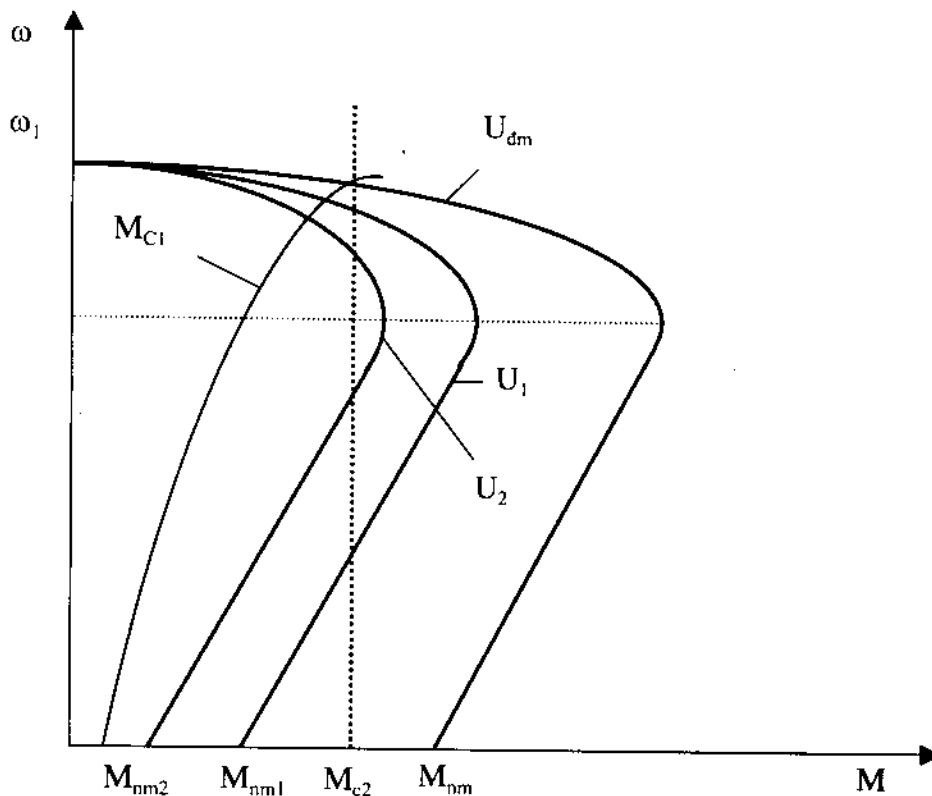
Ngoài ra việc thay đổi số đôi cực sẽ thay đổi tốc độ đồng bộ và làm thay đổi đặc tính cơ (trường hợp này xảy ra với động cơ nhiều cấp tốc độ).

Trong phần này ta sẽ lần lượt xét các ảnh hưởng trên:

3.1. Ảnh hưởng của sự suy giảm điện áp lưới cấp cho động cơ

Khi điện áp lưới suy giảm, theo (2.39) mômen tới hạn sẽ giảm bình phương lần độ suy giảm của điện áp. Trong khi đó tốc độ đồng bộ ω_1 giữ nguyên và độ trượt tới hạn s_{th} không đổi. Ta có đặc tính cơ khi điện áp lưới giảm trên hình 2.27.

Đặc tính này thích hợp với phụ tải bơm và quạt gió, không thích hợp với tải không đổi.

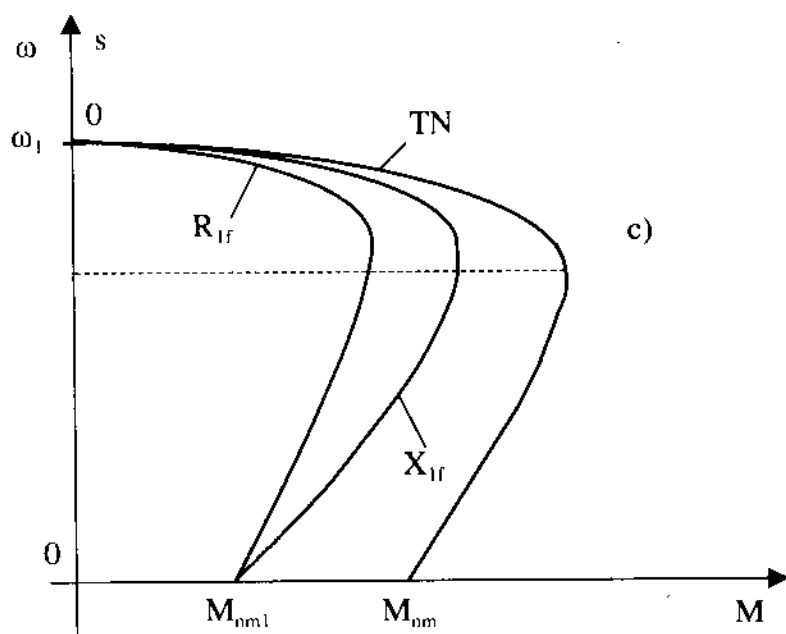
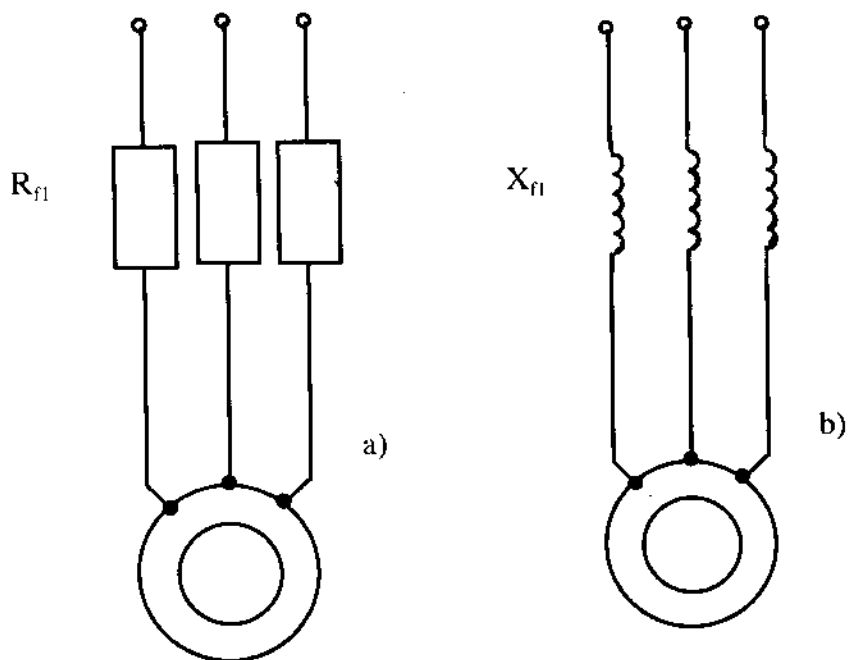


Hình 2.27. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi giảm điện áp.

Ngoài ra đối với động cơ công suất lớn làm việc với phụ tải bơm hoặc quạt gió, người ta dùng phương pháp tăng dần điện áp đặt vào động cơ để hạn chế dòng điện khi khởi động.

3.2. Ảnh hưởng điện trở, điện kháng mạch stato (Nối thêm điện trở phụ R_{1f} và X_{1f} vào mạch stato).

Ta thấy khi nối thêm điện trở hoặc điện kháng vào mạch stato R_{1f} và X_{1f} thì $\omega_1 = \text{const}$, s_{th} giảm, M_{th} giảm nên đặc tính cơ có dạng như hình 2 - 28. Ta thấy rằng khi cần tạo ra đặc tính có mômen khởi động là M_{nm} thì đặc tính cơ với X_f trong mạch cứng hơn đặc tính cơ với R_f .



Hình 2. 28. Động cơ không đồng bộ với R_f và X_f trong mạch stato.

a) Sơ đồ với R_{lf} ; b) Sơ đồ với X_{lf} ; c) Đặc tính cơ.

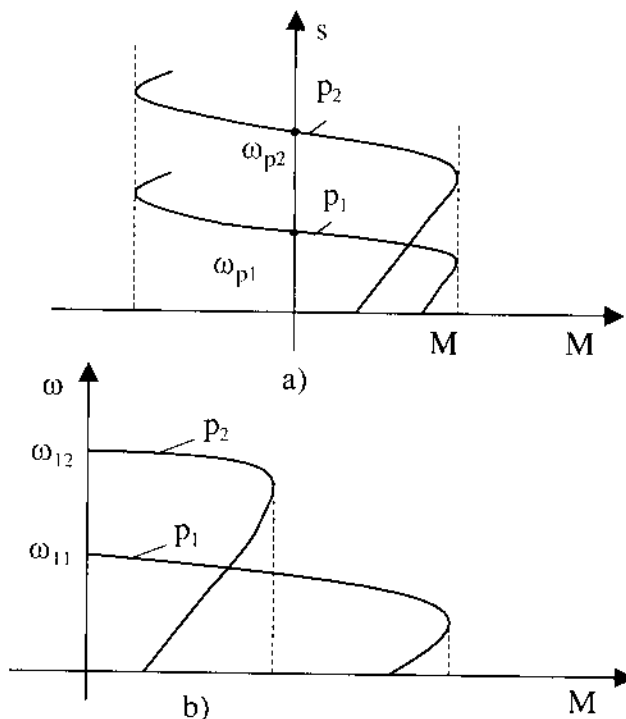
3.3. Ảnh hưởng của số đôi cực p

Để thay đổi số đôi cực ở stato ta thường thay đổi cách đấu dây.

$$\text{Vì} \quad \omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (2-54)$$

$$\text{Và} \quad \omega = \omega_1(1-s) \quad (2-55)$$

Nếu thay đổi số đôi cực p thì ω_1 thay đổi, do đó tốc độ động cơ cũng thay đổi. Còn s_{th} không phụ vào p nên không thay đổi, nghĩa là độ cứng của đặc tính cơ vẫn giữ nguyên. Nhưng khi thay đổi số đôi cực sẽ phải thay đổi cách đấu dây ở stato động cơ nên một số thông số như U_n , R_1 , X_1 có thể thay đổi và do đó tùy từng trường hợp sẽ ảnh hưởng khác nhau đến mômen tới hạn M_{th} của động cơ. Hình 2.29a biểu diễn đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực $p_2 = p_1/2$ và $M_{th} = \text{const}$. Hình 2.29b biểu diễn đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực $p_2 = p_1/2$ và công suất $P = \text{const}$.



Hình 2.29

- a) Đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực của động cơ không đồng bộ, $M_{th} = \text{const}$.
 b) Đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực động cơ KĐB, $P = \text{const}$.

3.4. Ảnh hưởng của thay đổi tần số lưới điện f_1 cấp cho động cơ

Xuất phát từ biểu thức: $\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$

Ta thấy rằng thay đổi tần số sẽ làm tốc độ từ trường quay ω_1 và tốc độ động cơ thay đổi.

* Xét trường hợp khi tăng tần số $f_1 > f_{1dm}$.

$$\text{Từ biểu thức (2 - 46) biến đổi ta có: } M_{th} = \frac{3p^2 U^2}{8\pi L_{nm} f_1^2} \quad (2 - 56)$$

Trong đó: L_{nm} - Điện cảm ngắn mạch.

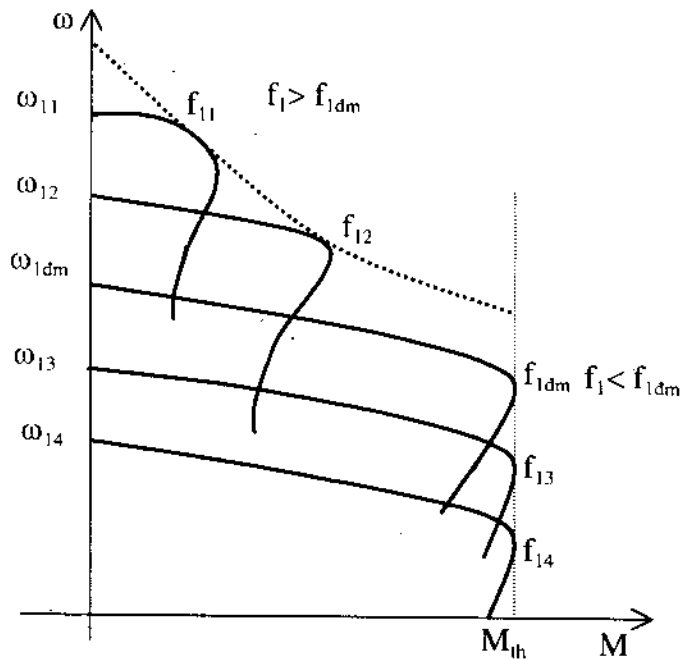
Khi tần số tăng, M_{th} giảm (với điện áp giữ không đổi), do vậy

$$M_{th} \approx \frac{1}{f_1^2} \quad (2 - 57)$$

* Xét trường hợp tần số giảm $f_1 < f_{1dm}$. Nếu giữ nguyên điện áp U_1 thì dòng điện động cơ sẽ tăng rất lớn (vì tổng trở động cơ sẽ giảm theo tần số). Do vậy khi giảm tần số cần phải giảm điện áp theo qui luật nhất định sao cho động cơ sinh ra được mômen như trong chế độ định mức.

Trên hình 2.30 trình bày đặc tính cơ khi $f_1 < f_{1dm}$ với điều kiện từ thông $\Phi = \text{const}$ (hoặc gần đúng giữ $\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$) thì M_{th} được giữ không đổi. Ở vùng $f_1 > f_{1dm}$, mômen tới hạn M_{th} tỉ lệ nghịch với bình phương tần số.

$$\frac{M_{TH}}{M_{THdm}} = \left[\frac{U}{U_{dm}} \right] \quad \frac{M_{NMU}}{M_{NMdm}} = \left[\frac{U}{U_{dm}} \right]^2$$



Hình 2.30. Đặc tính cơ khi thay đổi tần số động cơ không đồng bộ

3.5. Ảnh hưởng của điện trở mạch rôto

Đối với động cơ không đồng bộ rôto dây quấn người ta thường mắc thêm điện trở phụ vào mạch rôto để hạn chế dòng điện khởi động hoặc để điều chỉnh tốc độ động cơ.

Khi đưa R_{2l} vào rôto thì: $\omega_1 = \text{const}$

$M_{1h} = \text{const}$

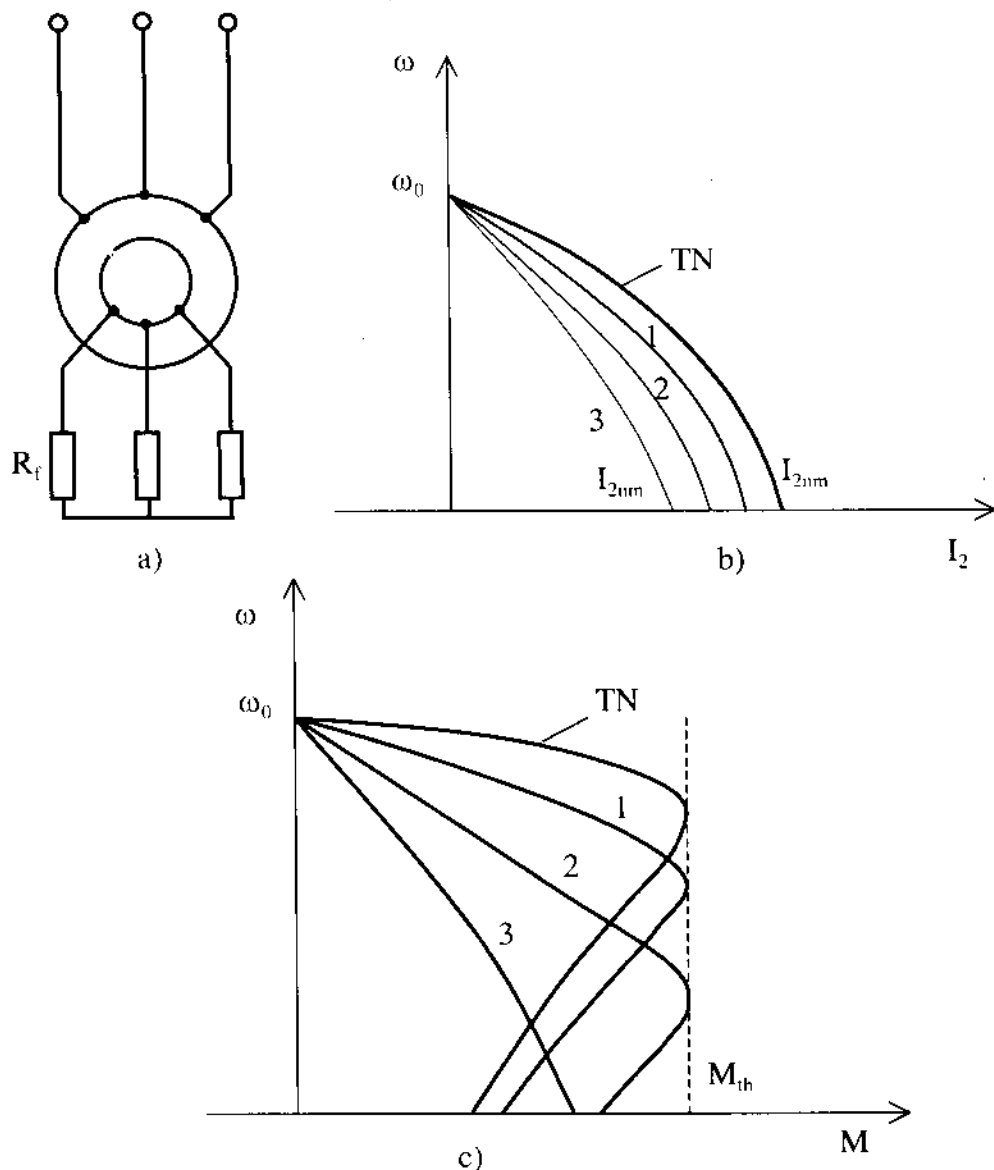
$$S_{1h} = \frac{R'_2 + R'_{2f}}{X_{nm}}$$

R_{2f} càng lớn s_{1h} sẽ càng lớn và theo (2 - 50) thì β càng nhỏ nghĩa là đặc tính cơ càng mềm, khi đặc tính cơ nằm trong đoàn làm việc.

Đặc tính cơ được biểu hiện trên H.2.31c. Theo (2 - 36):

$$I'_{2nm} = \frac{U_{f1}}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + X_{nm}^2}}$$

Ta thấy rằng R_f càng tăng, dòng điện khởi động càng giảm. Các đặc tính dòng điện rôto vẽ trên H.2.31b. Trong một phạm vi nhất định khi R_f tăng sẽ làm M_{kd} tăng lên, còn sau đó mômen khởi động sẽ giảm. Vì vậy phải căn cứ vào điều kiện khởi động và đặc điểm của phụ tải mà chọn trị số điện trở phụ cho thích hợp.



Hình 2.31. Ảnh hưởng của điện trở mạch rôto đến đặc tính cơ
a) Sơ đồ đấu dây; b) Các đặc tính dòng điện rôto; c) Các đặc tính cơ biến trở.

4. Đặc tính cơ khởi động động cơ không đồng bộ ba pha đưa điện trở phụ

Các yêu cầu về khởi động cũng như các phương pháp khởi động của động cơ không đồng bộ nói chung không khác biệt với động cơ một chiều kích từ độc lập ta đã xét.

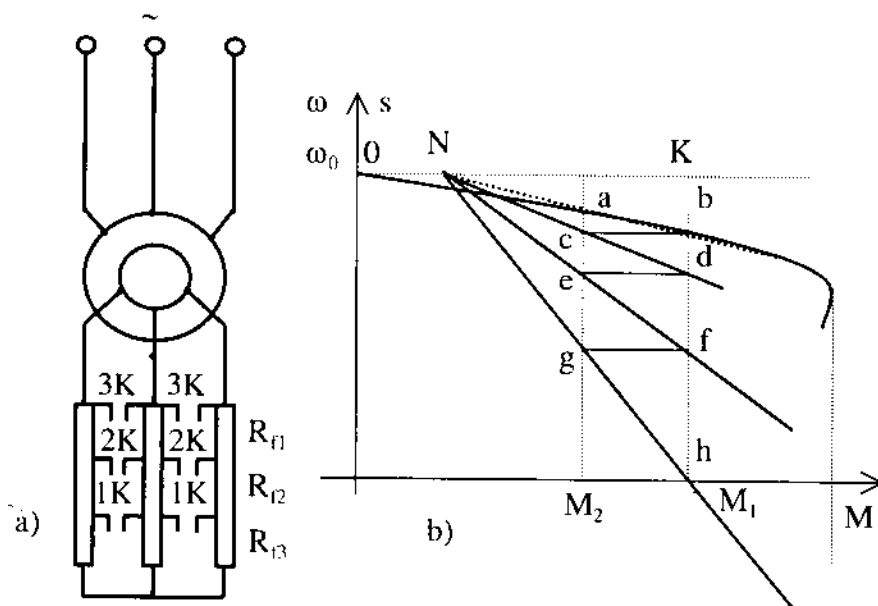
Đối với động cơ không đồng bộ rôto dây quấn để hạn chế dòng điện khởi động, tăng mômen khởi động người ta đưa điện trở phụ vào mạch rôto trong quá trình khởi động sau đó loại dần các điện trở phụ này theo từng cấp.

- Dựa vào các thông số của động cơ vẽ đặc tính cơ tự nhiên.

- Chọn các trị số của mômen: $M_1 \leq 0,85 M_{th}$.

$$M_2 \geq (1,1 \div 1,3) M_{dm}$$

- Từ M_1 và M_2 dóng song song với trục tung cắt đặc tính tự nhiên tại a và b, đường này cắt đường song song với trục hoành qua ω_1 tại N. Lấy N làm điểm đồng quy xuất phát của các đặc tính khởi động. Phương pháp vẽ giống như đối với động cơ một chiều kích từ độc lập.



Hình 2.32. Khởi động động cơ không đồng bộ rôto dây quấn bằng cách đưa điện trở phụ vào mạch rôto khi khởi động.

a) Sơ đồ nguyên lý; b) Đặc tính cơ khởi động.

5. Đặc tính cơ trong các trạng thái hãm

5.1. Hãm tái sinh

Hãm tái sinh xảy ra khi tốc độ ω của rôto lớn hơn tốc độ đồng bộ ω_1 . Khi đang làm việc ở trạng thái động cơ thì từ trường quay cắt các thanh dẫn của cuộn dây stato và rôto như nhau nên E_1 và E_2 trùng pha. Khi hãm tái sinh chiều E_1 giữ nguyên, còn sức điện động E_2 đổi chiều vì khi đó $\omega > \omega_1$, các thanh dẫn rôto cắt từ trường quay theo chiều ngược lại.

Dòng điện trong cuộn dây rôto được tính :

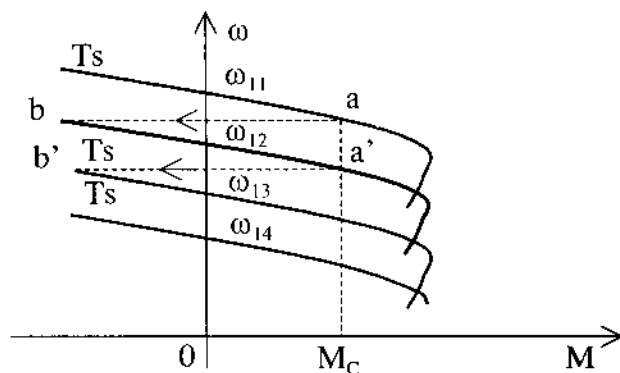
$$I_2 = \frac{E_{2s}}{R_2 + jX_2s} = \frac{sE_2}{R_2 + jX_2s} = \frac{E_2 R_2 s}{R_2^2 + (X_2 s)^2} - j \frac{E_2 X_2 s^2}{R_2^2 + (X_2 s)^2} \quad (2 - 58)$$

Ta thấy rằng khi chuyển sang hãm tái sinh $s < 0$ nên thành phần tác dụng của rôto đổi chiều, do đó mômen đổi chiều, còn thành phần phản kháng vẫn giữ chiều cũ. Ở trạng thái hãm tái sinh động cơ làm việc như một máy phát điện song song với lưới, trả công suất tác dụng về lưới còn vẫn tiêu thụ công suất phản kháng để duy trì từ trường quay.

Những động cơ không đồng bộ điều chỉnh tốc độ bằng phương pháp tần số hoặc số đôi cực khi giảm tốc độ có thể thực hiện hãm tái sinh.

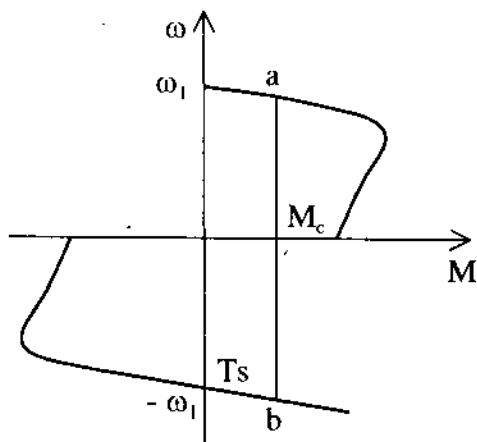
Trên H.2.33, đoạn đặc tính hãm tái sinh là $b\omega_{12}$, $b'\omega_{13}$ ở đó $\omega > \omega_{12}$ hoặc $\omega > \omega_{13}$.

Với những động cơ không đồng bộ được sử dụng trong hệ truyền động có tải là thế năng, có thể thực hiện hãm tái sinh hạ tải trọng với tốc độ $\omega > -\omega_1$.



Hình 2.33. Đặc tính cơ hãm tái sinh khi giảm tốc độ bằng cách thay đổi tần số

Trên hình 2.34, $-\omega_1 b$ là đoạn hãm tái sinh khi hạ tải. Ứng với đường đặc tính cơ này, từ trường quay đã đổi chiều bằng cách đổi thứ tự 2 trong 3 pha điện áp đặt vào stato.

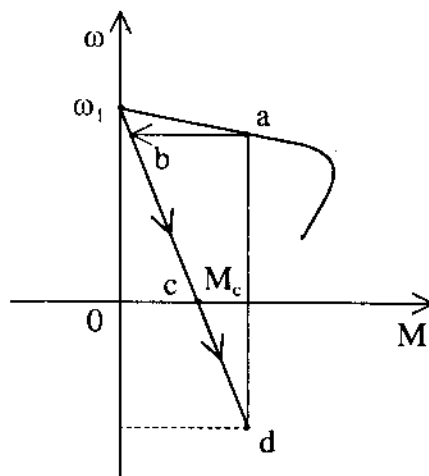


Hình 2.34. Đặc tính cơ hãm tái sinh của động cơ không đồng bộ với tải thế năng

5.2. Hãm ngược

Tương tự như với động cơ một chiều kích từ độc lập, trạng thái hãm ngược của động cơ không đồng bộ có hai trường hợp:

5.2.1. Hãm ngược với tải thế năng

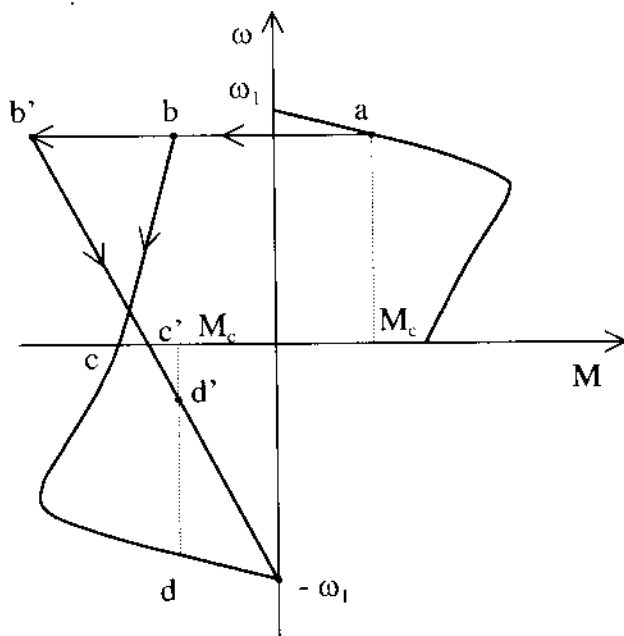


Hình 2.35. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi hãm ngược với tải thế năng

Xảy ra khi động cơ đang làm việc, ta đóng vào mạch rôto điện trở phụ đủ lớn, với tải thế năng động cơ sẽ làm việc ổn định tại điểm d (H.2.35). Đoạn cd là đoạn đặc tính hãm ngược. Nếu tải có tính phản kháng hệ thống sẽ làm việc ổn định tại d hoặc d'.

Chú ý rằng trong cả hai trường hợp hãm ngược vì $s = \frac{\omega_1 + \omega}{\omega_1} > 1$ nên dòng

điện rôto có giá trị lớn. Mặt khác vì tần số dòng điện rôto $f_2 = sf_1$ lớn, nên điện kháng X'_{2s} lớn, do đó mômen nhỏ. Vì vậy để tăng cường mômen hãm và hạn chế dòng điện rôto ta cần đưa thêm điện trở phụ đủ lớn vào mạch rôto (đối với loại động cơ rôto dây quấn). Điện trở phụ này có thể xác định ứng với dòng điện hãm ban đầu tại b' trên H. 2.36.



Hình 2.36. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi hãm ngược bằng cách đảo chiều từ trường quay

5.3. Hãm động năng

Trạng thái hãm động năng xảy ra khi động cơ đang quay ta cắt stato động cơ khỏi nguồn điện xoay chiều, rồi đóng vào nguồn một chiều.

Người ta chia hãm động năng của động cơ không đồng bộ thành hai dạng : Hãm động năng kích từ độc lập và tự kích.

Hãm động năng kích từ độc lập thực hiện theo sơ đồ nguyên lý trên hình 2.37a với nguồn một chiều được lấy từ bên ngoài không liên quan đến năng lượng do động cơ tạo ra.

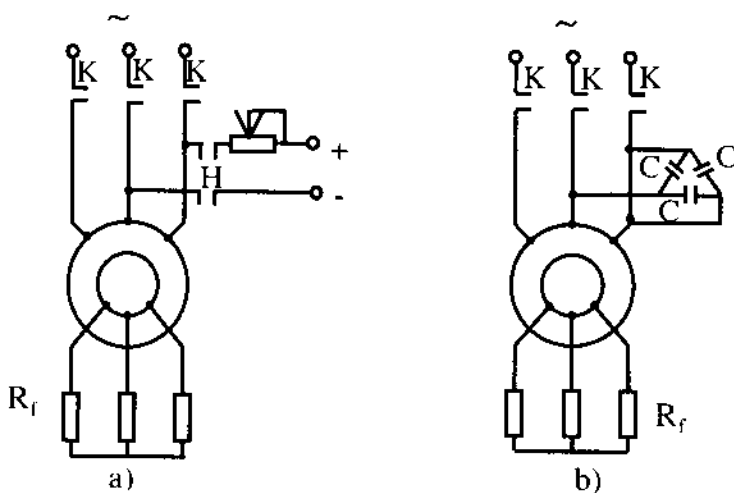
Đối với hãm động năng tự kích, nguồn điện một chiều được tạo ra từ năng lượng mà động cơ đã tích lũy được, sơ đồ nguyên lý loại này thể hiện trên hình 2.37b,c.

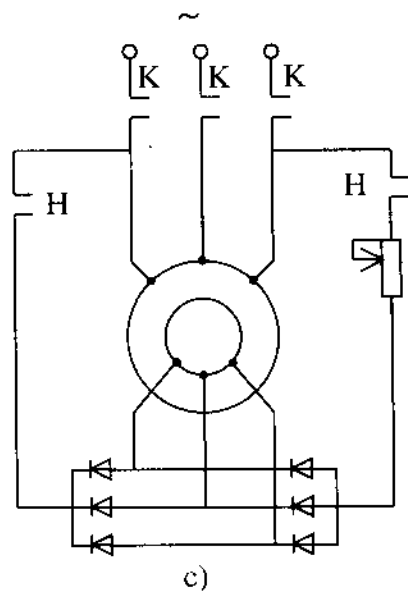
Khi cắt stato khỏi nguồn xoay chiều rồi đóng và nguồn một chiều thì dòng một chiều này sinh ra một từ trường đứng yên so với stato, giả sử từ thông Φ có chiều như mũi tên trên H.2.38. Rôto động cơ theo quán tính vẫn quay theo chiều cũ thể hiện như trên hình vẽ và các thanh dẫn rôto sẽ cắt từ trường đứng yên nên xuất hiện trong nó một sức điện động cảm ứng e_2 .

Xác định chiều của e_2 theo quy tắc bàn tay phải và ứng với ký hiệu dấu "+" khi sức điện động có chiều đi vào và ký hiệu dấu "-", khi sức điện động có chiều đi ra.

Vì rôto kín mạch nên e_2 lại sinh dòng ra dòng i_2 cùng chiều. Tương tác giữa dòng điện i_2 và từ trường đứng yên tạo nên lực điện từ F có chiều xác định theo quy tắc bàn tay trái. Lực F sinh ra mômen hãm có chiều ngược với chiều quay của rôto làm cho rôto quay chậm lại và sức điện động e_2 cũng giảm dần.

Trong hãm động năng kích từ độc lập từ thông Φ có giá trị không đổi còn ở hãm động năng tự kích Φ có giá trị biến đổi. Khi hãm động năng động cơ không đồng bộ làm việc như một máy phát điện đồng bộ cực từ ẩn có tốc độ và tần số thay đổi và phụ tải của máy phát này là điện trở mạch rôto.



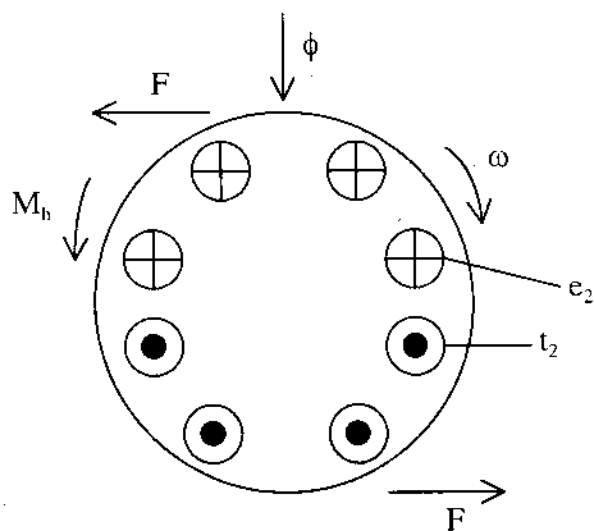


Hình 2.37. Sơ đồ nguyên lý hãm động năng của động cơ không đồng bộ

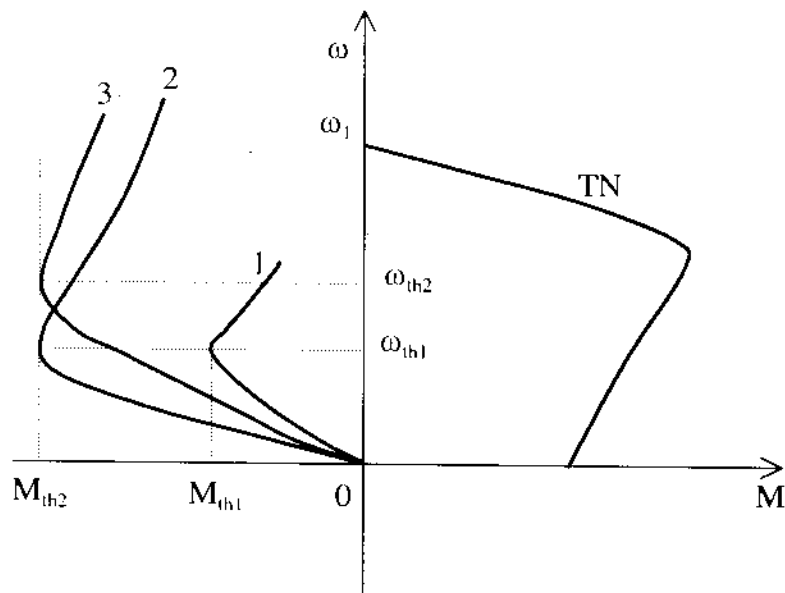
a) Hãm động năng kích từ độc lập,

b) Hãm động năng tự kích dùng tụ điện,

c) Hãm động năng tự kích từ mạch rôto.



Hình 2.38. Nguyên lý tạo mômen hãm động năng động cơ KĐB



Hình 2.39. Đặc tính cơ hãm động năng kích từ độc lập của động cơ không đồng bộ

Ta thấy rằng khi thay đổi R_2' thì R_2' thay đổi nên không thay đổi $M_{th} = \text{const}$. Còn khi thay đổi dòng điện I_1 tức thay đổi dòng một chiều I_{mc} thì mômen tới hạn M_{th} thay đổi còn $\omega_{th} = \text{const}$. Các dạng đặc tính cơ đó được biểu diễn trên hình 2.39. Đường 1 và 2 có cùng điện trở R_2' nhưng có $M_{th2} > M_{th1}$ nên dòng một chiều tương ứng $I_{mc2} > I_{mc1}$. Còn đường 2 và 3 có cùng dòng một chiều nhưng điện trở R_2' lại khác nhau.

V. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

1. Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ

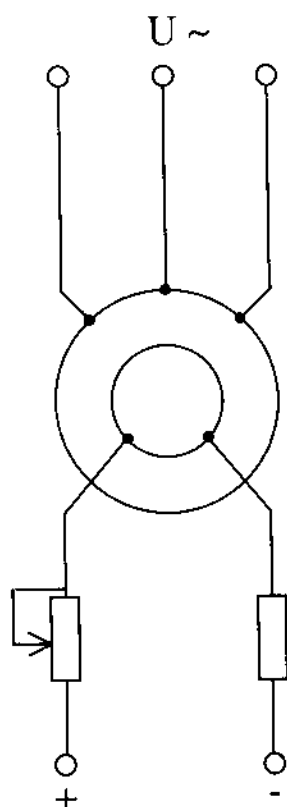
Động cơ đồng bộ được sử dụng khá rộng rãi trong những truyền động công suất trung bình và lớn, có yêu cầu ổn định tốc độ cao. Động cơ đồng bộ thường dùng cho các máy bơm, quạt gió, các hệ truyền động của nhà máy luyện kim và cũng thường được sử dụng làm động cơ sơ cấp trong các tổ máy phát - động cơ công suất lớn. Ưu điểm của động cơ đồng bộ có độ ổn định tốc độ cao, hệ số $\cos\varphi$ và hiệu suất lớn, vận hành có độ tin cậy cao. Sơ đồ nguyên lý động cơ đồng bộ được trình bày trên hình 2.40.

Mạch stato của nó tương tự như động cơ không đồng bộ, mạch rôto có cuộn kích từ và các cuộn dây khởi động kiểu lồng sóc.

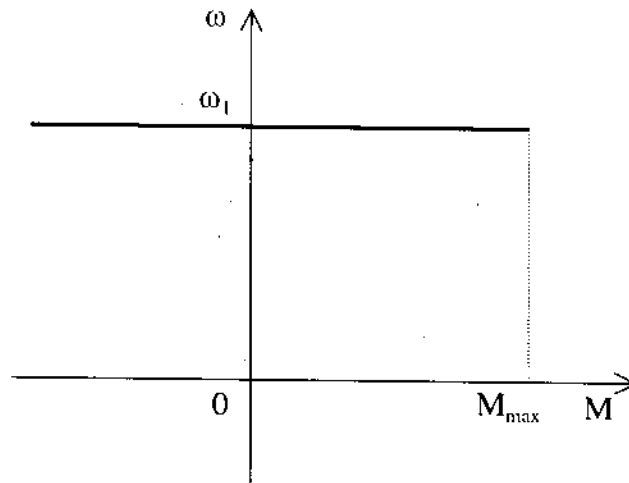
Khi đóng stato động cơ đồng bộ vào lưới điện xoay chiều có tần số f_1 không đổi, dây quấn rôto được nối vào nguồn điện kích từ một chiều. Tương tác giữa từ trường quay và từ trường kích từ sinh ra mômen đẩy rôto quay với tốc độ bằng tốc độ từ trường quay ω_1 gọi là tốc độ đồng bộ:

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$$

Trong phạm vi mômen cho phép $M \leq M_{\max}$. Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ tuyệt đối cứng. Nghĩa là $\beta = \infty$. Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ được trình bày trên hình 2.41. Khi mômen vượt quá trị số $M_{\max}$ thì tốc độ động cơ sẽ mất đồng bộ. Với $[M_m = (2 \div 2.5)M_{dm}]$



Hình 2.40. Sơ đồ nguyên lý của động cơ đồng bộ



Hình 2.41. Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ

2. Khởi động và hãm động cơ đồng bộ

2.1. Quá trình khởi động

Quá trình khởi động động cơ đồng bộ gồm hai giai đoạn :

2.1.1. Giai đoạn thứ nhất

Stator động cơ được đấu vào nguồn điện xoay chiều, còn cuộn kích từ được đóng kín qua điện trở hạn chế R_{hc} để cuộn kích từ khỏi bị quá áp do sức điện động cảm ứng sinh ra trong nó ($R_{hc} = 8 \div 10 R_{kt}$). Trong giai đoạn này động cơ đồng bộ được khởi động như một động cơ không đồng bộ. Trên hình 2.42 biểu diễn đặc tính khởi động.

Đường 1: Đặc tính khởi động của động cơ có cuộn dây khởi động điện trở nhỏ.

Đường 2: Đặc tính khởi động của động cơ có cuộn dây khởi động điện trở lớn. Ta thấy rõ đường đặc tính có mômen ngắn mạch lớn hơn (M_{nm}) thì mômen vào đồng bộ (M_{vd}) lại nhỏ hơn và ngược lại.

2.1.2. Giai đoạn thứ hai

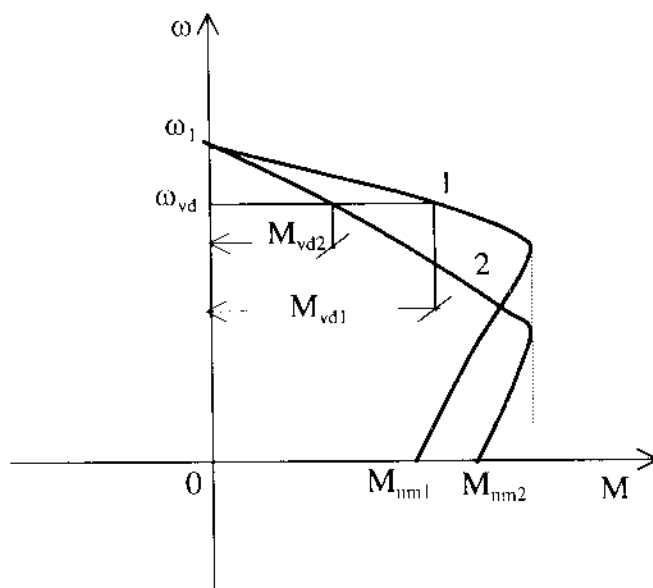
Cuối giai đoạn thứ nhất khi tốc độ đạt ($95 \div 98\%$), lúc này ta đưa dòng kích từ vào rôto để tạo ra mômen đưa tốc độ động cơ lên đồng bộ.

Giai đoạn này rất quan trọng vì nếu không đưa động cơ quay với tốc độ đồng bộ được thì động cơ sẽ làm việc ở trạng thái không đồng bộ và cuộn khởi động sẽ bị phát nóng quá mức, có thể bị cháy.

Trong một số trường hợp đặc biệt người ta còn có thể khởi động ĐCĐB bằng phương pháp sau:

- Khởi động trực tiếp bằng cách đóng stato vào lưới điện với điện áp định mức ngay từ đầu. Phương pháp này chỉ sử dụng cho động cơ công suất nhỏ hoặc có điện áp cao.

- Khởi động gián tiếp bằng cách đóng stato vào lưới điện qua điện kháng phụ X_f hoặc biến áp tự ngẫu để hạn chế dòng khởi động sau đó mới đưa điện áp định mức vào stato bằng cách ngắt mạch chúng.



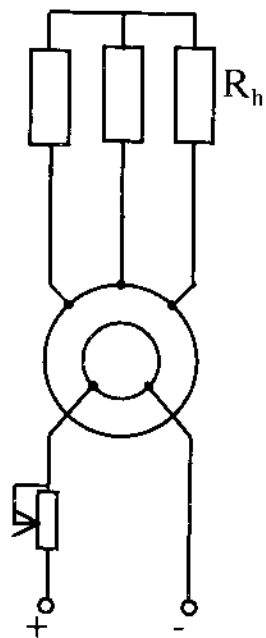
Hình 2.42. Đặc tính khởi động của động cơ đồng bộ

2.2. Trạng thái hãm động cơ điện đồng bộ

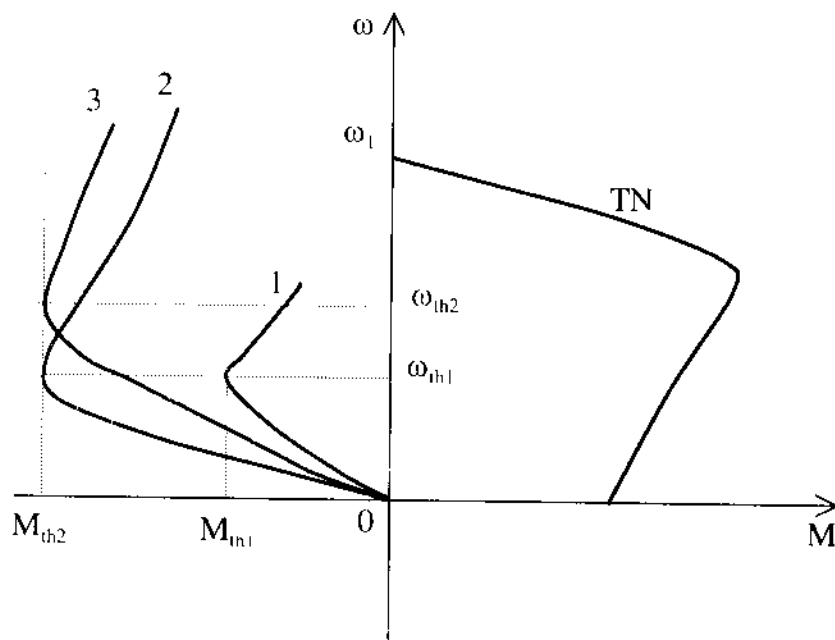
2.2.1. Hãm động năng

- Đối với động cơ điện đồng bộ thường dùng phương pháp hãm động năng. Khi động cơ đang quay, muốn hãm động năng ta cắt stato khỏi lưới điện xoay chiều rồi đóng vào điện trở phụ ba pha, còn rô to vẫn được kích từ như trước đó. Sơ đồ nguyên lý khi hãm động năng động cơ đồng bộ được thể hiện trên hình 2.43.

- Đặc tính cơ khi hãm động năng có dạng như của động cơ không đồng bộ khi hãm động năng kích từ độc lập (hình 2.44).



Hình 2.43. Sơ đồ nguyên lý hãm động năng động cơ điện đồng bộ



Hình 2.44. Đặc tính cơ khi hãm động năng của động cơ đồng bộ

2.2.2. Hãm tái sinh

Hãm tái sinh động cơ đồng bộ có thể xảy ra khi động cơ làm việc ở đoạn đặc tính cơ nằm trên góc phần tư thứ hai (II) trên hệ tọa độ (M, ω) , hình 2.41. Bằng cách giảm tốc độ động cơ (ω) nhỏ hơn tốc độ (ω_1) . Lúc này động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ máy phát biến cơ năng thành điện năng trả về lưới.

Câu hỏi ôn tập

1. Vẽ sơ đồ điện động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song). Khi nào thì gọi là kích từ độc lập, khi nào thì gọi là kích từ song song?
2. Viết phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song. Giải thích các đại lượng.
3. Vẽ đặc tính cơ điện, đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song.
4. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song khi thay đổi điện trở phần ứng. Người ta thường ứng dụng phương pháp này để khống chế truyền động điện như thế nào?
5. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song khi thay đổi điện áp phần ứng. Người ta thường ứng dụng phương pháp này để khống chế truyền động điện như thế nào?
6. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song khi thay đổi từ thông động cơ. Người ta thường ứng dụng phương pháp này để khống chế truyền động điện như thế nào?
7. Nêu công dụng của việc khởi động động cơ dùng hai cấp điện trở phụ, vẽ sơ đồ nối dây, yêu cầu về dòng điện khởi động, dòng điện chuyển điện trở, vẽ đặc tính cơ khởi động của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song.
8. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song khi hãm tái sinh với tải phản kháng và tải thế năng. Nêu công dụng của phương pháp hãm.
9. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song khi hãm ngược với tải phản kháng và tải thế năng. Nêu công dụng của phương pháp hãm.
10. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song khi hãm động năng kích từ độc lập, tự kích từ. Nêu công dụng của từng phương pháp hãm.
11. Vẽ sơ đồ điện của động cơ một chiều kích từ nối tiếp. Viết phương trình đặc tính cơ, vẽ dạng đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ nối tiếp. Phạm vi sử dụng động cơ trên.

12. Vẽ sơ đồ điện và đặc tính cơ khởi động động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp dùng hai cấp điện trở phụ. Nêu yêu cầu về dòng điện khởi động, dòng điện chuyển điện trở.
13. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp khi hãm ngược với tải phản kháng và tải thế năng. Nêu công dụng của phương pháp hãm.
14. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp khi hãm động năng kích từ độc lập, tự kích từ. Nêu công dụng của từng phương pháp hãm.
15. Vẽ sơ đồ điện, sơ đồ điện thay thế của động cơ không đồng bộ. Viết phương trình đặc tính cơ của động cơ trên. Giải thích các đại lượng.
16. Vẽ dạng đặc tính cơ của động cơ điện không đồng bộ.
17. Vẽ đặc tính cơ của động cơ khi thay đổi điện áp lưới, điện trở điện kháng stato, điện trở rôto, số đôi cực, tần số lưới cấp cho động cơ không đồng bộ. Người ta thường ứng dụng phương pháp này để khống chế truyền động điện như thế nào?
18. Vẽ sơ đồ nối dây, yêu cầu về mômen khởi động, mômen chuyển điện trở, vẽ đặc tính cơ khởi động của động cơ không đồng bộ rô to dây quấn với hai cấp điện trở.
19. Vẽ đặc tính cơ của động cơ điện không đồng bộ khi hãm tái sinh với tải phản kháng và tải thế năng. Nêu công dụng của phương pháp hãm.
20. Vẽ đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi hãm ngược với tải phản kháng và tải thế năng. Nêu công dụng của phương pháp hãm.
21. Vẽ đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi hãm động năng. Nêu công dụng của phương pháp hãm.
22. Vẽ sơ đồ điện của động cơ đồng bộ. Vẽ dạng đặc tính cơ của động cơ đồng bộ.
23. Vẽ đặc tính cơ khởi động và hãm động năng động cơ đồng bộ.

Chương 3

ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Mục tiêu:

- + Gọi được tên các nguyên tắc điều chỉnh tốc độ các loại động cơ điện.
- + Đọc và hiểu được nguyên lý làm việc của các mạch điện áp dụng các nguyên tắc điều chỉnh tốc độ các loại động cơ điện.

Trọng tâm:

Các phần III, IV của chương 3.

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ

Điều chỉnh tốc độ là một trong những nội dung chính của truyền động điện tự động nhằm đáp ứng yêu cầu công nghệ của các máy sản xuất. Điều chỉnh tốc độ truyền động điện là dùng các phương pháp thuận tuý điện, tác động lên bản thân hệ thống truyền động điện (nguồn và động cơ điện) để thay đổi tốc độ quay của trục động cơ điện.

Tốc độ làm việc của truyền động điện do công nghệ yêu cầu và được gọi là *tốc độ đặt*, hay *tốc độ mong muốn*. Trong quá trình làm việc, tốc độ của động cơ thường bị thay đổi do sự biến thiên của tải, của nguồn và do đó gây ra sai lệch tốc độ thực so với tốc độ đặt. Trong các hệ truyền động điện tự động thường dùng các phương pháp khác nhau để ổn định tốc độ động cơ. Để đánh giá chất lượng của một hệ thống truyền động điện thường căn cứ vào một số chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật cơ bản.

II. NHỮNG CHỈ TIÊU ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ

1. Sai số tốc độ

Sai số tĩnh tốc độ là đại lượng đặc trưng cho độ chính xác tốc độ đặt và thường được tính theo phần trăm:

$$s\% = \frac{\omega_d - \omega}{\omega_d} \cdot 100\% \quad (3 - 1)$$

Trong đó: ω_d - Tốc độ đặt,
 ω - Tốc độ làm việc thực.

2. Độ trơn của điều chỉnh tốc độ

Độ trơn của điều chỉnh tốc độ được định nghĩa;

$$\gamma = \frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} \quad (3 - 2)$$

Trong đó: ω_i là giá trị tốc độ ổn định đạt được ở cấp i ,
 ω_{i+1} là giá trị tốc độ ổn định đạt được ở cấp kế tiếp $(i+1)$.

Từ chỉ tiêu độ trơn của điều chỉnh tốc độ ta có thể phân loại:

- Hệ điều chỉnh vô cấp nếu $\gamma = \frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} \rightarrow 1$, lúc là hệ truyền động có thể làm việc ổn định ở mọi giá trị trong suốt dải điều chỉnh.
- Hệ điều chỉnh có cấp khi nó chỉ có thể làm việc ổn định ở một số giá trị của tốc độ trong dải điều chỉnh.

3. Dải điều chỉnh tốc độ

Dải điều chỉnh hay phạm vi điều chỉnh là tỉ số giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của tốc độ làm việc ứng với mômen tải đã cho:

$$\omega = \frac{\omega_{max}}{\omega_{min}} \quad (3 - 3)$$

Giá trị tốc độ cực đại ω_{max} bị hạn chế bởi độ bền cơ học của động cơ và với động cơ một chiều nó còn bị hạn chế bởi khả năng chuyển mạch của vành góp. Tốc độ nhỏ nhất ω_{min} bị chặn dưới bởi yêu cầu về mômen khởi động, về khả năng quá tải và về sai số tốc độ làm việc cho phép.

4. Sự phù hợp giữa đặc tính điều chỉnh và đặc tính tải

Với các động cơ điện một chiều và xoay chiều thì chế độ làm việc tối ưu là chế độ định mức của động cơ. Để sử dụng tốt động cơ khi điều chỉnh tốc độ cần lưu ý đến các chỉ tiêu như: Dòng điện động cơ không vượt quá dòng điện định mức, đảm bảo khả năng quá tải về mômen (trong thời gian ngắn), đảm bảo yêu cầu về ổn định tĩnh khi có nhiễu v.v... trong toàn dải điều chỉnh.

Vì vậy khi chọn hệ truyền động điện có điều chỉnh tốc độ sao cho đặc tính điều chỉnh của hệ bám sát yêu cầu đặc tính của tải. Để tổn thất trong quá trình điều chỉnh là nhỏ nhất.

5. Chỉ tiêu kinh tế

Chỉ tiêu kinh tế có ý nghĩa quan trọng, nhiều khi là chỉ tiêu quyết định cho việc chọn các phương án điều chỉnh. Chỉ tiêu kinh tế thể hiện ở vốn đầu tư, chi phí vận hành hệ thống và ở hiệu quả do áp dụng phương pháp điều chỉnh đem lại. Trong chi phí vận hành thì tổn thất năng lượng khi biến đổi và khi điều chỉnh đóng vai trò quan trọng, ngoài ra hệ số công suất $\cos\varphi$ của hệ thống cũng góp phần ảnh hưởng không nhỏ đến chi phí vận hành.

6. Các chỉ tiêu khác

Ngoài các chỉ tiêu chung đã nêu ở trên, trong từng trường hợp cụ thể còn dùng các chỉ tiêu khác nữa để đánh giá hệ truyền động điện, ví dụ như độ trơn điều chỉnh, khả năng tự động hoá hệ thống...

7. Tổn thất năng lượng khi điều chỉnh

Để dự đoán tổn thất ở trạng thái làm việc ổn định bất kỳ, chỉ cần xác định được giá trị của các loại tổn thất trong hệ thống ở một chế độ làm việc xác định (thường chọn chế độ làm việc định mức). Sau đó có thể xác định được tổn thất ở các chế độ khác theo phương pháp tính đối. Nguyên tắc tính toán tổn thất của máy điện quay như sau:

Tổn thất nhiệt trong dây quấn: $\Delta P_j \sim I^2$

Tổn thất trong mạch từ: - Do từ trễ: $\sim B^2 f$
 - Do dòng xoáy: $\sim B^2 f^2$

Tổn thất cơ học do chuyển động và quạt gió $\sim \omega^3$, tổn thất do ma sát $\sim \omega$. Ở mỗi phần của mạch lực lại có thể chia tổn thất thành hai loại: Tổn thất không đổi ΔP_0 và tổn thất biến đổi phụ thuộc vào bình phương dòng điện ΔP_{cu} . Ví dụ tính tổn thất của động cơ tại điểm làm việc A trên đặc tính cơ trên hình 3.1:

$$\Delta P_{JA} = M_A(\omega_0 - \omega_A)$$

Tổng tổn thất của động cơ khi làm việc tại điểm A là:

$$\Delta P_{\Sigma A} = \Delta P_0 + K.M_A(\omega_0 - \omega_A)$$

Đối với động cơ một chiều có thể chọn $K = 1$, đối với động cơ xoay chiều thì:

$$K = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Trong đó: - R_1 - Điện trở dây quấn stato

- R_2 - Điện trở dây quấn rôto đã qui đổi về stato.

Khi thay đổi tốc độ từ ω_1 đến ω_2 trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 thì có thể tính được tổn thất năng lượng từ phương trình chuyển động của hệ thống.

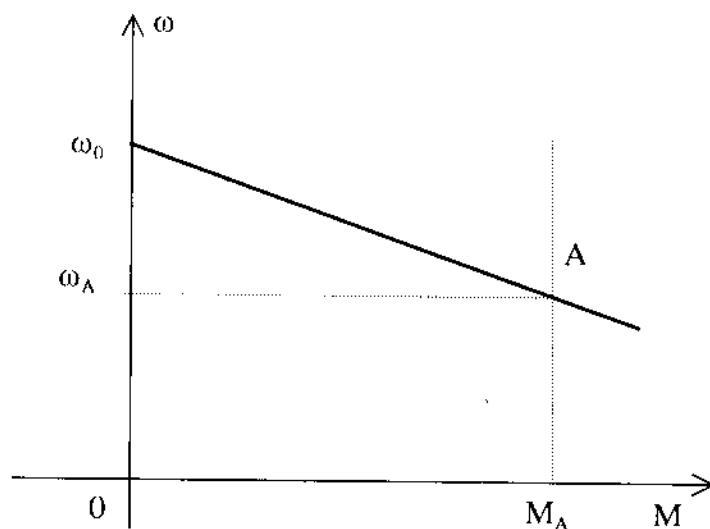
$$\Delta w = \int_{t_1}^{t_2} M (\omega_0 - \omega) dt = \Delta w_j + \Delta w_{cst} \quad (3 - 4)$$

Trong đó tổn thất nhiệt không phụ thuộc vào dạng đặc tính cơ mà chỉ phụ thuộc vào giá trị tốc độ đầu và cuối.

$$\Delta w_j = \int_{\omega_1}^{\omega_2} j \sum (\omega_0 - \omega) d\omega.$$

Còn tổn thất cơ học trên tải là:

$$\Delta w_{cst} = \int_{t_1}^{t_2} M_c (\omega_0 - \omega) dt$$



Hình 3.1. Tính toán tổn thất của động cơ (khi làm việc tại điểm A).

III. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. Khái niệm

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 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. Trong công nghiệp sử dụng bốn loại bộ biến đổi chính:

- Bộ biến đổi điện từ: Khuếch đại từ (KĐT)
- Bộ biến đổi chỉnh lưu bán dẫn: Chỉnh lưu tiristor (CLT)
- Bộ biến đổi xung áp một chiều: Tiristor hoặc tranzitor (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 - Đ)
- Hệ truyền động máy điện khuếch đại - động cơ (MDKĐ - Đ)
- Hệ truyền động khuếch đại từ - động cơ (KĐT - Đ)
- Hệ truyền động chỉnh lưu tiristor - 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 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 hàm, đảo chiều mà ta có truyền động làm việc ở một góc phần tư, hai góc phần tư và bốn góc phần tư.

2. Hệ thống truyền động máy phát - động cơ một chiều (F - Đ)

2.1. Cấu trúc hệ F - Đ

Hệ thống máy phát - động cơ là hệ truyền động điện mà bộ biến đổi điện là máy phát điện một chiều kích từ độc lập. Máy phát này thường do một động cơ sơ cấp không đồng bộ ba pha ĐK quay và coi tốc độ quay của máy phát là không đổi. Trong tính toán gần đúng thì:

$$E_F = K_F \cdot \Phi_F, \omega_F = K_F \cdot \omega_F \cdot C \cdot i_{KF} \quad (3 - 5)$$

Trong đó: K_F là hệ số kết cấu của máy phát

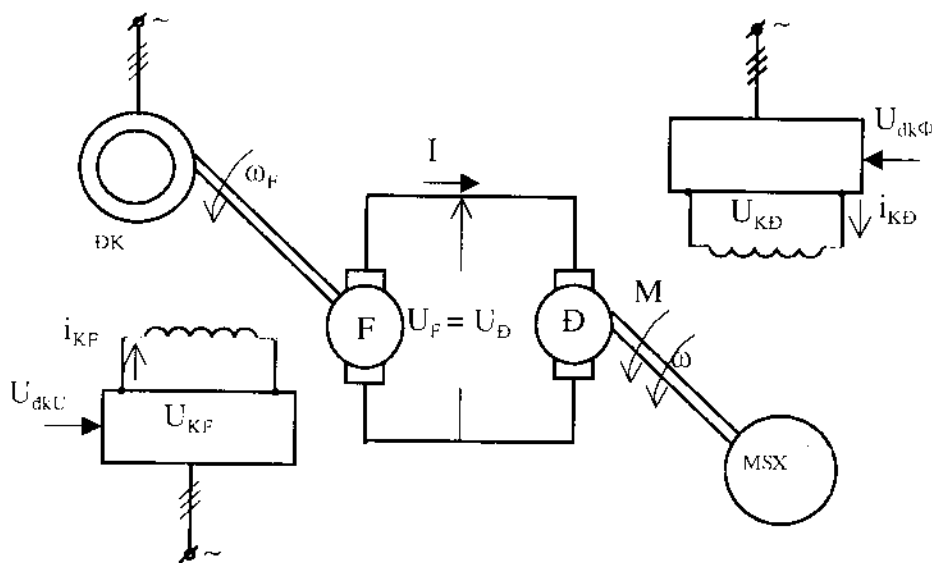
$$C = \frac{\Delta \Phi_F}{\Delta i_{KF}}$$

Nếu dây quấn kích từ của máy phát được cấp bởi nguồn áp lý tưởng U_{KF} thì:

$$i_{KF} = \frac{U_{KF}}{R_{KF}}$$

Sức điện động của máy phát trong trường hợp này sẽ tỉ lệ với điện áp kích từ bởi hằng số K_F , như vậy có thể coi gần đúng máy phát điện một chiều kích từ độc lập là một bộ khuếch đại tuyến tính.

$$E_F = K_F \cdot U_{KF} \quad (3 - 6)$$



Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy phát - động cơ

Nếu đặt $R = R_{\text{UF}} + R_{\text{UD}}$ thì có thể viết được phương trình các đặc tính của hệ F - Đ như sau:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \frac{K_F}{K\Phi} U_{KF} - \frac{RI}{K\Phi} \\ \omega &= \frac{K_F}{K\Phi} U_{KF} - \frac{R}{(K\Phi)^2} M \end{aligned} \right\} \quad (3 - 7)$$

Biểu thức 3 - 7 chứng tỏ rằng, khi điều chỉnh dòng điện kích từ của máy phát thì điều chỉnh được tốc độ không tải của hệ thống còn độ cứng đặc tính cơ thì giữ nguyên. Cũng có thể điều chỉnh kích từ của động cơ để có dải điều chỉnh tốc độ rộng hơn.

2.2. Các chế độ làm việc của hệ F - Đ

Trong mạch lực của hệ F - Đ không có phần tử phi tuyến nào nên hệ có những đặc tính động rất tốt, rất linh hoạt khi chuyển các trạng thái làm việc. Với sơ đồ cơ bản như hình 3.2 động cơ chấp hành Đ có thể làm việc ở chế độ điều chỉnh được cả hai phía: kích từ máy phát F và kích từ động cơ Đ, đảo chiều quay bằng cách đảo chiều dòng kích từ máy phát, hãm động năng khi dòng kích từ máy phát bằng không, hãm tái sinh khi giảm tốc độ hoặc khi đảo chiều dòng kích từ, hãm ngược ở cuối giai đoạn hãm tái sinh khi đảo chiều hoặc khi làm việc ổn định với mômen tải có tính chất thế năng v.v... Hệ F - Đ có đặc tính cơ điện đầy cả bốn góc phần tư của mặt phẳng tọa độ $[\omega, M]$. Để có thể mô tả tất cả các trạng thái làm việc của hệ F - Đ, xét một ví dụ phụ tải có dạng mômen ma sát, tức là khi chuyển động đảo dấu thì mômen cũng đảo dấu (hình 3.3). Giả thiết hệ đang làm việc tại điểm A có $M_A = M_C$ $E_F = E_{FA}$ và $\omega = \omega_A$. Khi cho lệnh hãm đảo chiều thì giảm nhanh E_F , điểm làm việc chuyển sang điểm B, từ B, nếu giữ tốc độ giảm E_F thích hợp với quán tính của hệ thì có thể giữ cho mômen điện từ của động cơ là hằng số, do đó tốc độ sẽ giảm tuyến tính theo thời gian. Tại điểm C kết thúc quá trình hãm tái sinh, với năng lượng tái sinh là:

$$\Delta w_{\text{ts}} = \int_{t_0}^{t_C} M \cdot \omega(t) \cdot dt$$

Đoạn CD là đoạn hãm ngược vì E_F đã đổi dấu mà $E = K \Phi \omega$ chưa đổi dấu. Tại D tốc độ động cơ nhưng do vẫn tồn tại mômen hãm nên động cơ được khởi động ngược lại. Đoạn DA của quá trình động cơ có tốc độ và mômen cùng

2. Hệ thống truyền động máy phát - động cơ một chiều (F - Đ)

2.1. Cấu trúc hệ F - Đ

Hệ thống máy phát - động cơ là hệ truyền động điện mà bộ biến đổi điện là máy phát điện một chiều kích từ độc lập. Máy phát này thường do một động cơ sơ cấp không đồng bộ ba pha ĐK quay và coi tốc độ quay của máy phát là không đổi. Trong tính toán gần đúng thì:

$$E_F = K_F \cdot \Phi_F, \omega_F = K_F \cdot \omega_F \cdot C \cdot i_{KF} \quad (3 - 5)$$

Trong đó: K_F là hệ số kết cấu của máy phát

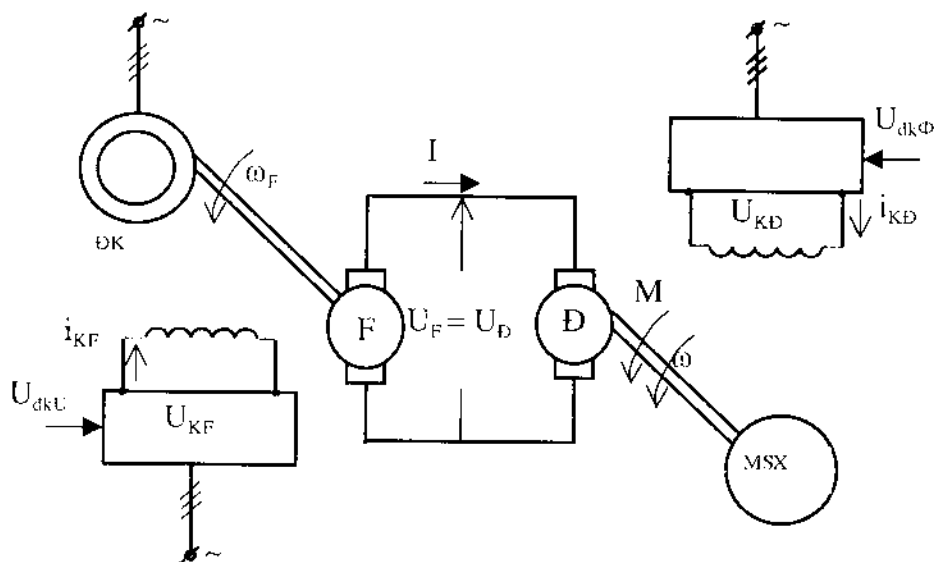
$$C = \frac{\Delta \Phi_F}{\Delta i_{KF}}$$

Nếu dây quấn kích từ của máy phát được cấp bởi nguồn áp lý tưởng U_{KF} thì:

$$i_{KF} = \frac{U_{KF}}{R_{KF}}$$

Sức điện động của máy phát trong trường hợp này sẽ tỉ lệ với điện áp kích từ bởi hằng số K_F , như vậy có thể coi gần đúng máy phát điện một chiều kích từ độc lập là một bộ khuếch đại tuyến tính.

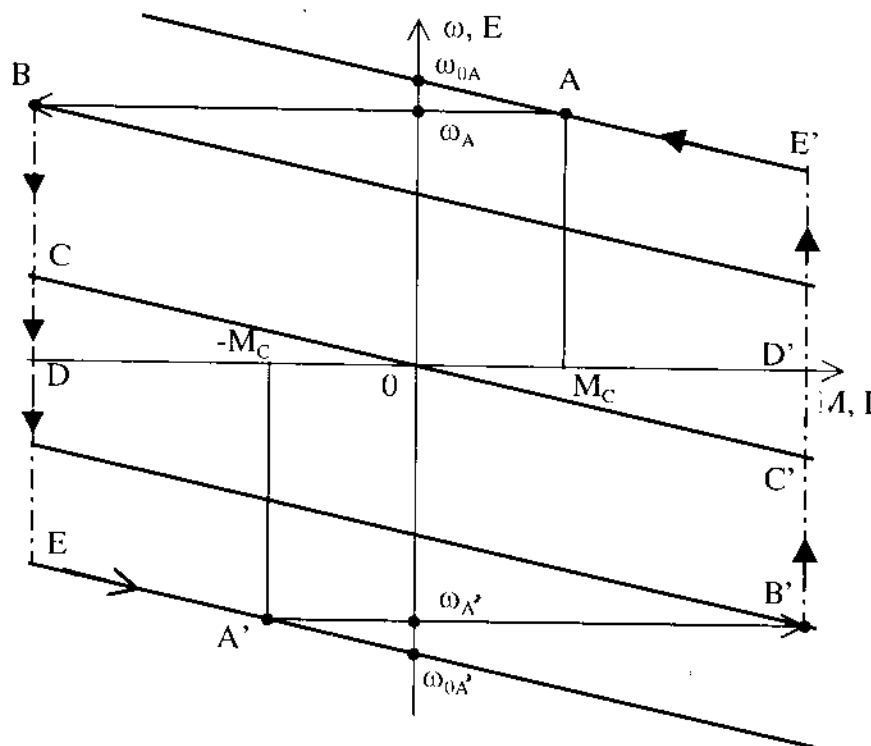
$$E_F = K_F \cdot U_{KF} \quad (3 - 6)$$



Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy phát - động cơ

chiều, trong đó có đoạn EA mômen động cơ giảm dần, tốc độ biến thiên theo luật hàm mũ.

Quá trình chuyển trạng thái từ A sang A' xảy ra tương tự.



Hình 3.3. Đặc tính cơ chuyển đổi trạng thái của hệ thống

2.3. Đặc điểm của hệ F - Đ

Ưu điểm nổi bật của hệ F - Đ là sự chuyển đổi trạng thái làm việc rất linh hoạt, khả năng quá tải lớn. Do vậy thường sử dụng hệ F - Đ ở các máy khai thác trong công nghiệp mỏ.

Nhược điểm quan trọng nhất của hệ F - Đ là dùng nhiều máy điện quay, trong đó ít nhất là hai máy điện một chiều, gây ồn lớn, công suất lắp đặt máy ít nhất gấp ba lần công suất động cơ chấp hành. Ngoài ra do các máy phát điện một chiều có từ dư, đặc tính từ hoá có trễ nên khó điều chỉnh sâu tốc độ.

3. Hệ thống chỉnh lưu động cơ điện một chiều

3.1. Chỉnh lưu tiristor làm việc với động cơ điện

Trong hệ thống truyền động chỉnh lưu điều khiển - động cơ một chiều (CL - Đ), bộ biến đổi điện là các mạch chỉnh lưu điều khiển có sđđ E_d phụ thuộc vào giá trị của pha xung điều khiển (góc điều khiển). Chỉnh lưu có thể dùng làm nguồn điều chỉnh điện áp phản ứng hoặc dòng điện kích từ động cơ. Tùy theo các yêu cầu cụ thể của truyền động mà có thể dùng các sơ đồ chỉnh lưu thích hợp, để phân biệt chúng có thể căn cứ vào các dấu sau đây:

- Số pha: Một pha, ba pha v.v...
- Sơ đồ nối: Hình tia, hình cầu, đối xứng, không đối xứng;
- Số nhịp: Số xung áp đập mạch trong thời gian một chu kỳ điện áp nguồn;
- Khoảng điều chỉnh: Là vị trí của đặc tính ngoài trên mặt phẳng tọa độ $[U_d, I_d]$;
- Chế độ năng lượng: Chỉnh lưu, nghịch lưu phụ thuộc;
- Tính chất dòng tải: Liên tục, gián đoạn.

Chế độ làm việc của chỉnh lưu phụ thuộc vào phương thức điều khiển và vào các tính chất của tải, trong truyền động điện, tải của chỉnh lưu thường là cuộn kích từ (L - R) hoặc là mạch phản ứng động cơ (L - R - E). Để tìm hiểu hoạt động của hệ chỉnh lưu - động cơ (T - Đ) ta hãy phân tích một sơ đồ hình tia ba pha mà sơ đồ thay thế được vẽ trên hình 3.4b. Trong đó:

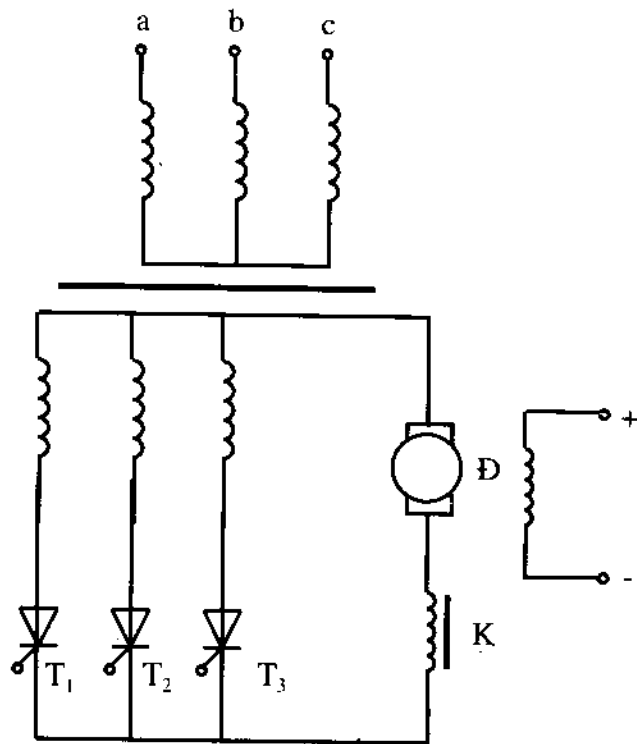
- E: Sđđ quay của động cơ,
- U_{21}, U_{22}, U_{23} : Sđđ thứ cấp máy biến áp nguồn,
- L, L_{Σ} : Điện cảm mạch một chiều và điện cảm tản của dây quấn thứ cấp máy biến áp,
- Điện trở mạch một chiều (kể cả điện trở dây quấn thứ cấp máy biến áp đã qui đổi).

$$L = L_{\Sigma} + L_k$$

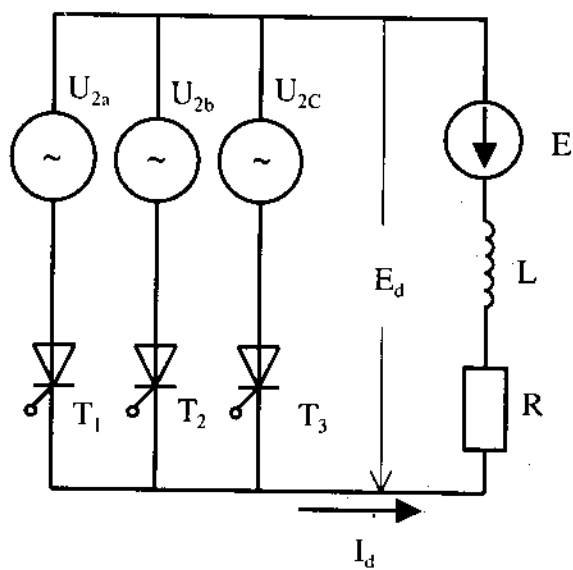
$$R = R_{ba} + R_{\Sigma} \pm R_k$$

$$L_{ba} = L_2 + L_1 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2$$

$$R_{ba} = R_2 + R_1 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2$$



Hình 3.4a. Sơ đồ nối dây của chỉnh lưu tia ba pha



Hình 3.4b. Sơ đồ thay thế của chỉnh lưu tia ba pha

3.1.1. Chế độ dòng liên tục

Khi dòng điện chỉnh lưu i_d là liên tục thì có thể dựng được đồ thị các quá trình dòng điện và điện áp như trên hình 3.5. Sđđ chỉnh lưu là những đoạn hình sin nối tiếp nhau, giá trị trung bình của sđđ chỉnh lưu được tính như sau:

$$E_d = \frac{p}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+2\pi/p} U_{2m} \sin\theta d\theta = E_{d0} \cos\alpha \quad (3-8)$$

$$\theta = \omega_c t,$$

$$\alpha = \alpha_0 - \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} \right)$$

$$E_{d0} = \frac{p}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{p} U_{2m}$$

Trong đó:

ω_c - Tần số góc của điện áp xoay chiều;

α - Góc mở van (hay góc điều khiển) tính từ thời điểm chuyển mạch tự nhiên;

α_0 - Góc điều khiển tính từ thời điểm sđđ xoay chiều bắt đầu dương;

p - Số xung áp đập mạch trong một chu kỳ điện áp xoay chiều. Trong sơ đồ này $p = 3$.

Phương trình vi phân mô tả mạch thay thế trên H.3.4 là:

$$U_{2m} \cdot \sin(\theta + \alpha_0) = E + Ri_d + L \frac{di_d}{dt}$$

Với sơ kiện khi $\theta = \alpha_0$ thì $i_d = I_0$, có nghiệm sau:

$$i_d = [RI_0 + E - U_{2m} \cos\varphi \sin(\alpha_0 - \varphi)] e^{-(\theta - \alpha_0) \cot \varphi} - [E - U_{2m} \cos\varphi \sin(\theta - \varphi)] \quad (3-9)$$

Trong đó:
$$\varphi = \arctg \frac{\omega_c L}{R}$$

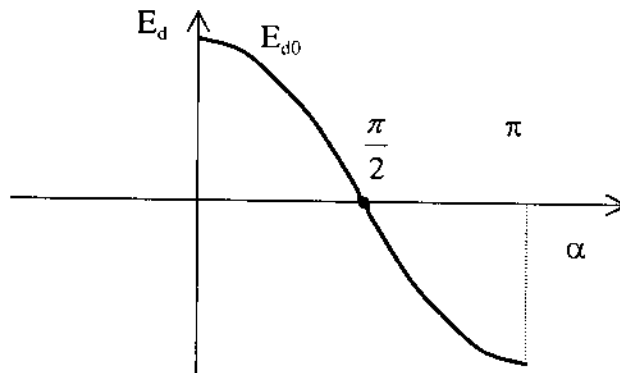
Nếu gọi góc dẫn của van là λ thì có thể tính được thành phần một chiều của dòng điện chỉnh lưu, chính là thành phần sinh mômen quay của động cơ:

$$I = \frac{p}{2\pi} \int_0^{\lambda} i_d \cdot d\theta = \frac{p}{2\pi R} \left[U_{2m} \cdot \sin \frac{\lambda}{2} \sin \left(\alpha_0 + \frac{\lambda}{2} \right) - \frac{\lambda}{2} E \right] \quad (3-10)$$

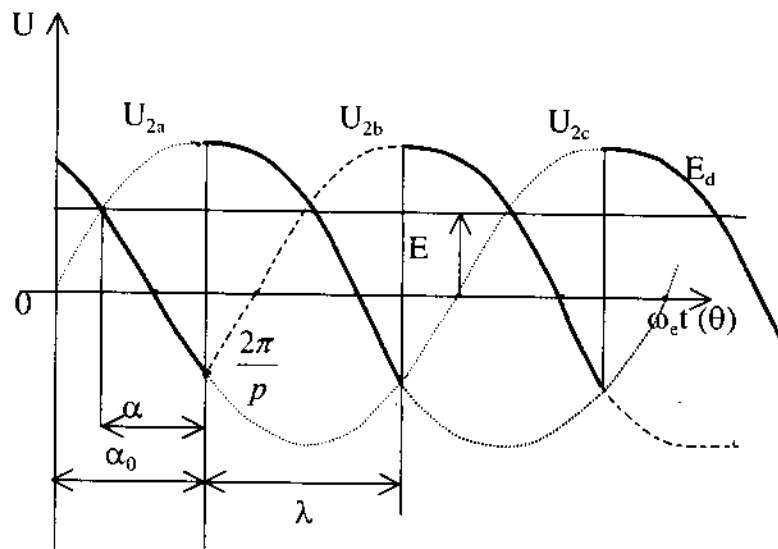
Còn giá trị trung bình của dòng điện chỉnh lưu thì được tính bởi biểu thức đơn giản hơn:

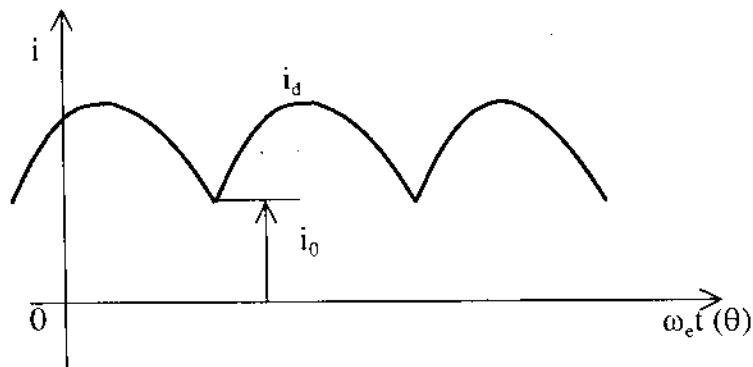
$$I_d = \frac{E_{d0} \cdot \cos \alpha - E}{R + \omega_c L} \quad (3 - 11)$$

Dòng điện trung bình hoàn toàn phụ thuộc vào sđđ động cơ và góc điều khiển chỉnh lưu.



Hình 3.5a. Đặc tính điều chỉnh của chỉnh lưu hình tia ba pha





Hình 3.5b. Đồ thị thời gian điện áp và dòng điện của chỉnh lưu hình tia ba pha

3.1.2. Hiện tượng chuyển mạch của chỉnh lưu

Trong sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha, khi phát xung nhằm để mở một van tiristor thì điện áp anốt của pha đó phải dương hơn điện áp của pha đang dẫn dòng, do đó mà dòng điện của van đang dẫn sẽ giảm dần về không, còn dòng điện của van kế tiếp sẽ tăng dần lên. Do có điện cảm trong mạch mà quá trình này xảy ra từ từ, cùng tại một thời điểm cả hai van đều dẫn dòng và chuyển dòng cho nhau, quá trình này gọi là chuyển mạch giữa các van. Ta quay lại xét quá trình ở sơ đồ thay thế, chú ý đến các điện cảm L_K , giả sử van T_1 đang trong quá trình khoá và van T_2 đang được mở. Vì cả hai van đều dẫn nên sdd chỉnh lưu bằng trung bình cộng của điện áp hai pha a và b, ta gọi là $E_{d\mu}$. Phương trình cân bằng điện áp cho các pha lúc chuyển mạch là:

$$U_{2a} - L_K \frac{di_1}{dt} = E_{d\mu}$$

$$U_{2b} - L_K \frac{di_2}{dt} = E_{d\mu}$$

Để ý rằng $i_1 + i_2 = i_d$ và nếu coi $\frac{di_1}{dt} = -\frac{di_2}{dt}$ thì:

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{U_{2b} - U_{2a}}{2L_K} = \frac{U_{2m} \sin \frac{\pi}{6}}{L_K} \sin \theta \quad (3 - 12)$$

Thời điểm bắt đầu xảy ra chuyển mạch là tại $\theta = \alpha$; giải (3 - 12) ta được biểu thức tính dòng điện qua van: $I_2 = I_{mk}(\cos\alpha - \cos\theta)$, (3 - 13)

Trong đó:
$$I_{mk} = \frac{U_{2m} \sin \frac{\pi}{\omega_e L_k}}{\omega_e L_k}$$

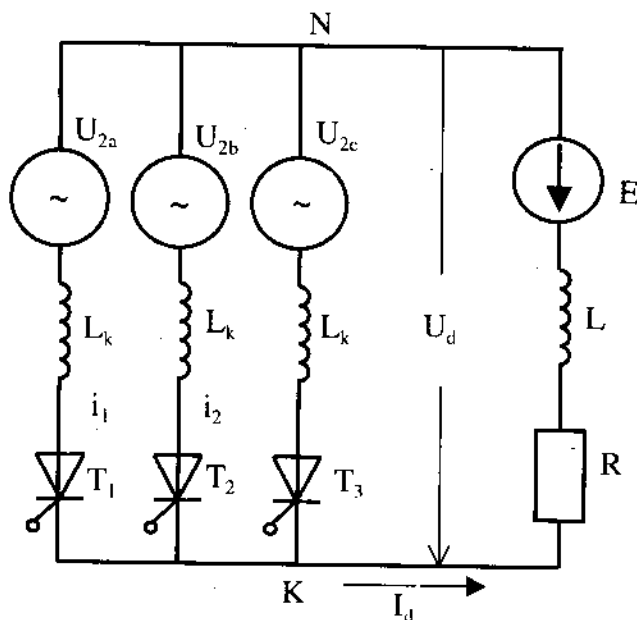
Quá trình chuyển mạch kết thúc khi $i_1 = 0$, $i_2 = i_d$, nếu trong (3 - 13) ta đặt $i_2 = i_d$ tại $\theta = \alpha + \pi$ thì có thể tính được góc chuyển mạch μ :

$$\mu = \arccos(\cos\alpha - \frac{I_d}{I_{mk}}) - \alpha$$

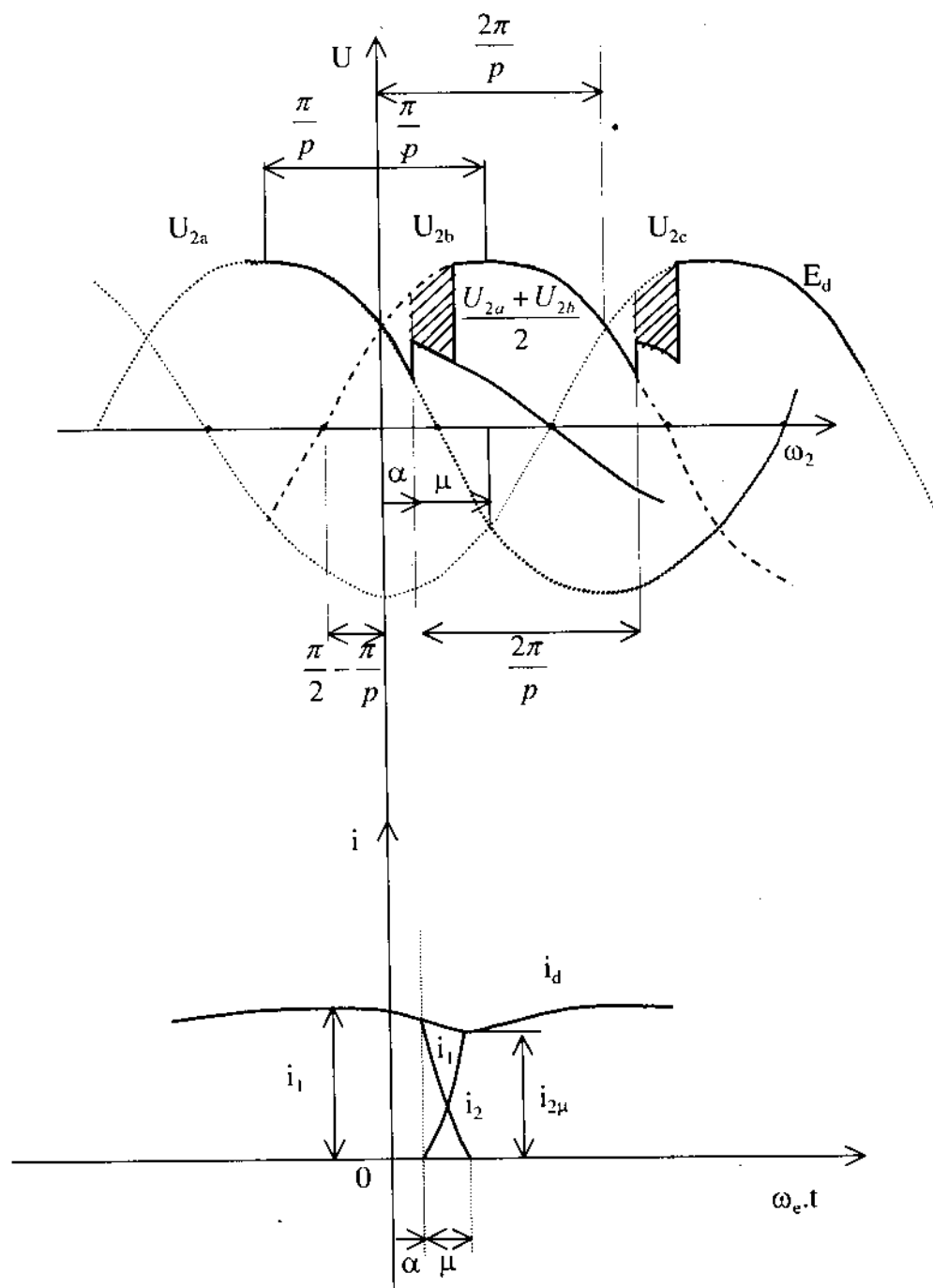
Trong thực tế vận hành ít khi dòng điện chỉnh lưu vượt quá giá trị $\frac{I_d}{I_{mk}} = 0,1$, do đó có thể nói rằng trong chỉnh lưu tia ba pha, góc chuyển mạch

cực đại là $\frac{\pi}{6}$. Do có chuyển mạch nên sđđ bị sụt đi (vùng gạch chéo trên hình 3.6b). Giá trị trung bình của sụt áp do chuyển mạch được tính như sau:

$$\Delta U_k = \frac{pL_k \omega_e}{2\pi} I_d = X_k I_d$$



Hình 3.6a. Sơ đồ thay thế của chỉnh lưu ba pha



Hình 3.6b. Hiện tượng chuyển mạch giữa các van tiristor T_1, T_2 .

3.2. Đặc tính cơ của hệ truyền động chỉnh lưu tiristor - động cơ một chiều (T - Đ) ở chế độ dòng liên tục

Dòng điện chỉnh lưu I_d chính là dòng điện phản ứng động cơ điện. Dựa vào sơ đồ thay thế trên hình 3.7 có thể viết được phương trình đặc tính:

$$\omega = \frac{E_{d0} \cos \alpha}{K\Phi_{dm}} - \frac{R + X_k}{K\Phi_{dm}} I$$

$$\omega = \frac{E_{d0} \cos \alpha}{K\Phi_{dm}} - \frac{R + X_k}{(K\Phi_{dm})^2} M$$

Hình 3.7. Sơ đồ thay thế chỉnh lưu tiristor - động cơ một chiều.

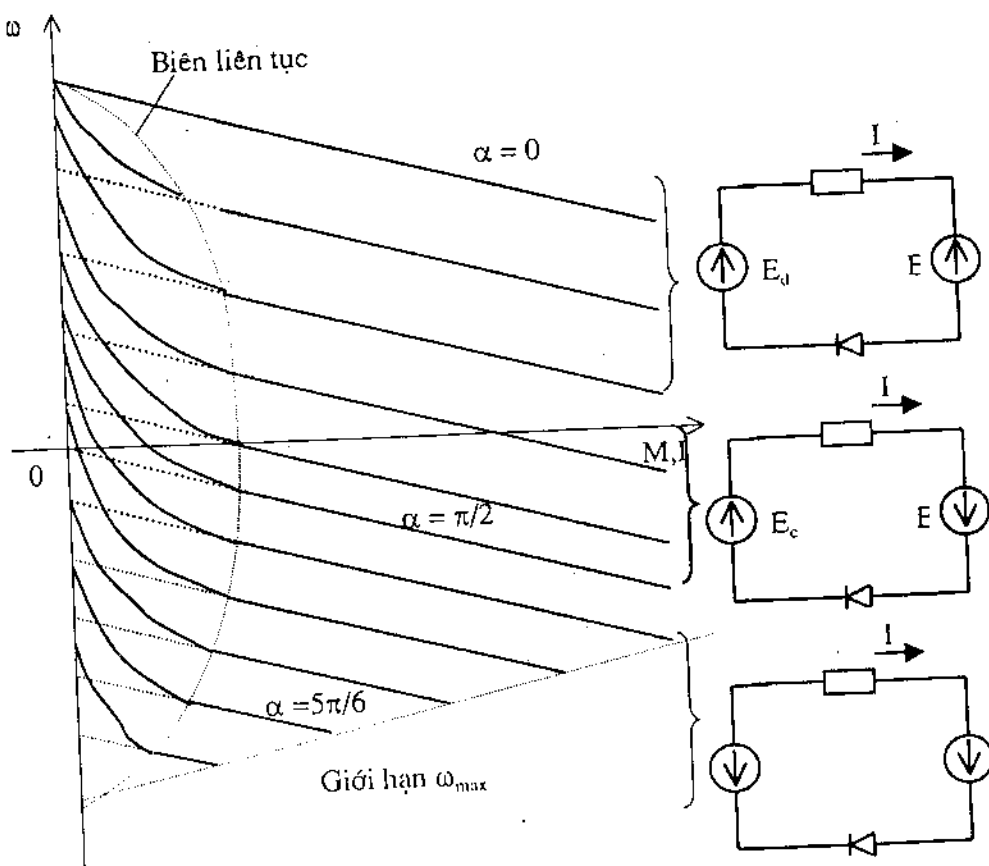
Đặc tính cơ có độ cứng $\beta = \frac{(K\Phi_{dm})^2}{R + X_k}$, còn tốc độ không tải lý tưởng thì tùy thuộc vào góc điều khiển α :

$$\omega_0 = \frac{E_{d0} \cos \alpha}{K\Phi_{dm}} \quad (3 - 14)$$

Thay đổi góc điều khiển α từ $0 - \pi$, sdd chỉnh lưu biến thiên từ E_{d0} đến $-E_{d0}$ và ta được một họ đặc tính song song với nhau nằm ở nửa bên phải của mặt phẳng tọa độ $[M, \omega]$, do các van không cho dòng điện phản ứng đổi chiều. Các đặc tính cơ của hệ T - Đ mềm hơn các đặc tính cơ của hệ F - Đ bởi thành phần sụt áp ΔU_k do hiện tượng chuyển mạch giữa các van bán dẫn gây nên. Khi góc điều khiển biến thiên trong vùng $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$, bộ biến đổi làm việc ở chế độ chỉnh lưu, động cơ có thể làm việc ở chế độ động cơ nếu sdd E còn dương và ở chế độ hãm ngược nếu sdd E đổi chiều.

Khi tăng góc điều khiển $\alpha \geq \frac{\pi}{2}$ và tải có tính chất thế năng để quay ngược chiều động cơ thì cả E_d và E đều đổi dấu, nếu sdd động cơ E lớn hơn giá trị trung bình của bộ biến đổi thì dòng điện vẫn chảy theo chiều cũ, động cơ làm

việc ở chế độ hãm tái sinh, dưới tác dụng của sdd động cơ mà các van tiristor sẽ dẫn dòng trong thời gian nửa chu kỳ âm của điện áp lưới. Góc pha của dòng điện xoay chiều trở nên lớn hơn $\frac{\pi}{2}$ bộ biến đổi làm việc ở chế độ nghịch lưu phụ thuộc, biến cơ năng của tải thành điện năng xoay chiều, cùng tần số lưới và trả về lưới điện.



Hình 3.8. Đặc tính cơ của hệ T - Đ

4. Truyền động tiristor động cơ một chiều (T - Đ) có đảo chiều quay

4.1. Khái niệm

Do chỉnh lưu tiristor dẫn dòng theo một chiều và chỉ điều khiển được khi mở, còn khoá theo điện áp lưới cho nên truyền động van thực hiện đảo chiều khó khăn và phức tạp hơn truyền động máy phát động cơ. Cấu trúc mạch lực

cũng như mạch điều khiển hệ truyền động T - Đ đảo chiều có yêu cầu an toàn cao và có logic điều khiển chặt chẽ.

Có hai nguyên tắc cơ bản để hệ truyền động T - Đ đảo chiều:

- Giữ nguyên chiều dòng phản ứng và đảo chiều dòng kích từ động cơ.
- Giữ nguyên chiều dòng kích từ và đảo chiều dòng phản ứng.

Về mạch điều khiển có hai loại chính: Điều khiển riêng và điều khiển chung.

4.2. Truyền động T - Đ đảo chiều điều khiển riêng

Khi điều khiển riêng hai bộ biến đổi làm việc riêng rẽ nhau, tại một thời điểm chỉ phát xung điều khiển vào một bộ biến đổi còn bộ kia bị khoá do không có xung điều khiển (ở điều khiển chung, tại một thời điểm cả hai bộ đều nhận được xung mở, nhưng chỉ một bộ làm việc còn bộ kia ở chế độ đợi).

Hệ có hai bộ biến đổi là BD_1 và BD_2 với các mạch phát xung điều khiển tương ứng là FX_1 và FX_2 , trật tự hoạt động của các bộ phát xung này được qui định bởi các tín hiệu logic b_1 và b_2 . Quá trình hãm và đảo chiều được mô tả bằng đồ thị thời gian trên hình 3.9. Trong khoảng thời gian từ $0 \div t_1$, BD_1 làm việc ở chế độ chỉnh lưu với góc $\alpha_1 < \frac{\pi}{2}$ còn BD_2 khoá. Tại t_1 phát lệnh đảo chiều bởi

i_{Ld} , góc điều khiển α_1 tăng đột biến lớn hơn $\frac{\pi}{2}$ dòng phản ứng giảm dần về không, lúc này cắt xung điều khiển để khoá BD_1 , thời điểm t_2 được xác định bởi cảm biến dòng điện không SI_1 . Trong khoảng thời gian trễ $\tau = t_3 - t_2$, BD_1 bị khoá hoàn toàn, dòng điện phản ứng bị triệt tiêu.

Tại t_3 sđđ động cơ E vẫn còn dương, tín hiệu logic b_2 kích cho FX_2 mở BD_2 với góc $\alpha_2 > \frac{\pi}{2}$ và sao cho dòng điện phản ứng không vượt quá giá trị cho phép,

động cơ được hãm tái sinh trong đoạn thời gian từ t_3 đến t_4 , nếu nhịp điệu giảm α_2 phù hợp với quán tính của hệ thì có thể duy trì dòng điện hãm và dòng điện khởi động ngược không đổi, điều này được thực hiện bởi các mạch vòng điều chỉnh tự động dòng điện của hệ thống. Từ thời điểm t_4 trở đi BD_2 làm việc ở chế độ chỉnh lưu, động cơ được khởi động theo chiều ngược lại. Trên sơ đồ của khối logic LOG, i_{Ld} , i_{L1} , i_{L2} là các tín hiệu logic đầu vào; b_1 , b_2 là các tín hiệu logic đầu ra để khoá các bộ phát xung điều khiển.

$i_{Ld} = 1$ — Phát xung điều khiển mở BD_1 ,

$i_{Ld} = 0$ — Phát xung điều khiển mở BD_2 ,

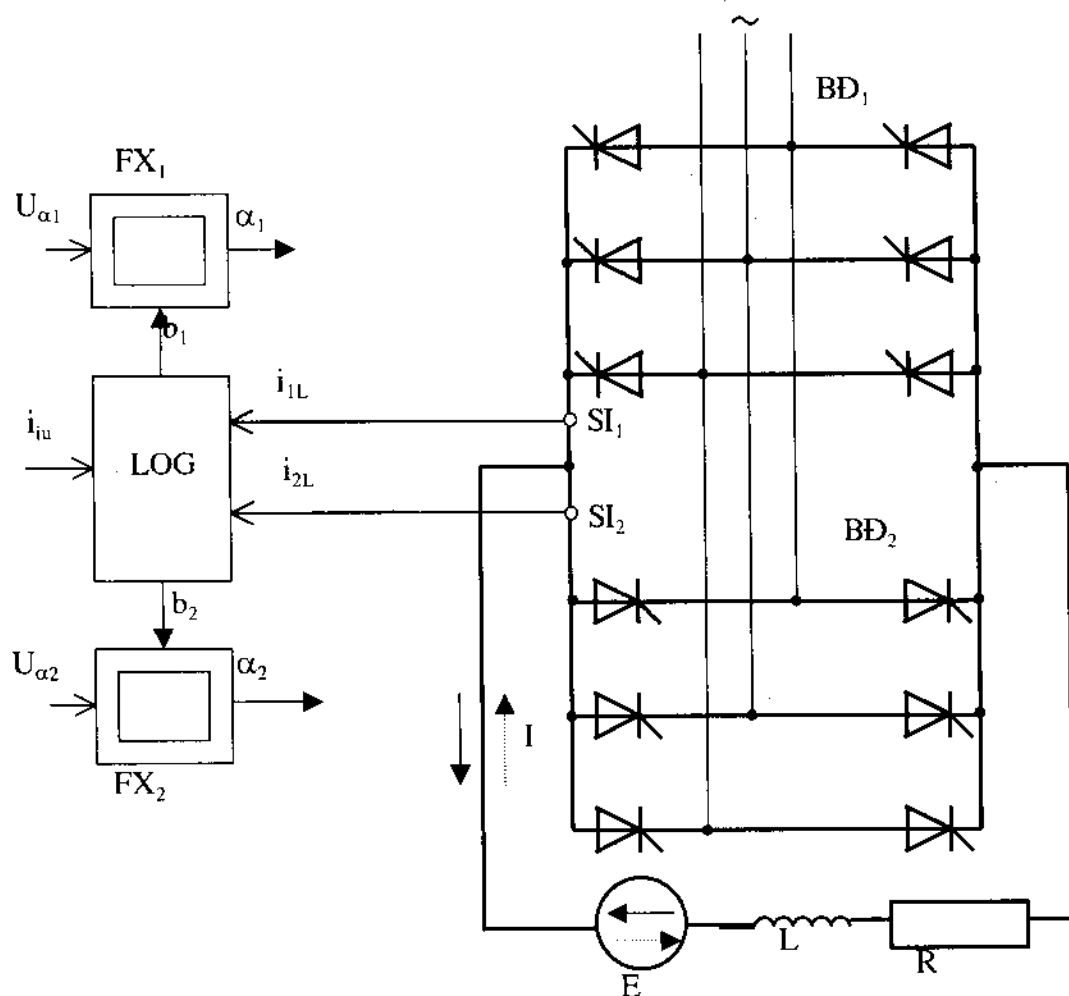
$i_{1L}(i_{2L}) = 1$ — Có dòng chảy qua BD_1 (BD_2),

b_1 (b_2) = 1 — Khoá bộ phát xung FX_1 (FX_2).

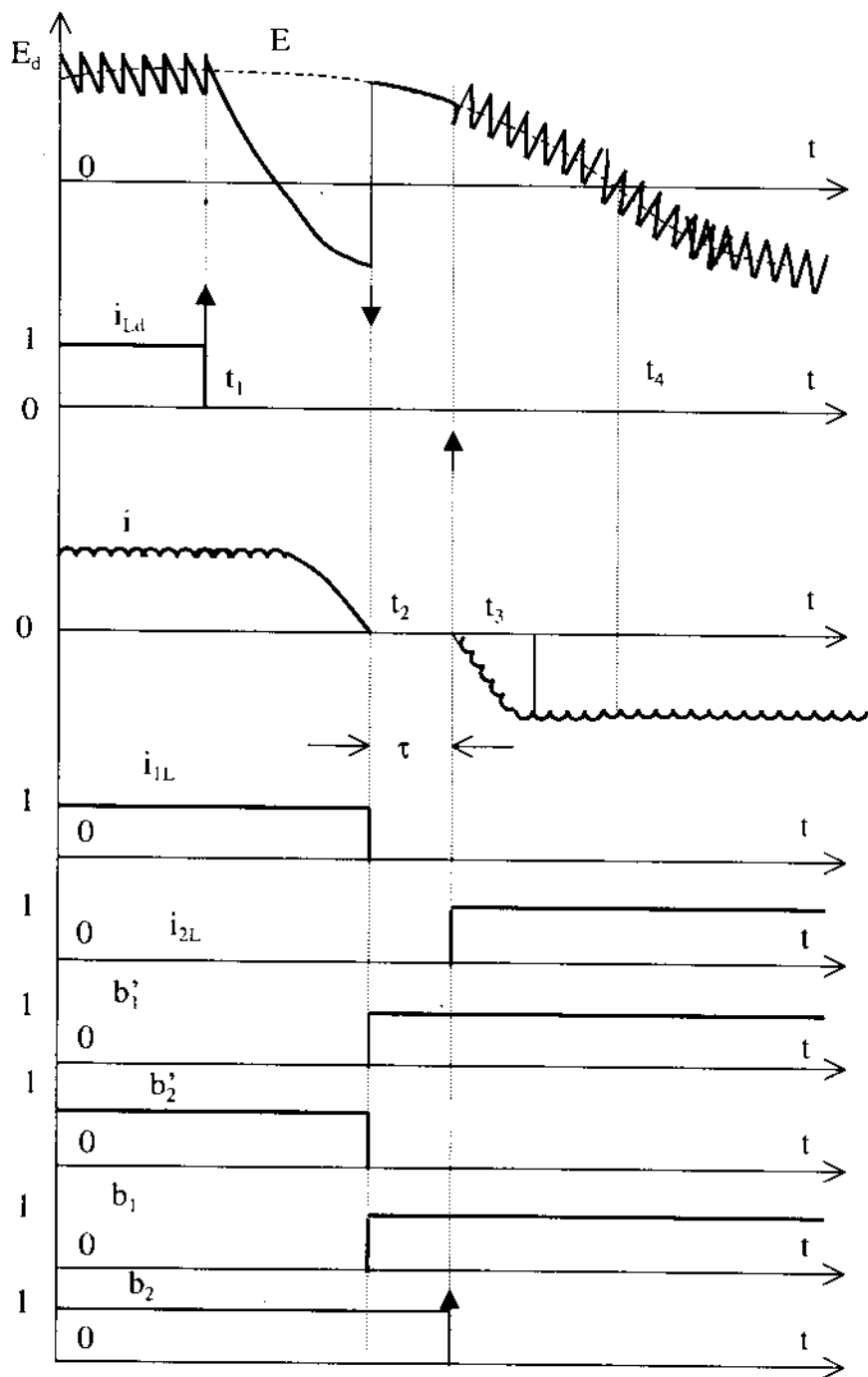
Trên hình 3.10 cho một ví dụ mạch logic điều khiển quá trình đảo chiều. Đồ thị thời gian của các tín hiệu mô tả trên hình 3.9b.

$$b_1 = \overline{i_{1d}} \cdot \overline{i_{1L}} + i_{2L}; \quad b_2 = \overline{i_{1d}} \cdot \overline{i_{2L}} + i_{1L}.$$

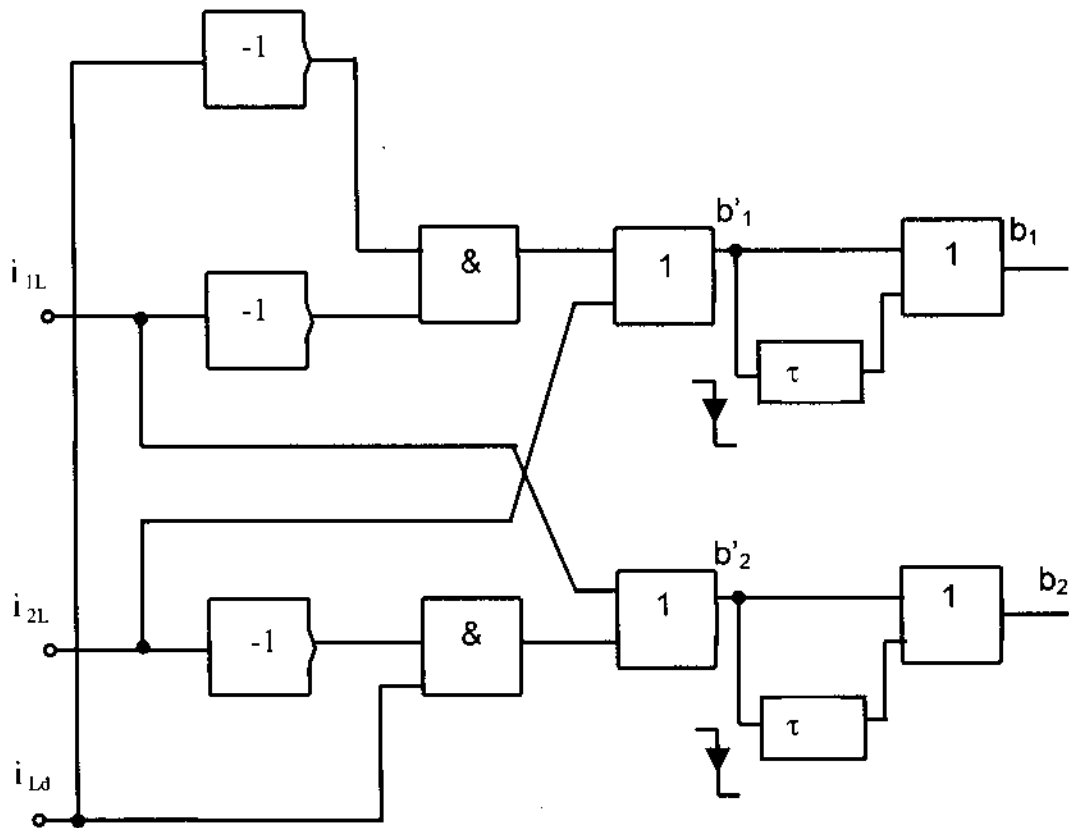
Khoảng thời gian trễ được đảm bảo bởi các mạch xung có độ rộng không đổi τ .



Hình 3.9a. Sơ đồ khối hệ truyền động đảo chiều.



Hình 3.9b. Đồ thị thời gian các tín hiệu điều khiển hệ (T - Đ)
đảo chiều điều khiển riêng.



Hình 3.10. Sơ đồ mạch logic LOG

4.3. Đặc điểm của hệ

Hệ truyền động van đảo chiều điều khiển riêng có ưu điểm là làm việc an toàn, không có dòng điện cân bằng chảy giữa các bộ biến đổi, song cần một khoảng thời gian trễ trong đó dòng điện động cơ bằng không.

4.4. Nhận xét chung

Ưu điểm nổi bật của hệ T - Đ là độ tác động nhanh cao, không gây ồn và dễ tự động hoá do các van bán dẫn có hệ số khuếch đại công suất rất cao. Nhược điểm chủ yếu của hệ T - Đ là do các van bán dẫn có tính phi tuyến, dạng điện áp chỉnh lưu có biên độ đập mạch cao, gây tổn thất phụ trong máy điện. Hệ số công suất $\cos\phi$ của hệ thấp.

IV. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

1. Khái niệm chung

Động cơ không đồng bộ ba pha (KĐB) được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp từ công suất nhỏ đến công suất trung bình và chiếm tỷ lệ rất lớn so với động cơ khác. Sở dĩ như vậy là do động cơ có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, vận hành an toàn, sử dụng nguồn cấp trực tiếp từ lưới điện xoay chiều ba pha. Tuy nhiên trước đây các hệ truyền động động cơ không đồng bộ có điều chỉnh tốc độ lại chiếm tỷ lệ rất nhỏ, đó là do việc điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB có khó khăn hơn động cơ một chiều. Trong thời gian gần đây, do phát triển công nghiệp chế tạo bán dẫn công suất và kỹ thuật điện tử tin học, động cơ KĐB mới được khai thác các ưu điểm của mình. Nó trở thành hệ truyền động cạnh tranh có hiệu quả với hệ truyền động tiristor - động cơ một chiều.

Trong công nghiệp thường sử dụng bốn hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB:

- a. Điều chỉnh điện áp cấp cho động cơ dùng bộ biến đổi tiristor;
- b. Điều chỉnh điện trở rôto bằng bộ biến đổi xung tiristor;
- c. Điều chỉnh công suất trượt P_s ;
- d. Điều chỉnh tần số nguồn cung cấp cho động cơ bằng các bộ biến đổi tần số tiristor hay tranzitor.

2. Điều chỉnh điện áp động cơ

Mômen động cơ không đồng bộ tỷ lệ với bình phương điện áp stato, do đó có thể điều chỉnh được mômen và tốc độ KĐB bằng cách điều chỉnh giá trị điện áp stato trong khi giữ nguyên tần số.

Để điều chỉnh điện áp KĐB phải dùng các bộ biến đổi điện áp xoay chiều (ĐAXC). Nếu coi ĐAXC là nguồn áp lý tưởng thì căn cứ vào biểu thức mômen tới hạn, có quan hệ sau:

$$\frac{M_{thU}}{M_{th}} = \left(\frac{U_b}{U_{dm}} \right)^2 \quad (3 - 15)$$

Nếu tốc độ quay của động cơ không đổi:

$$\frac{M_U}{M_{dm}} = \left(\frac{U_b}{U_{dm}} \right)^2 = \frac{M_U}{M_{gh}} \quad (3 - 16)$$

Trong đó:

U_{dm} - Điện áp định mức của động cơ,

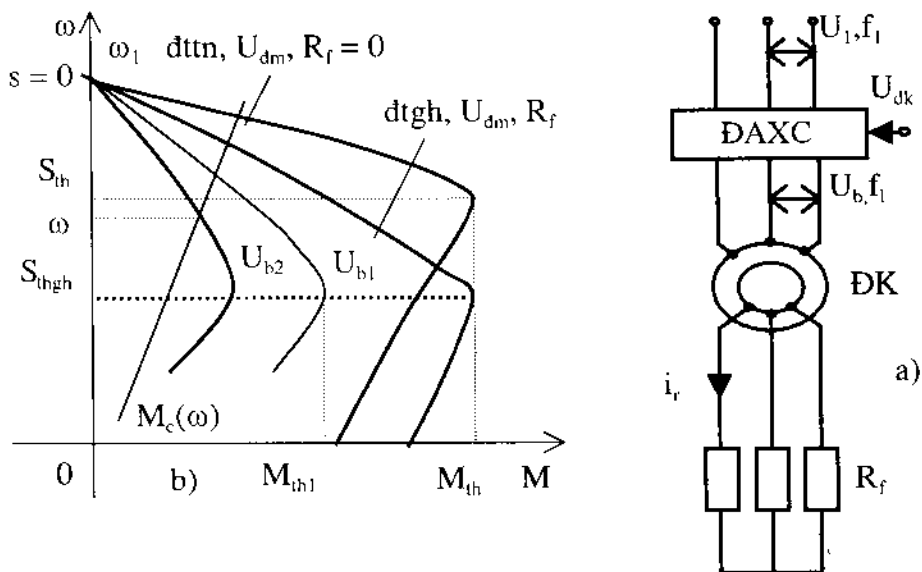
U_b - Điện áp đầu ra của ĐAXC,

M_{th} - Mômen tới hạn khi điện áp là định mức,

M_u - Mômen động cơ ứng với điện áp điều chỉnh,

M_{gh} - Mômen khi điện áp là định mức, điện trở phụ R_f .

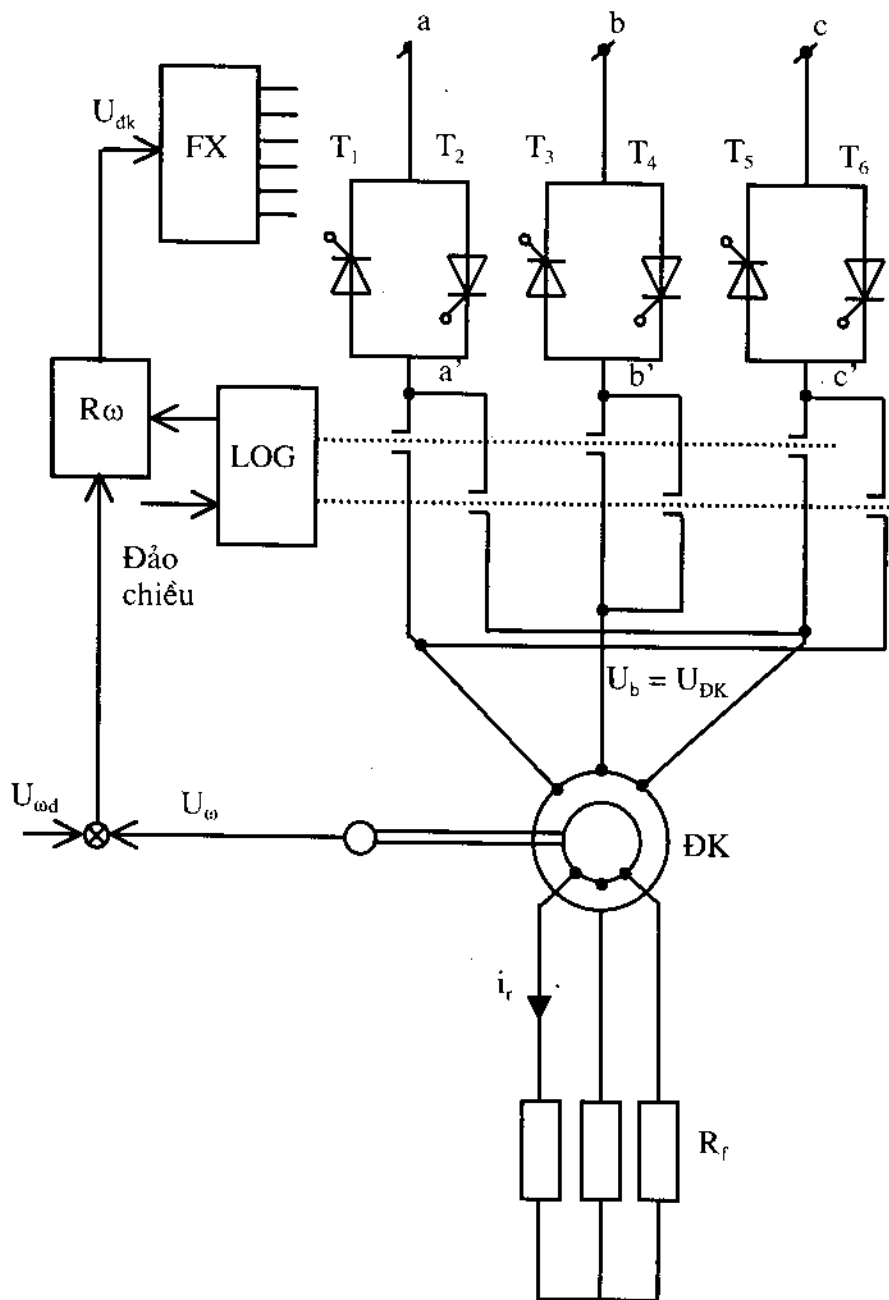
Vì giá trị độ trượt tới hạn s_{th} của đặc tính cơ tự nhiên là nhỏ, nên nói chung không áp dụng điều chỉnh điện áp cho động cơ rôto lồng sóc. Khi thực hiện điều chỉnh điện áp cho động cơ rôto dây quấn cần nối thêm điện trở phụ vào mạch rôto để mở rộng dải điều chỉnh tốc độ và mômen. Như thấy trên hình 3.11, tốc độ động cơ được điều chỉnh bằng cách giảm độ cứng đặc tính cơ, trong khi đó tốc độ không tải lý tưởng của mọi đặc tính đều như nhau và bằng tốc độ từ trường quay. Phương pháp điều chỉnh điện áp thích hợp với những truyền động như quạt gió, bơm ly tâm. Có thể dùng biến áp tự ngẫu, điện kháng, hoặc bộ biến đổi bán dẫn làm ĐAXC, trong đó bộ điều áp kiểu van bán dẫn là phổ biến hơn cả.



Hình 3.11. Điều chỉnh điện áp động cơ không đồng bộ.

a. Đồ khối nguyên lý; b. Đặc tính cơ điều chỉnh.

2.1. Sơ đồ cơ bản điều chỉnh điện áp động cơ KĐB dùng tiristor (hình 3.12)



Hình 3.12. Sơ đồ cơ bản mạch điều chỉnh điện áp động cơ không đồng bộ

2.2. Đồ thị điện áp pha khi góc mở van $\varphi < \alpha < \alpha_{gh}$

Do cách nối của các van bán dẫn nên để có dòng chạy qua động cơ thì tại một thời điểm phải có ít nhất hai van ở hai pha khác nhau cùng dẫn điện, tức là phải cùng một lúc đặt xung điều khiển lên hai van. Động cơ không đồng bộ có thể coi là phụ tải ba pha gồm điện trở và điện cảm nối tiếp nhau, trong đó điện trở rôto biến thiên theo tốc độ quay $R = R(s)$ và điện cảm phụ thuộc vào vị trí tương đối giữa dây quấn rôto và dây quấn stato, do đó góc pha giữa dòng điện và điện áp cũng biến thiên theo tốc độ quay $\varphi = \varphi(s)$.

Do tính chất tự nhiên của mạch điện có điện cảm nên nếu trong khoảng thời gian $\theta < \varphi$ mà đặt xung điều khiển vào các van bán dẫn thì các van này chỉ dẫn dòng từ thời điểm $\theta = \varphi$ trở đi và do đó dòng điện và điện áp động cơ không phụ thuộc vào góc điều khiển α . Như vậy chỉ có thể điều chỉnh được điện áp khi góc điều khiển $\alpha > \varphi$. (Để đơn giản ta xét điện áp trên pha a, hai pha còn lại tương tự)

Khi góc điều khiển $\alpha > \varphi$ thì tùy thuộc vào giá trị tức thời của các điện áp dây mà có lúc có ba van ở ba pha khác nhau dẫn dòng, điểm a' nối vào điểm a, điểm b' nối vào điểm b, điểm c' nối vào điểm c, điện áp tức thời trên tải chính là điện áp pha $u_{a'} = U_a$. Ở những đoạn chỉ có hai van dẫn dòng, điểm a' nối vào a, b' vào b, còn c' hở mạch, điện áp trên tải sẽ là một nửa điện áp dây tương ứng

$$u_{a'} = \frac{1}{2} u_{ab}.$$

Trên hình 3.13 mô tả đồ thị điện áp lưới u_a, u_b, u_c là các đường nét đứt và điện áp pha trên tải $u_{a'}$ là đường nét liền. Ở nửa dương của điện áp nguồn, khi đó T_2 phân cực thuận, trong khoảng thời gian từ $0 \div \varphi$, $u_{a'} = u_a$, từ $\varphi \div t_1$ do chưa có xung điều khiển nên T_2 khoá, không có dòng điện trong tải $u_{a'} = 0$. (hình 3.14a).

+ Tại t_1 phát xung điều khiển vào T_2 làm cho nó dẫn điện trong khoảng thời gian t_1 đến t_2 ta có T_2 dẫn, nối điểm a' với a, trong khi T_3 đang dẫn, nối b' với b và T_6 đang dẫn, nối c' với c, điện áp trên tải chính là điện áp pha $u_{a'} = u_a$ (hình 3.14b).

+ Từ t_2 đến t_3 do van T_2, T_3 vẫn dẫn dòng, van T_6 khoá nên điện áp trên tải bằng một nửa điện áp dây tương ứng $u_{a'} = \frac{1}{2} u_{ab}$ (hình 3.14c).

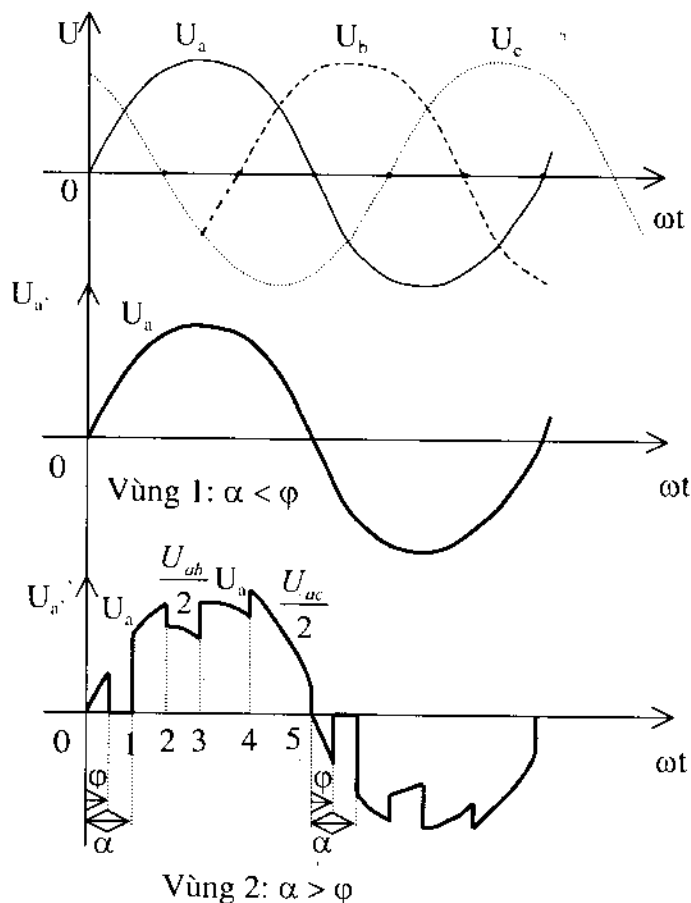
+ Từ t_3 đến t_4 do van T_5 được mở, các van T_2, T_3 vẫn dẫn dòng nên điểm c' được nối với c và ta có điện áp trên tải bằng điện áp pha $u_{a'} = u_a$ (hình 3.14d).

+ Từ t_4 đến t_5 điện áp pha b bắt đầu dương nên T_3 khoá chỉ còn hai van dẫn là T_2 và T_5 , điện áp trên tải bằng một nửa điện áp dây $u_{a'} = \frac{1}{2}u_{ac}$ (hình 3.14e).

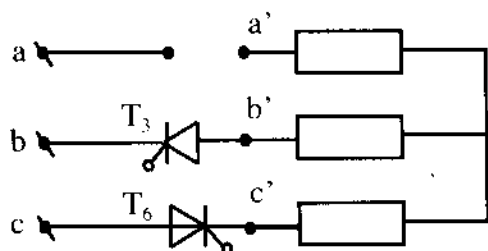
Ở nửa chu kỳ âm của điện áp nguồn pha a quá trình xảy ra tương tự với van T_1 , điện áp trên tải có hình dáng tương tự nhưng đổi dấu so với nửa chu kỳ dương.

Điện áp trên tải của các pha b, c cũng có hình dáng tương tự nhưng lệch đi một góc 120° .

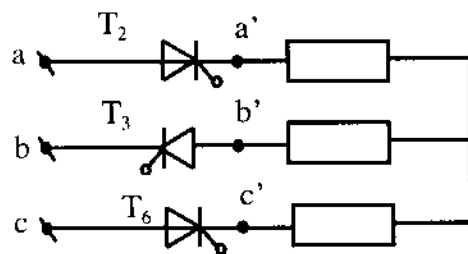
Khi ta điều chỉnh góc mở α của 6 van tiristor thì điện áp hiệu dụng trên các điện trở tải thay đổi và do đó làm thay đổi tốc độ động cơ.



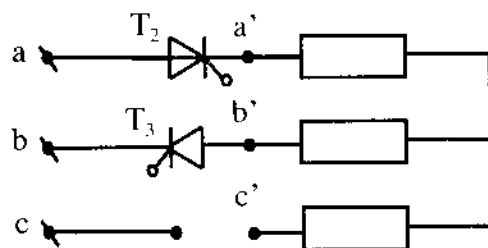
Hình 3.13. Đồ thị điện áp pha khi điều chỉnh góc mở van.



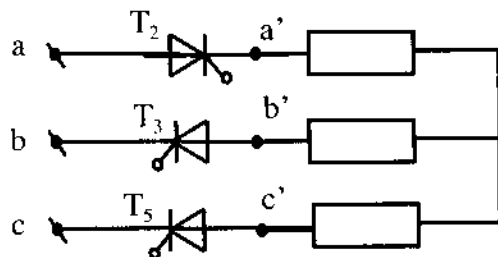
Hình 3.14a.



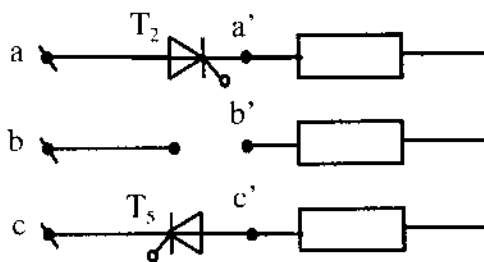
Hình 3.14b.



Hình 3.14c



Hình 3.14d.



Hình 3.14e.

2. Điều chỉnh điện trở mạch rôto

Như đã phân tích ở phần đặc tính cơ ĐCKĐB, có thể điều chỉnh được tốc độ ĐCKĐB bằng cách điều chỉnh điện trở mạch rôto, trong mục này khảo sát việc thực hiện điều chỉnh điện trở mạch rôto bằng các van bán dẫn, ưu thế của phương pháp này là dễ tự động hoá việc điều chỉnh. Điện trở trong mạch rôto động cơ không đồng bộ:

$$R_r = R_{rd} + R_f$$

Trong đó: R_{rd} - Điện trở dây quấn rôto

R_r - Điện trở ngoài mắc thêm vào mạch rôto.

Khi điều chỉnh giá trị điện trở mạch rôto thì mômen tới hạn của động cơ không thay đổi và độ trượt tới hạn tỷ lệ bậc nhất với điện trở. Nếu coi đoạn đặc tính làm việc của ĐCKDB, tức là đoạn có độ trượt từ $s = 0$ đến $s = s_{th}$ là thẳng thì khi điều chỉnh điện trở ta có thể viết:

$$s = s_t \frac{R_r}{R_{rd}}, \quad M = const \quad (3 - 17)$$

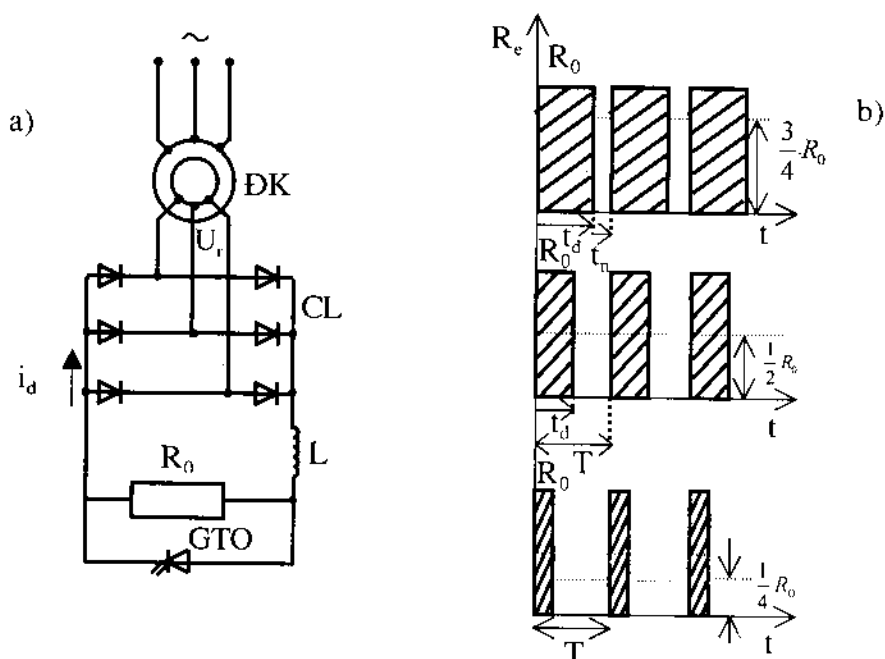
Ta lại có:

$$M = \frac{3I_r^2 R_r}{\omega_1 s}$$

Thay (3 - 17) ta được biểu thức tính mômen: $M = \frac{3I_r^2 R_{rd}}{\omega_1 s_t}$

Nếu giữ dòng điện rôto không đổi thì mômen cũng không đổi và không phụ thuộc vào tốc độ động cơ. Vì thế mà có thể ứng dụng phương pháp điều chỉnh truyền động mạch rôto cho truyền động có mômen tải không đổi.

2.1. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh xung điện trở rôto



Hình 3.15. Điều chỉnh xung trở rôto
a) Sơ đồ nguyên lý; b) Phương pháp điều chỉnh.

2.2. Nguyên lý làm việc của mạch

Điện áp u_r được chỉnh lưu bởi cầu diốt CL, qua điện kháng lọc L được cấp vào mạch điều chỉnh gồm điện trở R_0 nối song song với khoá bán dẫn GTO. Khoá GTO sẽ được đóng, ngắt một cách chu kỳ để điều chỉnh giá trị trung bình của điện trở toàn mạch.

Khi khoá GTO đóng, điện trở R_0 bị loại ra khỏi mạch, dòng điện rôto tăng lên, khi khoá GTO ngắt, điện trở R_0 lại được đưa vào mạch, dòng điện rôto giảm. Với tần suất đóng ngắt nhất định, nhờ có điện cảm L mà dòng điện rôto coi như không đổi và ta có một giá trị điện trở tương đương R_e trong mạch. Thời gian ngắt $t_n = T - t_d$ (hình 3.15b), nếu điều chỉnh tần tỷ số giữa thời gian đóng t_d và thời gian ngắt t_n ta điều chỉnh được giá trị điện trở trong mạch rôto.

$$R_e = R_0 \frac{t_d}{t_d + t_n} = R_0 \frac{t_d}{T} = R_0 \rho \quad (3 - 18)$$

(t_d là thời gian đóng điện trở R_0 vào mạch cũng là thời gian ngắt của khoá GTO. Còn t_n là thời gian ngắt điện trở R_0 ra khỏi mạch và cũng là thời gian dẫn dòng của khoá GTO).

Điện trở tương đương R_e trong mạch một chiều được tính đối về mạch xoay chiều ba pha ở rôto theo qui tắc bảo toàn công suất.

Tổn hao trong mạch rôto nối theo sơ đồ H.3.15a là:

$$\Delta P = I_d^2 (2R_{rd} + R_e), \quad (3 - 19)$$

Và tổn hao khi mạch rôto nối theo sơ đồ hình 3.11. là:

$$\Delta P = 3I_r^2 (R_{rd} + R_f).$$

Cơ sở để tính đối là tổn hao công suất như nhau, nên:

$$3I_r^2 (R_{rd} + R_f) = I_d^2 (2R_{rd} + R_e),$$

Với sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha thì $I_d^2 = 1,5I_r^2$ nên:

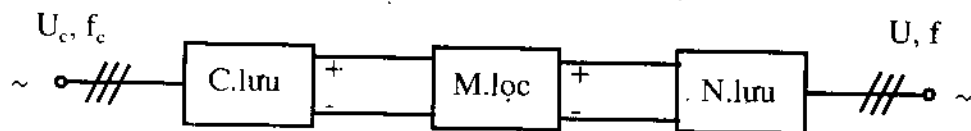
$$R_f = \frac{1}{2} R_e = \rho \frac{R_0}{2} \quad (3 - 20)$$

3. Điều chỉnh tần số đưa vào động cơ (biến tần)

3.1. Khái niệm

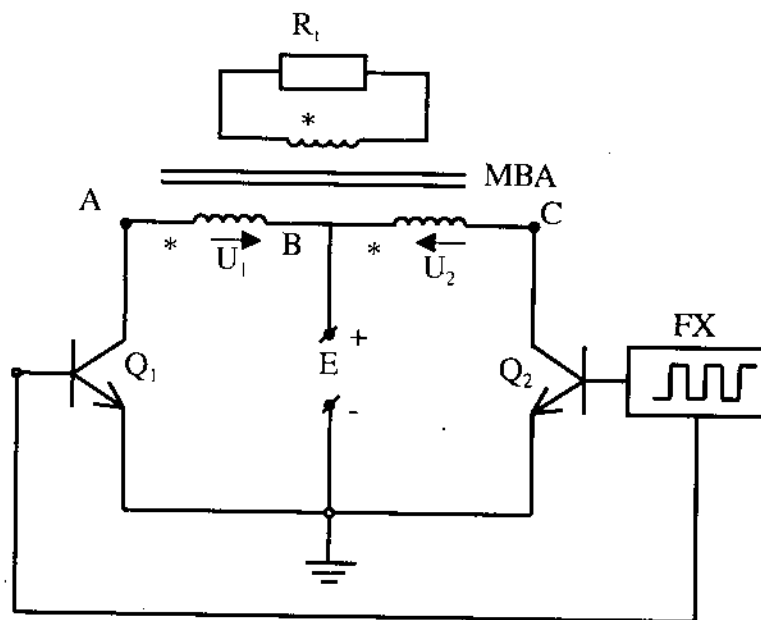
Biến tần là thiết bị bán dẫn biến đổi nguồn điện lưới xoay chiều có điện áp và tần số không đổi thành nguồn điện ba pha hoặc một pha có tần số và điện áp điều chỉnh được. Trước tiên nguồn điện lấy từ lưới xoay chiều được chỉnh lưu thành nguồn điện một chiều. Nguồn chỉnh lưu một chiều này có thể dùng diốt

hoặc tiristor và được lọc bởi tụ điện và điện cảm san bằng, sau đó ta được điện áp một chiều bằng phẳng. Một mạch điện bao gồm các van bán dẫn gọi là mạch nghịch lưu sẽ biến điện áp một chiều này thành điện áp xoay chiều một pha hoặc ba pha. Ở đây chúng ta chỉ tìm hiểu mạch nghịch lưu.



3.2. Nghịch lưu một pha dùng biến áp cách ly

3.2.1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 3. 16. Nghịch lưu kiểu đẩy kéo.

3.2.2. Nguyên lý làm việc

Sơ đồ bao gồm biến áp một pha có điểm giữa ở cuộn sơ cấp, hai tranzitor làm việc ở chế độ khoá / bão hoà (cắt / đóng) nối đối xứng nhau, nguồn điện áp một chiều E, mạch phát xung điều khiển các tranzitor.

Từ sơ đồ nguyên lý thấy rằng các van Q_1 , Q_2 không thể dẫn đồng thời, khi Q_1 dẫn thì Q_2 khoá và ngược lại. Khi máy phát xung FX điều khiển cho Q_1 bão hoà thì nửa cuộn dây sơ cấp bên trái được nối vào nguồn E do điểm a được nối với cực âm của nguồn:

$$U_B - U_A = U_1 = U_E$$

Điện áp này cảm ứng sang cuộn dây thứ cấp của máy biến áp tạo một điện áp có cực dương ở bên phải và cực âm ở bên trái R_1 .

Ở nửa sau của chu kỳ xung FX ta cắt xung điều khiển Q_1 nên Q_1 khoá và đặt xung điều khiển (dương) vào bazơ của Q_2 , Q_2 bão hoà, nửa bên phải của cuộn dây sơ cấp được nối vào nguồn E do điểm C được nối với cực âm của nguồn:

$$U_B - U_C = U_2 = E$$

Điện áp này cảm ứng sang cuộn dây thứ cấp của máy biến áp tạo một điện áp có cực dương ở bên trái và cực âm ở bên phải điện trở R_1 .

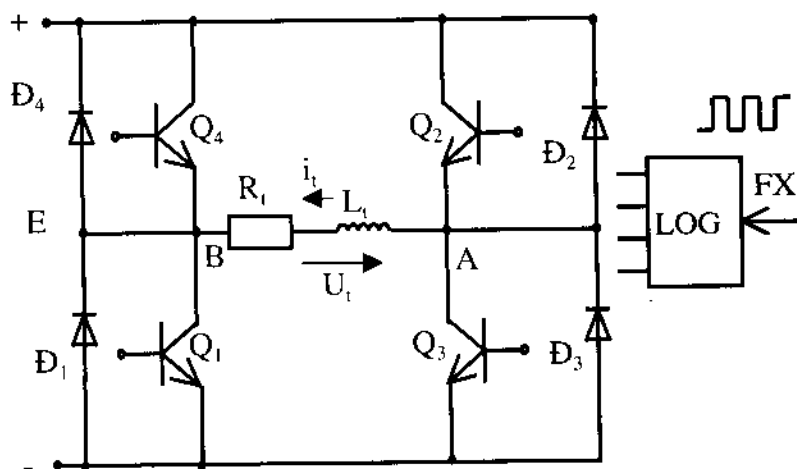
Nếu việc điều khiển như trên được lặp lại một cách có chu kỳ thì ta biến nguồn điện một chiều E thành nguồn điện xoay chiều trên tải mà tần số phụ thuộc vào tần số của máy phát xung FX. Các điện áp U_1 , U_2 có hình dáng là các xung chữ nhật.

Việc truyền các xung chữ nhật tần số thấp qua máy biến áp là không thuận lợi vì máy biến áp làm việc trên nguyên tắc biến thiên của từ thông trong lõi.

Vì thế sơ đồ trên chỉ phù hợp với các nguồn có tần số nghịch lưu đủ cao và do đó nghịch lưu đẩy kéo hay dùng trong các thiết bị biến đổi nguồn làm nguồn nuôi cho các mạch điện tử tự động.

3.3. Nghịch lưu một pha kiểu cầu

3.3.1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 3.17. Sơ đồ nguyên lý nghịch lưu một pha kiểu cầu

3.3.2. Nguyên lý làm việc

Trên hình 3.17 là sơ đồ nghịch lưu một pha kiểu cầu dùng bốn khoá chuyển mạch Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 và bốn diốt song song ngược để thoát năng lượng phản kháng khi tải có điện cảm $\mathcal{D}_1, \mathcal{D}_2, \mathcal{D}_3, \mathcal{D}_4$, các diốt này dùng để chống quá áp cho các khoá Q khi chuyển mạch dòng điện nghịch lưu. Các khoá Q làm việc ở chế độ đóng / cắt.

Do việc lần lượt đóng / cắt các cặp tranzitor chéo nhau một cách chu kỳ ta tạo được dòng điện (điện áp) xoay chiều trên tải, mỗi cặp tranzitor dẫn dòng trong khoảng thời gian một nửa chu kỳ của xung điều khiển thông qua mạch logic chia xung LOG.

Tại thời điểm t_1 điểm A của tải được nối vào cực dương và điểm B nối vào cực âm của nguồn, $U_i = e$, tuy Q_1, Q_2 đã có thể dương trên bazơ, song chúng chưa dẫn dòng ngay vì trước đó các van $\mathcal{D}_1, \mathcal{D}_2$ đang dẫn dòng do ta cắt xung vào bazơ Q_3, Q_4 dòng qua $\mathcal{D}_1, \mathcal{D}_2$ là do sức điện động phản kháng e trên điện cảm L_i sinh ra. Đến thời điểm t_2 thì $\mathcal{D}_1$ và $\mathcal{D}_2$ khoá do sđđ tự cảm e bắt đầu nhỏ hơn giá trị của nguồn một chiều E , lúc này Q_1 và Q_2 được phân cực thuận nên chúng được dẫn dòng, dòng điện chảy từ nguồn $E^+ - Q_2 \rightarrow$ tải $\rightarrow Q_1 - E^-$.

Do tính chất cảm kháng của tải mà dòng điện tăng dần theo qui luật hàm mũ. Tại t_3 cắt xung điều khiển khỏi Q_1 và Q_2 nên chúng khoá ngay. Lúc này cũng xuất hiện xung dương đặt lên bazơ Q_3, Q_4 điểm A được nối với âm nguồn, điểm B được nối với dương nguồn, $U_i = -E$. Do sđđ tự cảm mà dòng điện chảy theo chiều cũ: $A \rightarrow$ tải $\rightarrow B - \mathcal{D}_4 - \mathcal{D}_3 \rightarrow A$, tạo một dòng điện chảy ngược về nguồn. Tại t_4 sđđ tự cảm nhỏ hơn E nên dòng điện ngược trở nên bằng không, các van Q_3, Q_4 dẫn, tạo ra dòng điện ngược chiều với dòng điện ban đầu và chảy theo mạch $E^+ - Q_4 \rightarrow$ tải $\rightarrow Q_3 - E^-$. Tại t_5 do cắt xung điều khiển khỏi Q_3, Q_4 nên chúng khoá ngay, đồng thời đặt xung điều khiển lên Q_1, Q_2 nên $U_i = E$. Dòng điện vẫn chảy theo chiều cũ do sđđ tự cảm của tải lớn hơn E ; $B \rightarrow$ tải $\rightarrow A - \mathcal{D}_2 \rightarrow E - \mathcal{D}_1 \rightarrow B$, bắt đầu một chu kỳ mới. Ta nhận thấy rằng do tải có điện cảm mà dòng điện chậm sau điện áp một góc φ , độ lớn của góc này tùy thuộc vào tương quan giữa tổng trở của tải

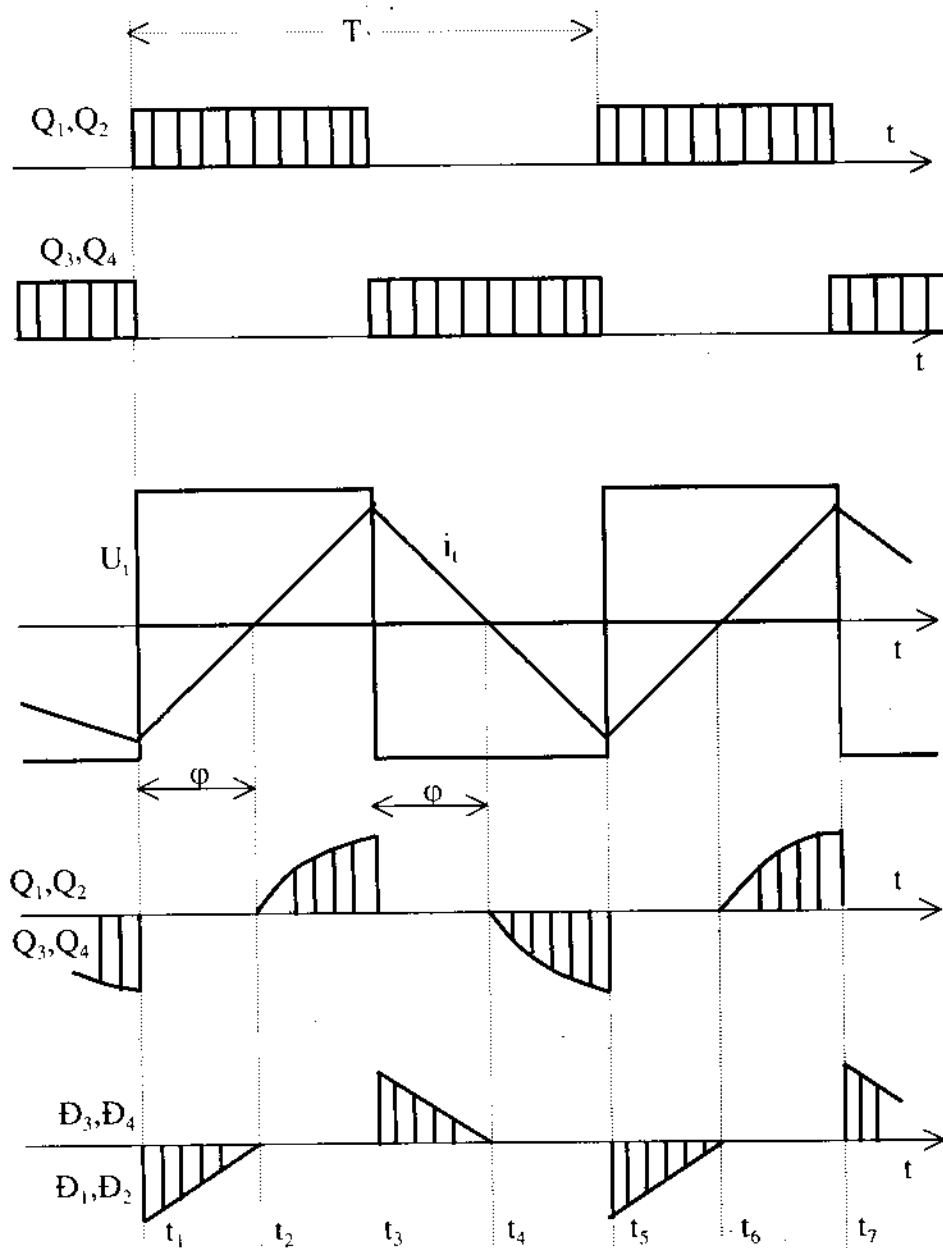
$$\varphi = \arctg \frac{\omega L_i}{R_i}$$

Trong đó ω là tần số góc của xung điều khiển FX.

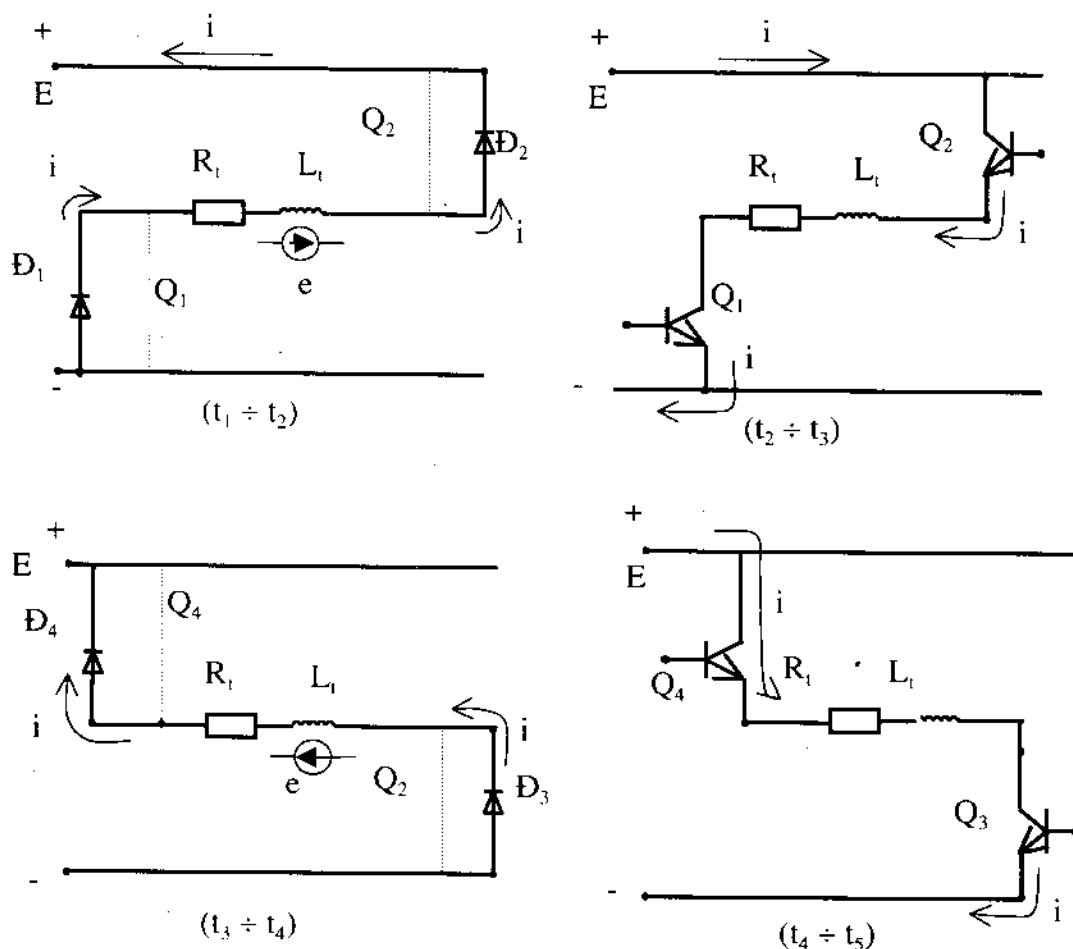
Để điều chỉnh tần số dòng điện và điện áp qua tải ta chỉ cần điều khiển tần số phát xung FX, tức là điều khiển thời gian của chu kỳ T .

$$f = \frac{1}{T}$$

Đồ thị dòng điện và điện áp được trình bày trên hình 3.18.



Hình 3.18. Đồ thị điện áp và dòng điện



Hình 3. 19. Chuyển mạch dòng điện trong nghịch lưu cầu một pha

3.4. Điều chỉnh tần số điện áp

3.4.1. Luật điều chỉnh tần số điện áp

Khi điều chỉnh tần số thì trở kháng, từ thông, dòng điện v.v... của động cơ thay đổi, để đảm bảo một số chỉ tiêu điều chỉnh mà không làm động cơ bị quá dòng thì cần phải điều chỉnh cả điện áp. Đối với hệ thống biến tần nguồn áp thường có yêu cầu giữ cho khả năng quá tải về mômen là không đổi trong suốt dải điều chỉnh tốc độ. Mômen cực đại mà động cơ sinh ra được chính là mômen tới hạn M_{th} , khả năng quá tải về mômen được qui định bằng hệ số quá tải

$$\lambda_M = \frac{M_{th}}{M_c}.$$

Nếu bỏ qua điện trở dây quấn stato $R_1 = 0$ thì :

$$M_{th} = K \left(\frac{U}{\omega_1} \right)^2$$

Đặc tính cơ gần đúng của các máy sản xuất có thể viết như sau:

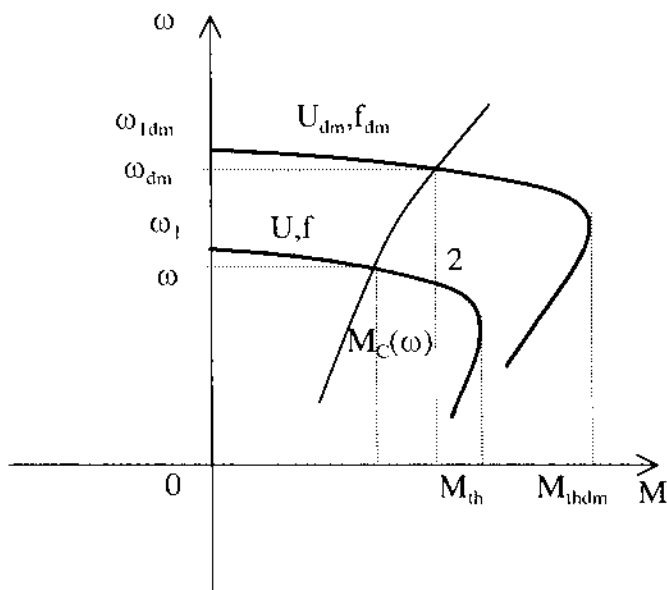
$$M_c = M_{dm} \left(\frac{\omega_1}{\omega_{1dm}} \right)^x$$

Từ điều kiện không đổi về khả năng quá tải ta có:

$$\frac{M_{th}}{M_c} = \frac{M_{thdm}}{M_{dm}} \Rightarrow \frac{M_{th}}{M_{thdm}} = \frac{M_c}{M_{dm}}$$

Và rút ra được:

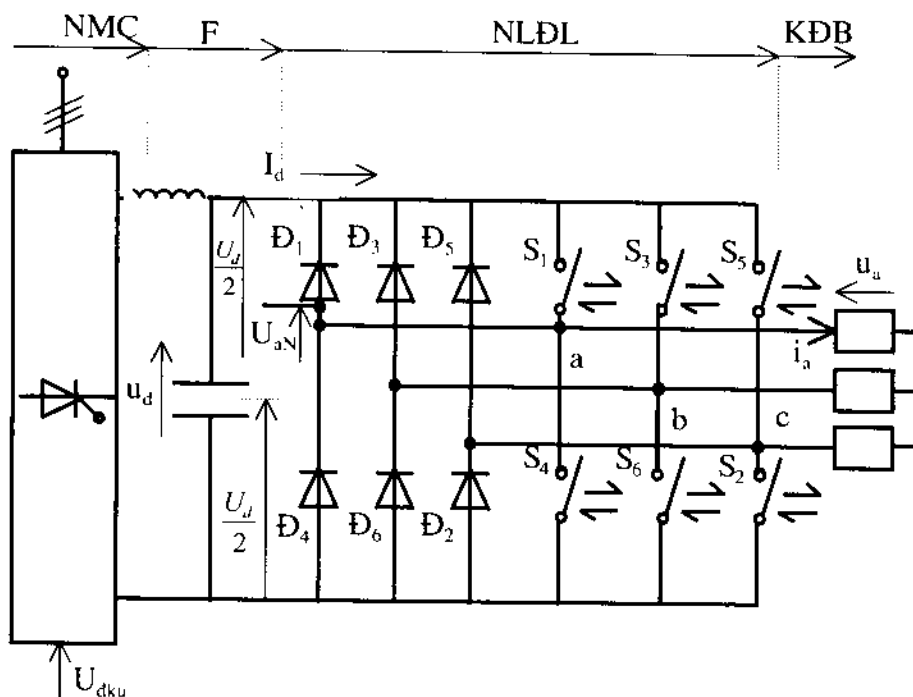
$$\frac{U}{U_{dm}} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_{1dm}} \right)^{1+\frac{x}{2}} = \left(\frac{f}{f_{dm}} \right)^{1+\frac{x}{2}}$$



Hình 3.20. Xác định khả năng quá tải về mômen

3.4.2. Bộ biến tần nguồn áp

* Sơ đồ nguyên lý: Trên hình 3.21.



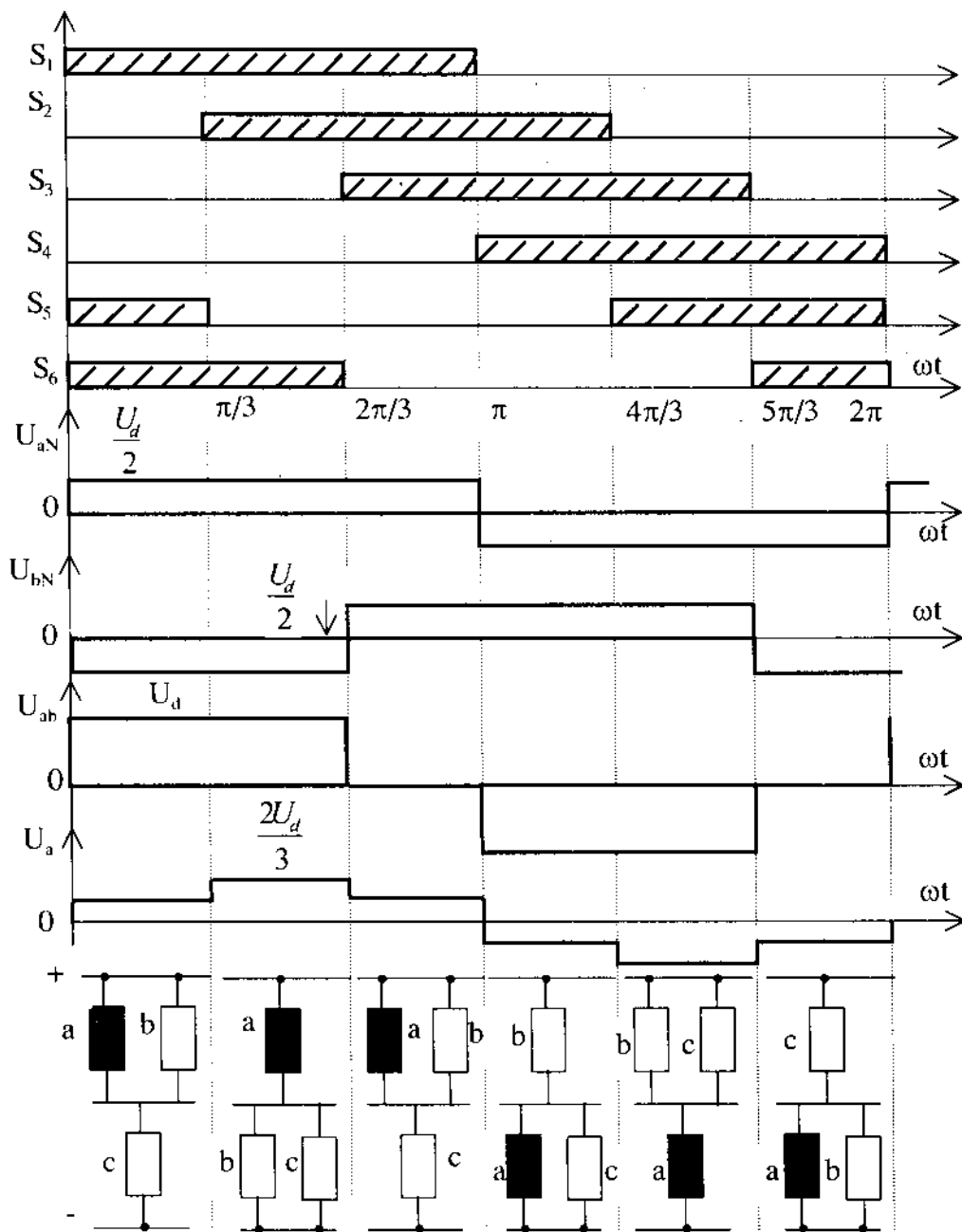
Hình 3.21. Sơ đồ nguyên lý biến tần nguồn áp

** Nguyên lý tạo điện áp xoay chiều ba pha*

Sơ đồ nguyên lý mạch lực bộ biến tần nguồn áp trên hình 3.21 bao gồm bốn khối chức năng chính: Nguồn điện một chiều NMC, mạch lọc F, nghịch lưu độc lập nguồn áp NLĐL và động cơ không đồng bộ KĐB. Nguồn một chiều và mạch lọc tạo ra điện áp một chiều có giá trị điều chỉnh được, nghịch lưu gồm sáu khoá bán dẫn $S_1, \dots, S_6$ và cần sáu van không điều khiển $\Delta_1, \dots, \Delta_6$. Các khoá nghịch lưu được đóng cắt theo thứ tự nhất định (hình 3.22a) tạo thành điện áp xoay chiều ba pha đặt lên động cơ chấp hành, góc dẫn của các khoá là 180° , thời điểm các khoá S_1, S_3, S_5 và S_2, S_4, S_6 bắt đầu dẫn lệch nhau 120° , do đó điện áp ra của nghịch lưu cũng lệch nhau về thời gian là 120° . Điện áp dây của nghịch lưu có dạng xung chữ nhật với độ rộng là 120° và sóng điều hoà cơ bản có giá trị biên độ là:

$$U_{abm}^1 = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} u_d = 1,103 u_d. \text{ Và có giá trị hiệu dụng là:}$$

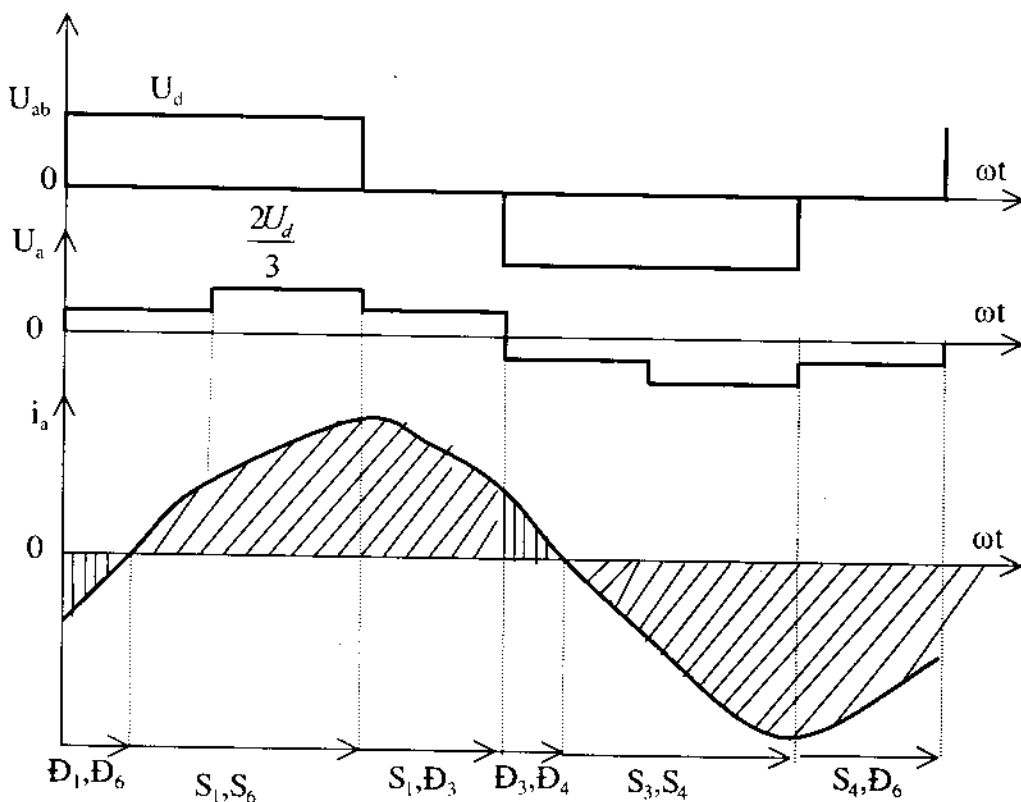
$$U_{ab}^1 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} u_d = 0,78 u_d$$



Hình 3.22. Nguyên lý tạo điện áp xoay chiều ba pha.

Đồ thị điện áp pha của động cơ có dạng bậc thang, tại thời điểm các khoá chuyển mạch thì điện áp có đột biến nhảy cấp, giá trị từng cấp được xác định

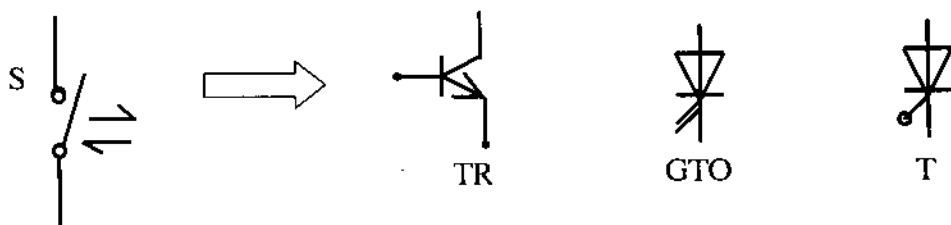
như trên hình 3. 23. Dòng điện của động cơ có dạng xoay chiều không điều hoà (H 3. 23).



Hình 3.23. Đồ thị dòng điện và khoảng dẫn của các van

Như vậy thành phần sóng hài bậc cao chiếm 22% tổng giá trị hiệu dụng, các sóng này gây tổn thất mômen, làm tăng tổn thất sắt từ. Để giảm các sóng điều hoà bậc cao này người ta thường dùng phương pháp điều chế độ rộng xung. Kỹ thuật điều chế độ rộng xung với tần số điều chế khác nhau được ứng dụng ở tất cả các biến tần nguồn áp hiện nay.

Các khoá S là các khoá bán dẫn, ở các truyền động công suất nhỏ thường dùng các tranzitor, ở các truyền động công suất lớn thường dùng các van tiristor, lúc này việc khoá ngắt các van được thực hiện bởi các mạch đặc biệt như dùng tụ điện và các van tiristor phụ v.v. Thời gian gần đây sử dụng các van tiristor đặc biệt là các van khoá được bằng xung điều khiển (GTO)



Câu hỏi ôn tập

1. Định nghĩa điều chỉnh tốc độ truyền động điện.
2. Những chỉ tiêu điều chỉnh tốc độ, chỉ tiêu nào quan trọng nhất?
3. Có mấy phương án điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều?
4. Vẽ sơ đồ nguyên lý hệ thống máy phát - động cơ (F - Đ). Nêu nhiệm vụ các thiết bị.
5. Nêu các chế độ làm việc của hệ thống máy phát - động cơ. Vẽ đặc tính cơ. Vẽ đặc tính cơ chuyển đổi trạng thái của hệ thống F - Đ với tải là mômen phản kháng. Giải thích đặc tính.
6. Sơ đồ nối dây và sơ đồ thay thế của chỉnh lưu tia ba pha. Giải thích sơ đồ.
7. Vẽ đồ thị thời gian dòng điện và điện áp của chỉnh lưu hình tia ba pha. Viết biểu thức tính số chỉnh lưu và dòng điện chỉnh lưu.
8. Vẽ đồ thị dòng điện và điện áp của hiện tượng chuyển mạch giữa các van tiristor.
9. Vẽ đồ thị đặc tính cơ của hệ T - Đ. Giải thích các đặc tính.
10. Vẽ sơ đồ khối truyền động T - Đ đảo chiều điều khiển riêng, giải thích nhiệm vụ các thiết bị.
11. Vẽ đồ thị thời gian các tín hiệu điều khiển hệ T - Đ đảo chiều điều khiển riêng. Giải thích đồ thị.
12. Ưu nhược điểm của hệ T - Đ. So sánh với hệ F - Đ.
13. Vẽ sơ đồ cơ bản mạch điện điều chỉnh điện áp động cơ không đồng bộ dùng tiristor. Giải thích nhiệm vụ các thiết bị.
14. Vẽ đồ thị điện áp pha khi góc mở van $\alpha < \varphi$ và $\alpha > \varphi$. Khi thay đổi góc mở van sẽ thay đổi được đại lượng gì của mạch? Muốn thay đổi góc mở van ta phải làm thế nào?
15. Vẽ sơ đồ nguyên lý mạch điện điều chỉnh điện trở mạch rôto dùng tiristor. Nêu nguyên lý làm việc của mạch, viết biểu thức điện trở.
16. Vẽ sơ đồ khối của thiết bị biến tần. Nêu tác dụng của thiết bị.
17. Vẽ sơ đồ nguyên lý mạch nghịch lưu đẩy kéo, nêu nguyên lý làm việc của mạch.
18. Vẽ sơ đồ nguyên lý mạch nghịch lưu một pha kiểu cầu, nêu nguyên lý làm việc của mạch, vẽ đồ thị điện áp và dòng điện của mạch.
19. Nêu luật điều chỉnh tần số điện áp. Vẽ sơ đồ nguyên lý biến tần nguồn áp.
20. Vẽ sơ đồ nguyên lý tạo điện áp xoay chiều ba pha. Nêu kết luận về điện áp và dòng điện của thiết bị biến tần.

Chương 4

TÍNH, CHỌN HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Mục tiêu:

Hiểu và chọn được hệ truyền động điện đơn giản (chủ yếu là chọn động cơ điện).

Trọng tâm:

- + Phân biệt được các mạch điện trên một hệ truyền động điện.
- + Chọn được động cơ điện khi có đồ thị phụ tải tính và kiểm nghiệm động cơ. (Phần thực hành tính chọn được thực hiện ở giáo trình đồ án trang bị điện)

I. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

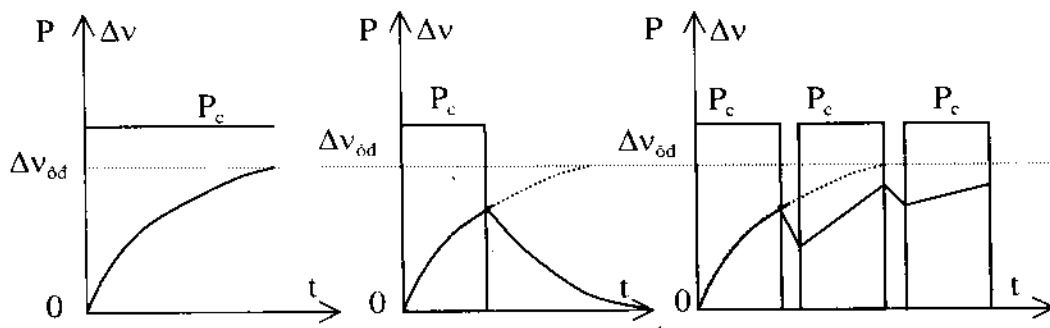
Nội dung cơ bản của tính chọn hệ truyền động điện bao gồm:

- Xác định công suất động cơ truyền động;
- Chọn động cơ và loại truyền động;
- Tính chọn thiết bị mạch lực: Bộ biến đổi, các thiết bị đóng cắt;
- Tính chọn mạch điều khiển ;
- Tính chọn thiết bị và mạch bảo vệ, đo lường, tín hiệu hoá..

Trong mục này chúng ta chỉ nghiên cứu chủ yếu vào việc tính chọn động cơ điện khi đã có đồ thị phụ tải tính.

II. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Căn cứ vào đặc tính phát nóng và nguội lạnh của máy điện, người ta chia chế độ làm việc của truyền động điện thành ba loại: Dài hạn, ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại (xem trên hình 4.1).



Hình 4.1. Phân loại các chế độ làm việc của truyền động điện

a) Dài hạn; b) Ngắn hạn; c) Ngắn hạn lặp lại.

1. Chế độ dài hạn

Do phụ tải duy trì trong thời gian dài cho nên nhiệt độ của động cơ đủ thời gian đạt tới trị số ổn định.

2. Chế độ ngắn hạn

Do phụ tải duy trì trong thời gian ngắn, thời gian nghỉ dài, cho nên nhiệt độ động cơ chưa kịp đạt tới giá trị ổn định và nhiệt độ động cơ sẽ giảm về giá trị ban đầu.

3. Chế độ ngắn hạn lặp lại

Phụ tải có tính chất chu kỳ, thời gian làm việc và nghỉ xen kẽ nhau. Nhiệt độ động cơ chưa tăng đến trị số ổn định thì được giảm do mất tải; nhiệt độ động cơ suy giảm chưa về trị số ban đầu thì lại tăng lên do có tải.

Do vậy người ta đưa khái niệm thời gian đóng điện tương đối:

$$\varepsilon\% = \frac{t_{lv}}{t_{ck}} 100\% \quad (4 - 1)$$

Trong đó: t_{lv} - Thời gian làm việc có tải

$T = t_{ck} = t_{lv} + t_n$ là thời gian của một chu kỳ.

III. CHỌN CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ CHO NHỮNG TRUYỀN ĐỘNG KHÔNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ

Để chọn công suất động cơ, ta cần phải biết đồ thị phụ tải $M_c(t)$ và $P_c(t)$ đã qui đổi về trục động cơ và giá trị tốc độ yêu cầu.

Từ biểu đồ phụ tải, ta tính chọn sơ bộ động cơ theo công suất; tra ở sổ tay tra cứu ta có đầy đủ các tham số của động cơ. Từ đó xây dựng đồ thị phụ tải chính xác (Trong các chế độ tĩnh, khởi động và hãm).

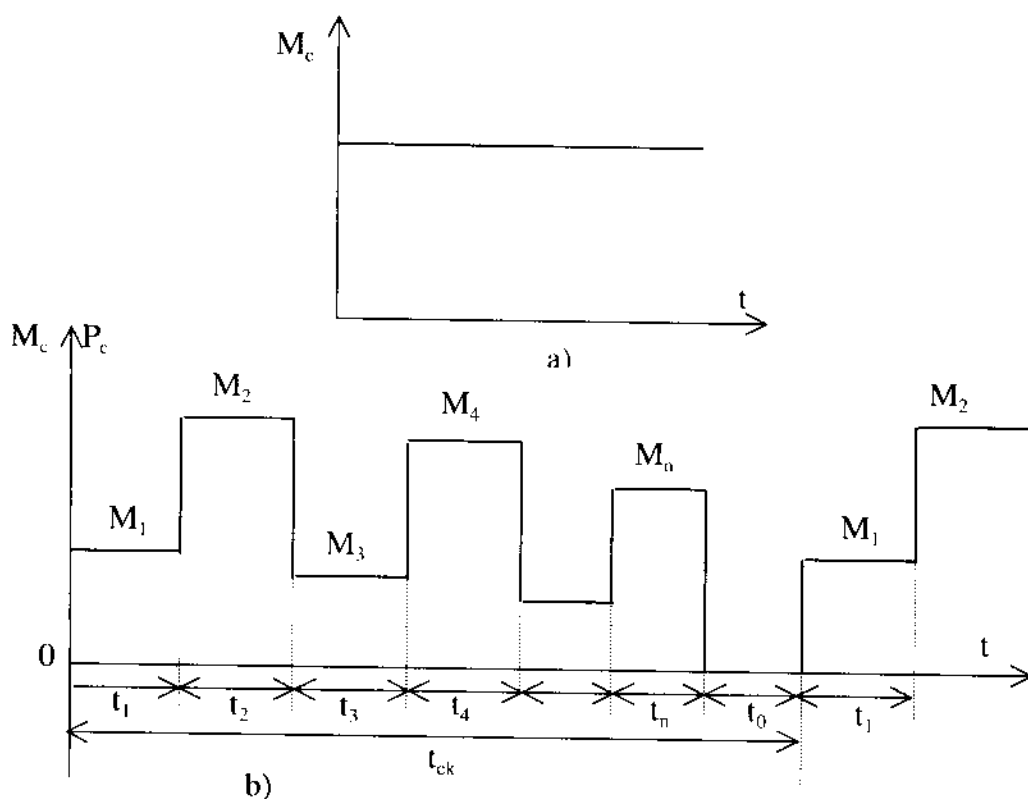
Dựa vào đồ thị chính xác, tiến hành kiểm nghiệm động cơ.

1. Chọn công suất động cơ dài hạn

Đối với phụ tải dài hạn có loại không đổi (hình 4.2a) và loại biến đổi (hình 4.2b).

1.1. Phụ tải dài hạn không đổi

Động cơ cần chọn phải có công suất định mức $P_{dm} \geq P_c$ và ω_{dm} phù hợp với tốc độ yêu cầu. Thông thường $P_{dm} = (1 \div 1,3) P_c$. Sau đó cần phải kiểm nghiệm điều kiện khởi động và phát nóng.



Hình 4. 2. Đồ thị phụ tải

a) Phụ tải dài hạn không đổi; b) Phụ tải dài hạn biến đổi.

1.2. Phụ tải dài hạn biến đổi

Để chọn được động cơ phải xuất phát từ đồ thị phụ tải tính ra giá trị của mômen hoặc công suất.

$$M_{tb} = \frac{\sum_0^n M_i t_i}{\sum_0^n t_i} \quad P_{tb} = \frac{\sum_0^n P_i t_i}{\sum_0^n t_i} \quad (4 - 2)$$

Động cơ phải chọn có: $M_{dm} = (1 \div 1,3)M_{tb}$

$$P_{dm} = (1 \div 1,3)P_{tb}$$

Điều kiện kiểm nghiệm: Kiểm nghiệm phát nóng, quá tải về mômen và khởi động.

2. Chọn động cơ ngắn hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn

Động cơ ngắn hạn được chế tạo có thời gian làm việc tiêu chuẩn là 15, 30, 60, 90 phút.

Như vậy ta phải chọn $t_{lv} = t_{chuẩn}$ và công suất động cơ $P_{dm\ chọn} \geq P_{lv}$ hay $M_{dm\ chọn} \geq M_{lv}$.

Nếu $t_{lv} \neq t_{chuẩn}$ thì sơ bộ chọn động cơ có $t_{chuẩn}$ và P_{dm} gần với giá trị t_{lv} và P_{lv} . Sau đó xác định tổn thất động cơ ΔP_{dm} với công suất định mức và ΔP_{lv} với P_{lv} .

Qui tắc chọn động cơ là :

$$\Delta P_{dm} \geq \frac{1 - e^{-\frac{t_{lv}}{T}}}{1 - e^{-\frac{t_{chuẩn}}{T}}} \Delta P_{lv} \quad (4 - 3)$$

Đồng thời tiến hành kiểm nghiệm động cơ theo điều kiện quá tải về mômen và mômen khởi động cũng như điều kiện phát nóng.

3. Chọn công suất động cơ ngắn hạn lặp lại cho phụ tải ngắn hạn lặp lại

Động cơ ngắn hạn lặp lại, được chế tạo chuyên dụng có độ bền cơ khí cao, quán tính nhỏ (để đảm bảo chế độ khởi động và hãm thường xuyên) và khả năng quá tải lớn (từ 2,5 ÷ 3,5). Đồng thời được chế tạo chuẩn với thời gian đóng điện $\epsilon\% = 15\%, 25\%, 40\%$ và 60%.

Động cơ được chọn cần có hai tham số:

$$P_{dm\text{ chọn}} \geq P_{lv}$$

$\varepsilon\%_{dm\text{ chọn}}$ phù hợp với $\varepsilon\%$ làm việc.

Trong trường hợp $\varepsilon\%$ làm việc không phù hợp với $\varepsilon\%_{dm\text{ chọn}}$ thì cần hiệu chỉnh lại công suất định mức theo công thức:

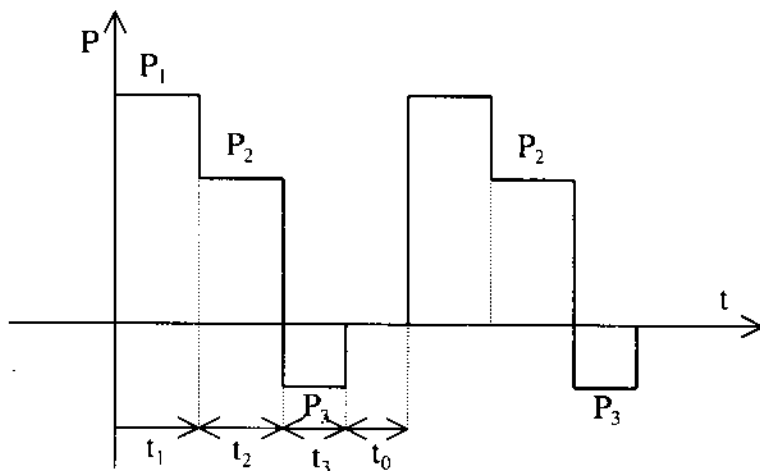
$$P_{dm\text{ chọn}} = P_{lv} \sqrt{\frac{\varepsilon_{lv}\%}{\varepsilon\%_{dm\text{ chọn}}}} \quad (4 - 4)$$

Trong trường hợp phụ tải biến đổi như trên hình 4.3 thì ta phải dùng công thức tính các đại lượng đẳng trị:

$$P_{dt} = \sqrt{\frac{\sum_0^n P_i t_i}{\sum t_i}} \quad (4 - 5)$$

$$\varepsilon_{dt}\% = \frac{\sum t_i}{\sum t_i \sum t_{i,0}} \quad (4 - 6)$$

Sau đó phải kiểm tra về mômen quá tải, mômen khởi động và phát nóng.



Hình 4.3. Đồ thị phụ tải ngắn hạn lặp lại biến đổi

IV. KIỂM NGHIỆM CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ

Việc tính chọn công suất động cơ như trên được coi là giai đoạn chọn sơ bộ ban đầu. Để khẳng định chắc chắn việc tính chọn đó là chấp nhận được ta cần phải kiểm nghiệm lại việc tính chọn đó.

Yêu cầu về kiểm nghiệm việc tính chọn công suất động cơ gồm có:

- Kiểm nghiệm phát nóng:

$$\Delta v = \Delta v_{cp}$$

- Kiểm nghiệm quá tải về mômen:

$$M_{dmđ.cơ} > M_{cmax}$$

- Kiểm nghiệm mômen khởi động:

$$M_{kđđ.cơ} \geq M_{c \text{ mớ máy}}$$

Ta thấy rằng việc kiểm nghiệm theo yêu cầu quá tải về mômen và mômen khởi động có thể thực hiện dễ dàng. Riêng về yêu cầu kiểm nghiệm phát nóng là khó khăn. Tuy vậy có thể tính gần đúng như sau:

1. Kiểm nghiệm phát nóng động cơ bằng phương pháp tổn thất trung bình

Ta có tổn thất trung bình gần đúng :

$$\Delta P_{tb} = \frac{\Delta p_1 t_1 + \Delta p_2 t_2 + \dots \Delta p_i t_i}{t_1 + t_2 + \dots t_i}$$

Như vậy ta có điều kiện kiểm nghiệm, nếu:

$$\Delta P_{tb} \leq \Delta P_{dmđ.cơ} \quad (4 - 7)$$

động cơ chọn thoả mãn điều kiện phát nóng.

Việc tính ΔP_i dựa vào đồ thị $P(t)$ và $P(\eta)$ của động cơ (xem trên hình 4.4) và $\Delta P_{dmđ.cơ}$ được xác định theo công thức:

$$\Delta P_{dmđ.cơ} = P_{dm} \frac{1 - \eta_{dm}}{\eta_{dm}} \quad (4 - 8)$$

Chú ý đối với động cơ tự làm mát biểu thức (4 - 7) phải tính đến khả năng suy giảm của truyền nhiệt khi dừng máy, khi khởi động và hãm. Ta có:

$$\Delta P_{tb} = \frac{\sum_1^n P_i t_i}{\alpha \sum t_k + \beta \sum t_0 + \sum t_{lv}} \quad (4 - 9)$$

Trong đó:

α là hệ số giảm truyền nhiệt khi khởi động và hãm,

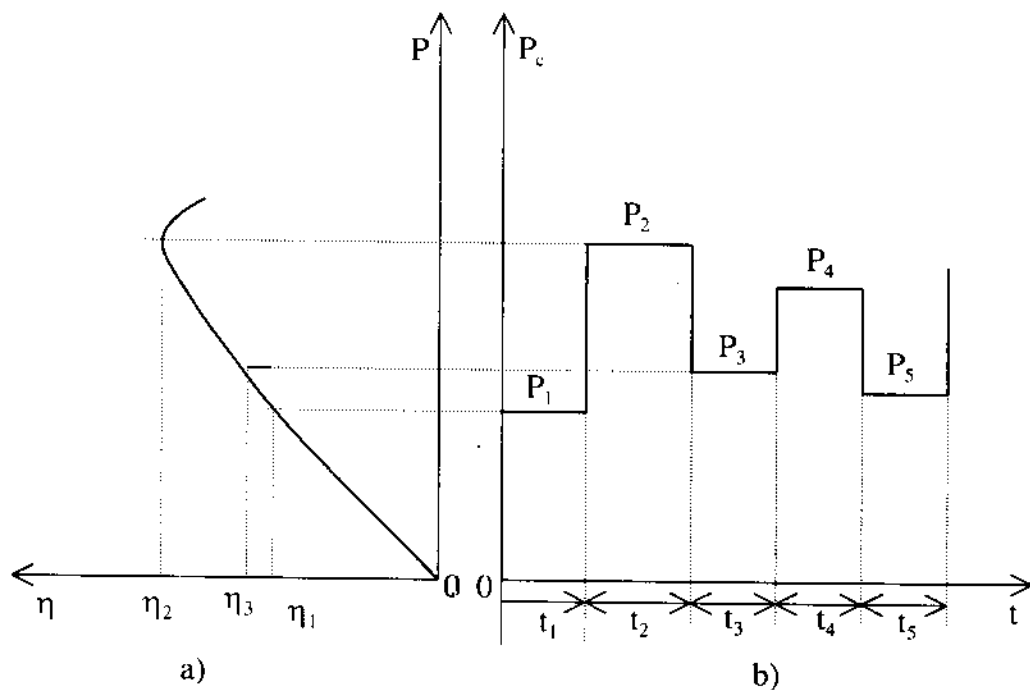
$\alpha = 0,75$ đối với động cơ một chiều,

$\alpha = 0,5$ đối với động cơ xoay chiều;

t_k là thời gian khởi động và hãm;

β là hệ số xét đến điều kiện làm mát bị xấu đi trong thời gian nghỉ t_0

($\beta = 0,5$ đối với máy điện một chiều; $\beta = 0,25$ đối với không đồng bộ).



Hình 4.4. Đường cong hiệu suất của động cơ

a) Đồ thị phụ tải; b) Cách xác định η

2. Kiểm nghiệm phát nóng động cơ theo đại lượng dòng điện đẳng trị

Ta có biểu thức:

$$\Delta P = K + V \approx K + bI^2 \quad (4 - 10)$$

Trong đó:

K - Là tổn thất không đổi;

V - Là tổn thất biến đổi;

B - Là hệ số.

Như vậy tương đương với biểu thức ΔP_{th} ta có biểu thức dòng điện đẳng trị:

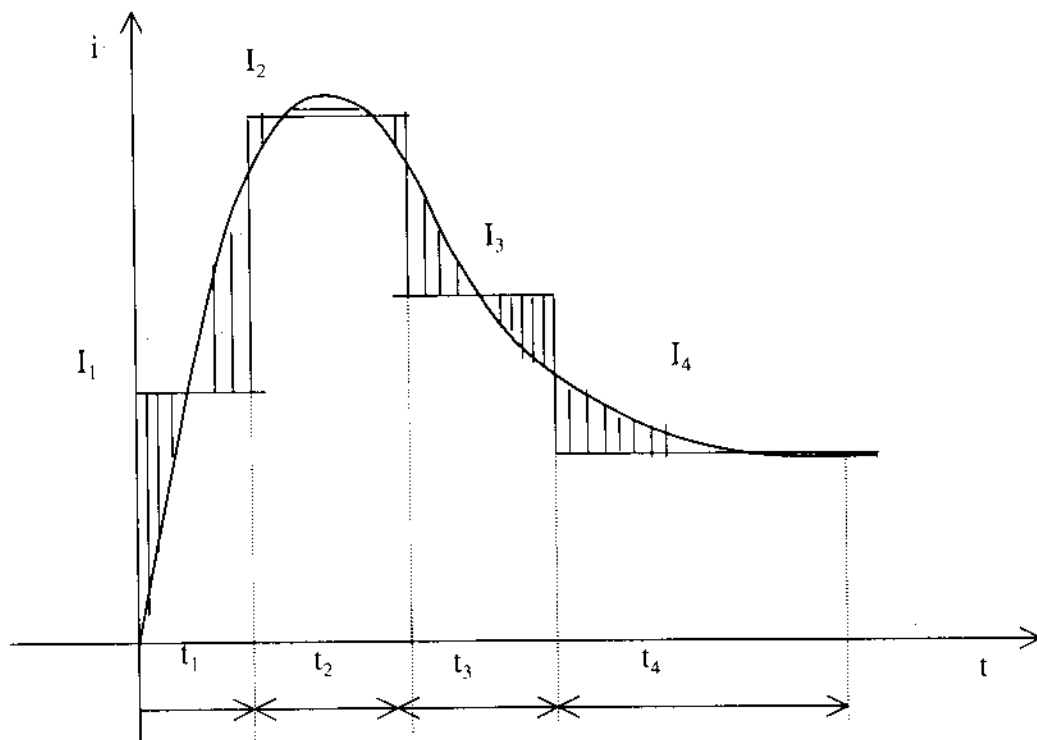
$$I_{dt} = \sqrt{\frac{\sum_1^n I_i^2 t_i}{\alpha \sum t_k + \beta \sum t_0 + \sum t_{lv}}} \quad (4 - 11)$$

Điều kiện kiểm nghiệm:

$$I_{dt} \leq I_{dm\ dt.cơ}$$

Để tính toán giá trị I_{dt} ta phải tính quá trình quá độ.

Giả thiết ta có kết quả tính dòng điện $i(t)$ trên hình 4.5. Dùng phương pháp bậc thang để xác định i_i và t_i .



Hình 4.5. Đồ thị $i = f(t)$ có dạng đường cong liên tục

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy nêu các chế độ làm việc của truyền động điện.
2. Nêu điều kiện chọn công suất động cơ dài hạn làm việc với phụ tải dài hạn .
3. Nêu điều kiện chọn công suất động cơ dài hạn làm việc với phụ tải dài hạn biến đổi.
4. Nêu điều kiện chọn công suất động cơ ngắn hạn làm việc với phụ tải ngắn hạn .
5. Nêu điều kiện chọn công suất động cơ ngắn hạn lặp lại làm việc với phụ tải ngắn hạn lặp lại.
6. Hãy nêu yêu cầu kiểm nghiệm công suất động cơ .
7. Trình bày điều kiện kiểm nghiệm phát nóng động cơ bằng phương pháp tổn thất trung bình.
8. Trình bày điều kiện kiểm nghiệm phát nóng động cơ theo đại lượng dòng điện đẳng trị.

Chương 5

TỰ ĐỘNG KHỐNG CHẾ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Mục tiêu:

- + Hiểu về các nguyên tắc tự động khống chế.
- + Đọc và phân tích được các mạch tự động khống chế cơ bản.

Trọng tâm:

- + Gọi được tên các nguyên tắc tự động khống chế, đọc và hiểu nguyên lý làm việc của các mạch điện điển hình.
- + Đọc và nắm vững nguyên lý làm việc của các mạch điện tự động khống chế cơ bản.

I. KHÁI NIỆM VỀ CÁC NGUYÊN TẮC TỰ ĐỘNG KHỐNG CHẾ

Muốn máy sản xuất làm việc với năng suất cao, chất lượng gia công tốt và đảm bảo an toàn nhất thiết phải tự động hoá. Có thể phân những nguyên tắc tự động khống chế như sau :

1. Tự động khống chế các truyền động điện theo hành trình

1.1. Khái niệm

Đây là dạng tự động hoá được sử dụng nhiều tuy mức độ chính xác không cao lắm nhưng đơn giản nên được ứng dụng phổ biến ở máy công cụ như máy phay, máy bào, máy mài, máy tiện.v.v... để hạn chế hành trình của bộ phận máy, để qui định mức độ giới hạn làm việc nhằm đảm bảo an toàn. Thiết bị chính trong mạch điện tự động hoá theo hành trình là các công tắc hành trình.

1.2. Sơ đồ mạch điện điển hình tự động giới hạn hành trình

Trong máy công cụ, nhiều khi phải giới hạn một hoặc hai đầu của một chuyển động như hạn chế sự chuyển động lên của cầu trục, hạn chế sự chuyển động lên xuống của xà ngang máy khoan, máy bào giường; hạn chế sự chuyển động về hai phía của bàn máy phay giường v.v... đều dùng hình thức tự động như hình 5.1.

Chuyển động thẳng của bàn máy A do động cơ Đ đảm nhiệm. Bàn máy chỉ được phép chuyển động trong phạm vi của đoạn BC. Ở hai đầu B và C đặt hai công tắc hành trình 1BK và 2BK.

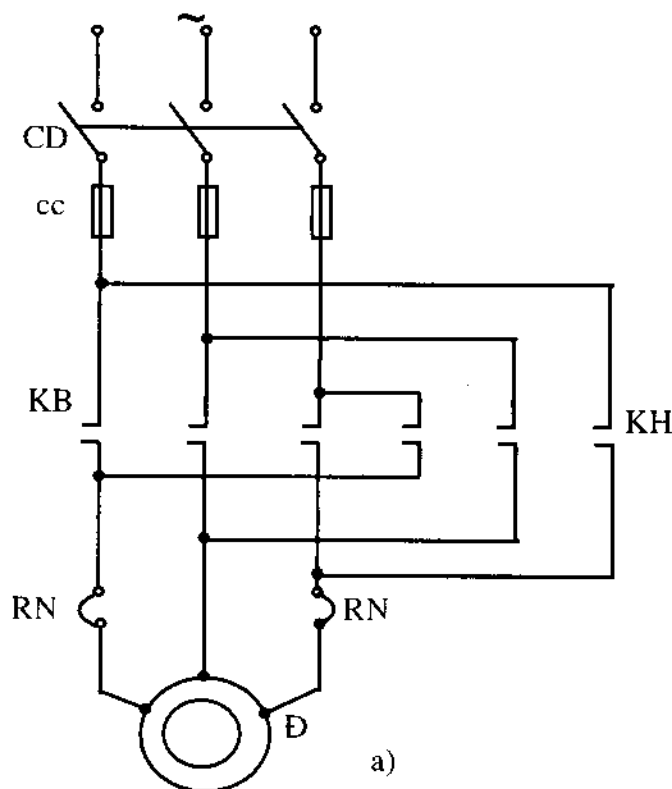
1.3. Nguyên lý làm việc của mạch điện

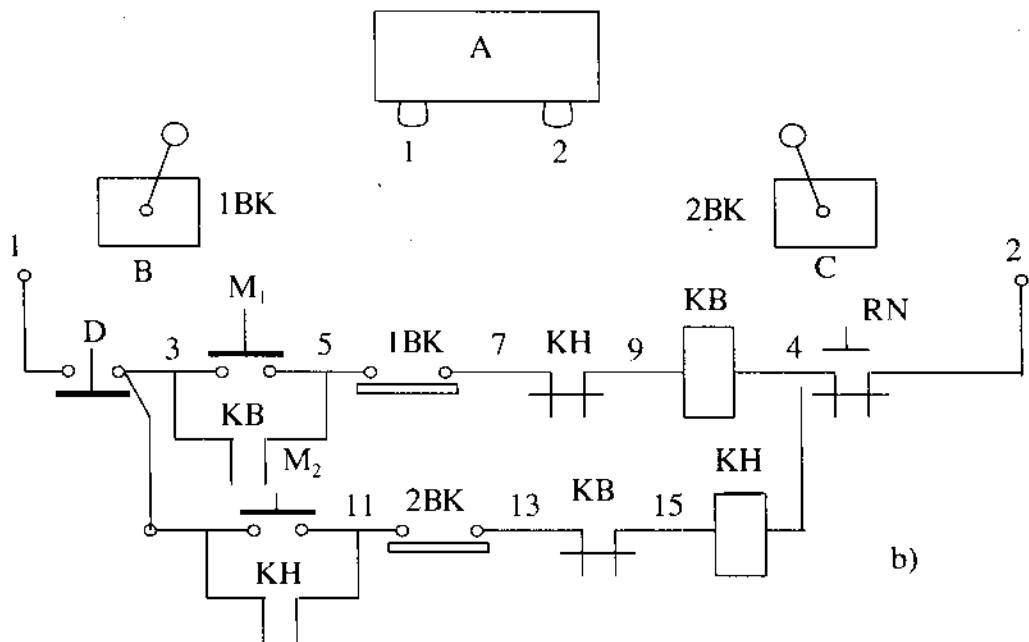
** Chạy máy về phía B:*

Đóng cầu dao CD, ấn vào nút M_1 , khởi động từ KB có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - 9 - cuộn KB - 4 - 2) đóng điện ba pha vào để động cơ quay thuận đưa vật A từ C đến B. Khi A đến B mấu 1 va vào 1BK làm tiếp điểm 5 - 7 trên mạch khống chế mở ra. Khởi động từ KB mất điện nhả ra, động cơ sẽ dừng lại.

** Chạy máy về phía C :*

Ấn vào nút M_2 , khởi động từ KH sẽ có điện (mạch 1 - 3 - 11 - 13 - 15 - cuộn KH - 6 - 4 - 2) đóng điện (đã đảo pha) vào để động cơ quay ngược, đưa bàn máy A từ B đến C. Khi vật A đến C nếu ta không cắt điện thì mấu 2 va vào 2BK làm cho 13 - 15 mở ra, khởi động từ KH mất điện, động cơ sẽ tự động dừng lại.





Hình 5.1. Mạch điện tự động giới hạn hành trình

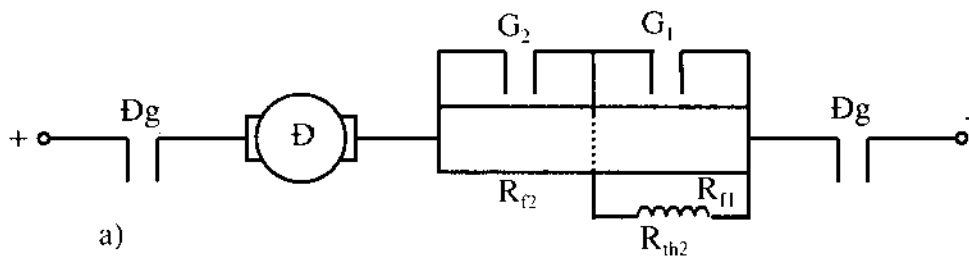
a) Mạch động lực; b) Mạch điều khiển.

2. Tự động không chế theo nguyên tắc thời gian

2.1. Khái niệm

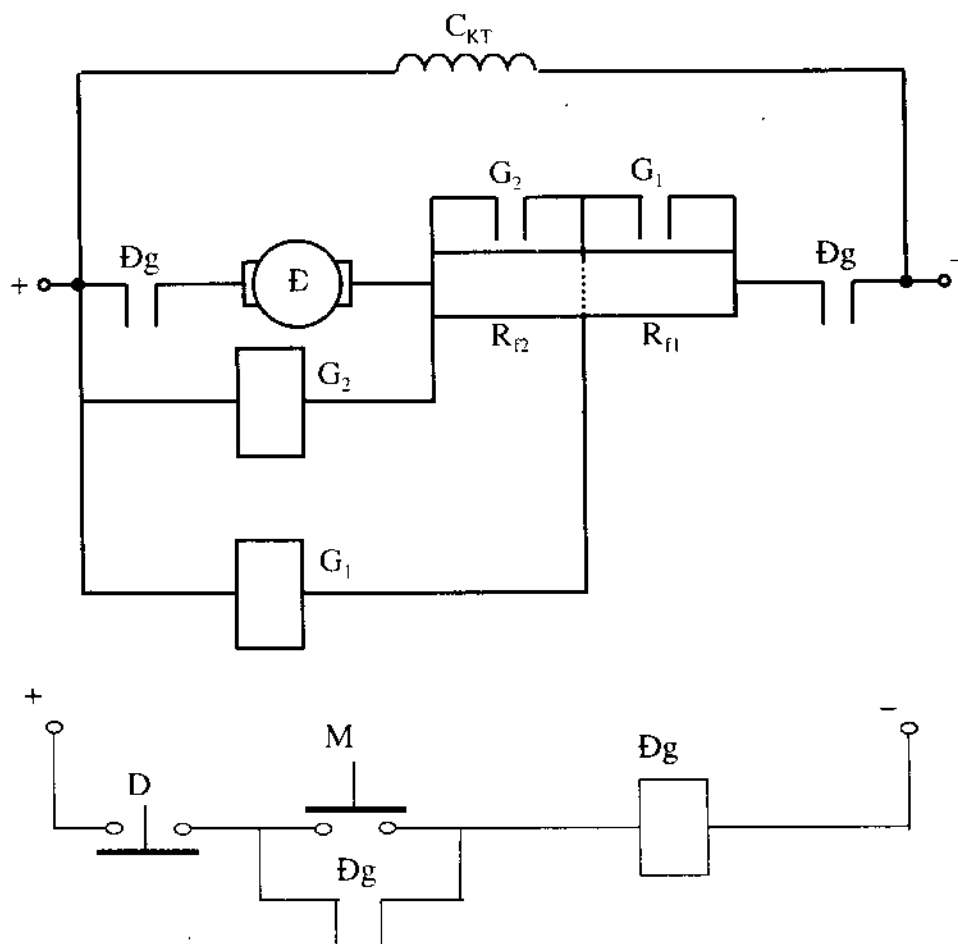
Thường được sử dụng trong các trường hợp : mở máy, hãm máy, khởi động động cơ qua các cấp điện trở, đổi nối sao - tam giác, khống chế các chuyển động trong một máy: Truyền động chính quay dao phải chạy trước, sau đó mới mở máy truyền động ăn dao. Thiết bị dùng để khống chế là role thời gian.

2.2. Sơ đồ nguyên lý mạch điện tự động không chế khởi động động cơ một chiều dùng nguyên tắc thời gian



Thiết bị chủ yếu được sử dụng là role tốc độ. Không chế theo tốc độ dùng phổ biến ở trường hợp hãm ngược động cơ điện. Ở các máy khoan khi nâng hạ xà phải phối hợp chặt chẽ: Mỗi khi xà được kẹp chặt thì tốc độ động cơ chậm lại, tiếp điểm của role tốc độ mở ra để cắt điện vào động cơ. Ví dụ: Khởi động động cơ dùng điện trở phụ dùng công tắc tơ G_1 , G_2 , có điện áp tỷ lệ với tốc độ động cơ.

3.2. Sơ đồ mạch điện



Hình 5. 3. Tự động không chế khởi động động cơ dùng điện trở phụ theo nguyên tắc tốc độ

3.3. Nguyên lý làm việc

Ấn nút M, CTT Đg có điện, đóng mạch phản ứng động cơ vào nguồn qua 2 điện trở phụ R_1, R_2 . Khi tốc độ động cơ đạt trị số ω_1 , điện áp trên đầu CTT G_1 đạt trị hút U_1 . G_1 tác động loại điện trở phụ R_1 . Khi tốc độ động cơ đạt trị số $\omega_2 > \omega_1$ thì điện áp trên đầu CTT G_2 đạt trị số hút U_2 , điện trở R_2 được ngắt mạch nhờ tiếp điểm G_2 đóng lại động cơ làm việc với tốc độ ổn định.

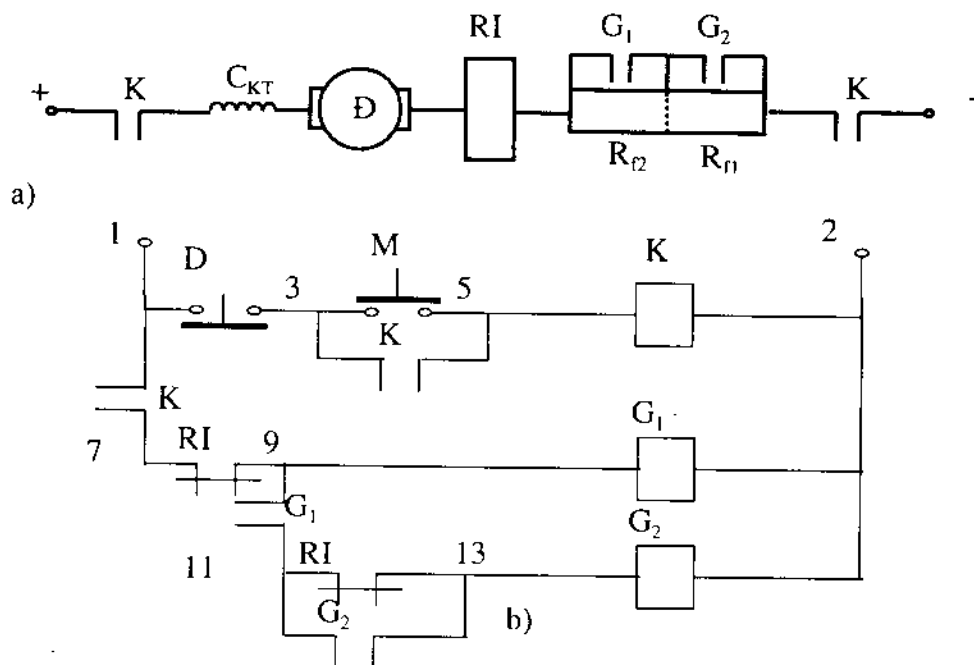
4. Tự động khống chế theo nguyên tắc dòng điện (khống chế theo phụ tải)

4.1. Khái niệm

Phương pháp này thường sử dụng ở các sơ đồ tự động mở máy động cơ điện. Thiết bị dùng để khống chế là role dòng điện. Nguyên tắc dòng điện khá chính xác, nên ở nhiều máy cắt gọt kim loại những khi cần phải khống chế tự động lực sinh ra trên một bộ phận nào đó như ở các thiết bị gá lắp các cơ cấu kẹp xả ở máy bào giường; đây là cách khống chế theo phụ tải.

Ví dụ: Khởi động động cơ 1 chiều dùng nguyên tắc dòng điện.

4.2. Sơ đồ mạch điện



Hình 5. 4. Mạch điện khởi động động cơ 1 chiều dùng nguyên tắc dòng điện

4.3. Nguyên lý làm việc

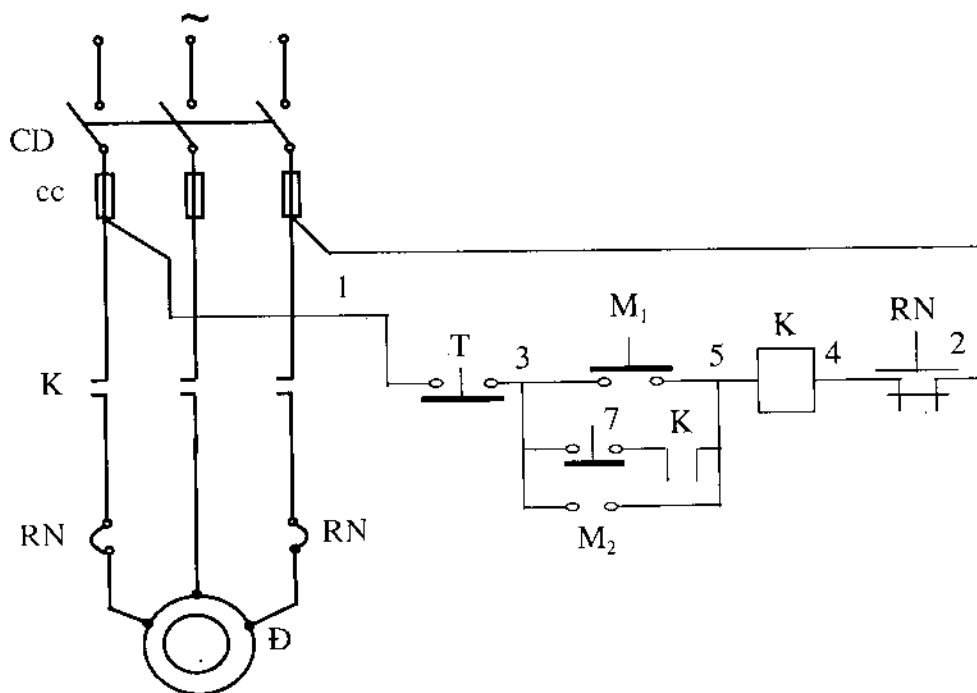
Ấn nút M, CTTK có điện, đóng động cơ vào lưới với toàn bộ điện trở phụ. Khi đó role RI có điện đồng thời với CTT G_1 . Nhưng đặc điểm của khí cụ thời gian tác động của CTT G_1 bao giờ cũng lớn hơn thời gian tác động của role dòng RI nên RI (7 - 9) mở trước; G_1 (9 - 11) đóng sau.

Sau thời gian t_1 khi I_{kd} giảm đến trị số nhỏ của role RI thì RI (7 - 9) đóng lại, CTT G_1 có điện. Loại điện trở phụ R_{f1} ra khỏi mạch phản ứng và đóng tiếp điểm duy trì G_1 (7 - 9), G_1 (9 - 11) để đóng điện cho G_2 làm việc. Khi loại R_{f1} ra, dòng điện phản ứng tăng lên, RI tác động nhả RI (11 - 13), nên G_2 không tác động ngay, khi dòng điện phản ứng gặp với dòng điện nhả RI (11 - 13) đóng lại. G_2 tác động loại R_{f2} ra khỏi mạch phản ứng. Quá trình khởi động hoàn thành.

II. CÁC MẠCH ĐIỆN TỰ ĐỘNG KHÔNG CHẾ CƠ BẢN

1. Mạch điện mở máy và bảo vệ động cơ lồng sóc quay một chiều

1.1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 5.5. Mạch điện mở máy và bảo vệ động cơ lồng sóc

1.2. Nguyên lý làm việc

Trên hình 5.5 động cơ Đ được bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chì cc và bảo vệ quá tải bằng role nhiệt RN. Nếu ấn vào nút ấn M_1 động cơ sẽ làm việc lâu dài, ấn nút M_2 (nút ấn kép) động cơ sẽ chạy ở trạng thái thử máy.

* *Chạy máy:*

Đóng cầu dao CD; ấn nút M_1 khởi động từ K sẽ làm việc (mạch 1 - 3 - 5 - cuộn K - 4 - 2) đóng ba tiếp điểm chính bên mạch động lực, cấp điện ba pha vào động cơ Đ, đồng thời tiếp điểm phụ 5 - 7 của khởi động từ K sẽ đóng lại để tự duy trì.

* *Thử máy:*

Trường hợp cần thử nháp máy thì ấn nút M_2 theo kiểu xung (ấn, nhả liên tục) khởi động từ K hút nhả liên tục (mạch 1 - 3 - M_2 - 5 - cuộn K - 4 - 2) vì tiếp điểm 3 - 7 của M_2 không để cho K tự duy trì. Động cơ sẽ chạy với tốc độ trung bình thấp phù hợp với yêu cầu thử máy.

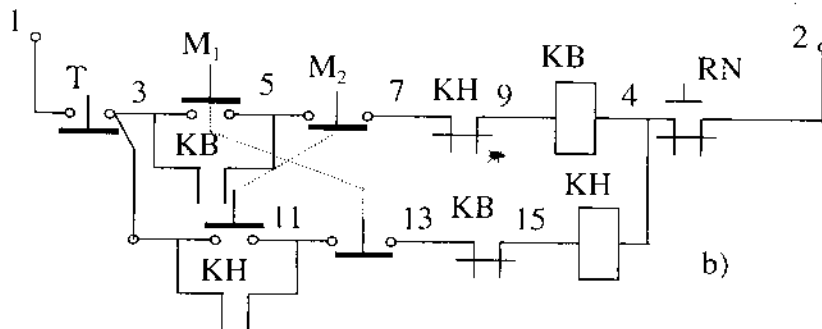
Khi buông tay khỏi nút ấn thì động cơ lại bị cắt điện.

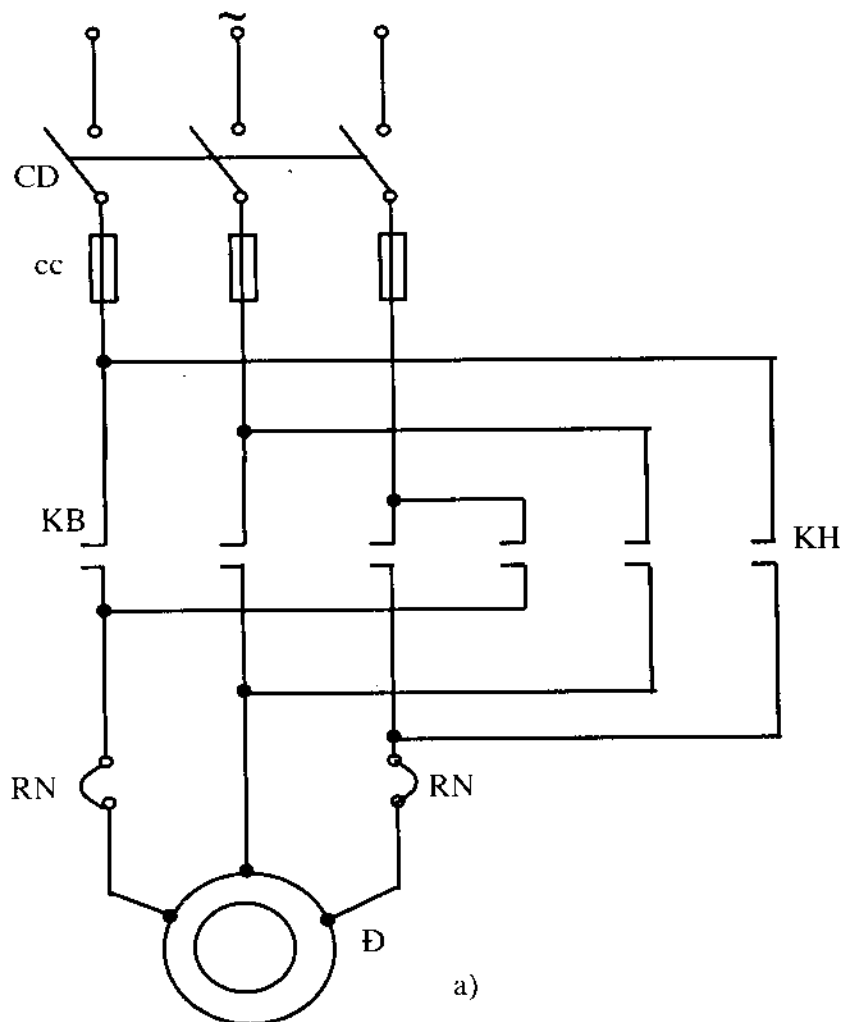
Trạng thái thử máy như trên thường là ngắn hạn, không tải và cần tốc độ thấp; thử máy là cần thiết trước mỗi nguyên công hoặc sau khi sửa chữa, thay thế một bộ phận nào đó. Động cơ làm việc ở trạng thái ngắn hạn ở trạng thái xung với tốc độ thấp vẫn cho phép và an toàn.

2. Mạch điện điều khiển và bảo vệ động cơ lồng sóc quay hai chiều

2.1. Sơ đồ nguyên lý

Trong máy công cụ, nhiều động cơ yêu cầu phải quay được cả hai chiều. Muốn khống chế động cơ này ta phải dùng hai khởi động từ (xem hình 5.6). KB để động cơ quay thuận, KH dùng cho động cơ quay ngược. Nút ấn M_1 để cho động cơ quay thuận và M_2 sử dụng khi động cơ quay ngược. Chúng là những nút ấn kép (khi ấn M_1 thì hai tiếp điểm của nó sẽ cắt KH và khi ấn M_2 thì hai tiếp điểm của nó cũng cắt KB do đó hai cuộn không thể có điện đồng thời).





Hình 5.6. Mạch điện điều khiển động cơ lồng sóc quay hai chiều

a) Mạch động lực; b) Mạch điều khiển.

2.2. Nguyên lý làm việc

* Chạy máy chiều thuận

Sau khi đóng cầu dao CD; ấn nút M_1 khởi động từ KB sẽ có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - 9 - cuộn KB - 4 - 2). Các tiếp điểm chính bên mạch động lực đóng lại để tiếp điện ba pha vào cho động cơ Đ quay thuận; đồng thời các tiếp điểm phụ 5 - 3 đóng lại để tự duy trì (buông tay ra khỏi M_1 động cơ vẫn tiếp tục quay), tiếp điểm 13 - 15 mở ra để đảm bảo an toàn.

** Chạy máy chiều ngược*

Ấn vào nút M_2 ; khởi động từ KH sẽ có điện (mạch 1 - 3 - 11 - 13 - 15 - cuộn KH - 4 - 2) các tiếp điểm chính KH bên mạch động lực đóng lại (hai pha A - C đã đảo cho nhau) để tiếp điện ba pha vào động cơ Đ quay ngược; đồng thời các tiếp điểm phụ 11 - 13 đóng lại để tự duy trì; tiếp điểm 7 - 9 mở ra để đảm bảo an toàn.

** Tắt máy*

Ấn vào nút T khởi động từ KH hoặc KB sẽ nhả ra, cắt điện để động cơ dừng lại.

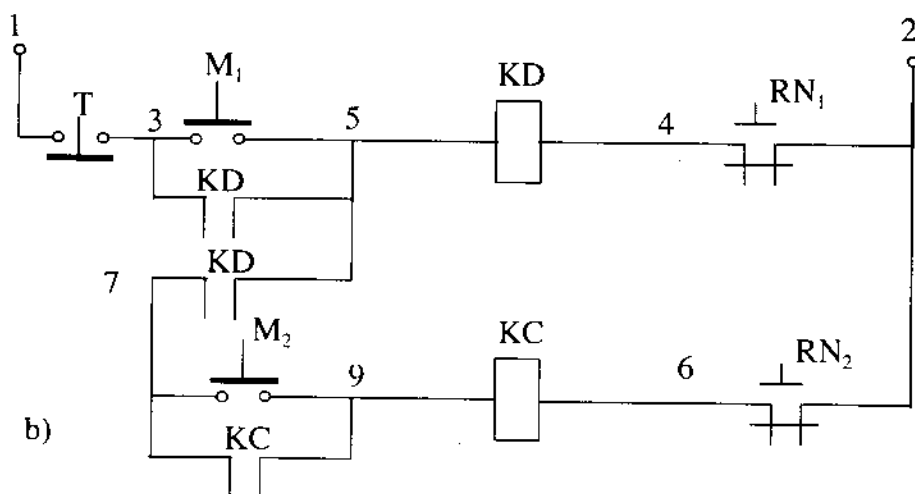
3. Mạch điện mở máy theo trình tự qui định

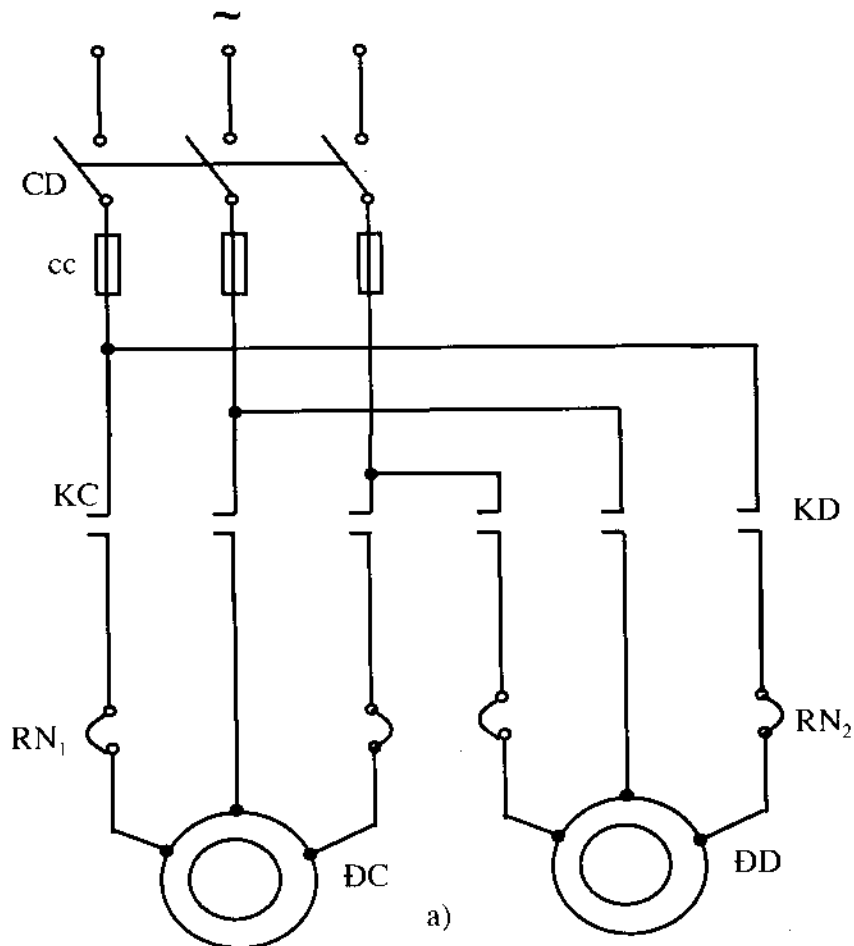
Ta biết rằng mỗi máy có nhiều chuyển động, dùng nhiều động cơ riêng biệt khác nhau, các chuyển động đó lại có những điều kiện nhất định có liên quan lẫn nhau như: truyền động bơm dầu phải làm việc trước truyền động chính. Nếu bơm dầu hỏng thì động cơ chính phải dừng lại, truyền động bàn máy phay chỉ làm việc được khi trục chính đã quay; nếu trục chính ngừng thì bàn máy cũng ngừng theo v.v...

3.1. Sơ đồ mạch điện

Hình 5.7 là sơ đồ nguyên lý mở máy trình tự 2 động cơ bơm dầu ĐD và động cơ chính ĐC.

Chỉ sau khi khởi động từ KD đóng mới có thể ấn nút M_2 để khởi động động cơ chính.





Hình 5.7. Mạch điện mở máy theo trình tự qui định

3.2. Nguyên lý làm việc

3.2.1. Chạy động cơ dầu

Sau khi đóng cầu dao CD, ấn nút M_1 khởi động từ KD sẽ có điện (mạch 1 - 3 - 5 - cuộn KD - 4 - 2) đóng mạch động lực. Cho động cơ bơm dầu ĐD chạy. Tiếp điểm 5 - 7 lúc này mới đóng lại để đảm bảo thứ tự mở máy.

3.2.2. Chạy động cơ chính

Chỉ sau khi bơm dầu đã có điện, tiếp điểm 5 - 7 đóng, ta ấn nút M_2 thì khởi động từ KC có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - 9 - cuộn KC - 6 - 2) và đóng điện ba pha vào chạy động cơ trục chính ĐC.

3.2.3. Tự động tắt máy

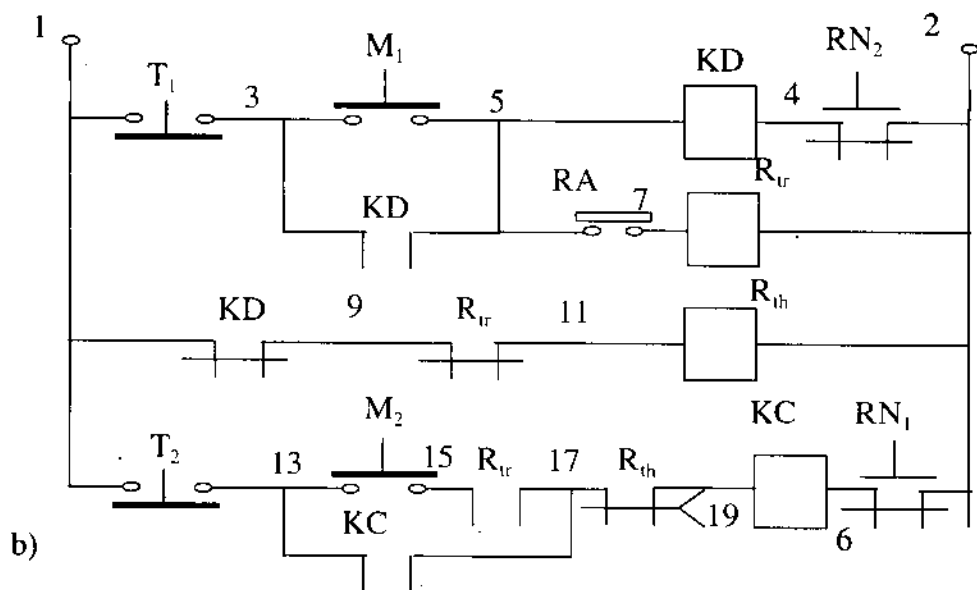
Nếu có sự cố như quá tải hoặc bơm dầu hỏng role nhiệt RN_1 tác động nhả khởi động từ KD của bơm dầu ra, tiếp điểm 5 - 7 mở, cắt điện cuộn dây KC, động cơ chính cũng được cắt khỏi nguồn.

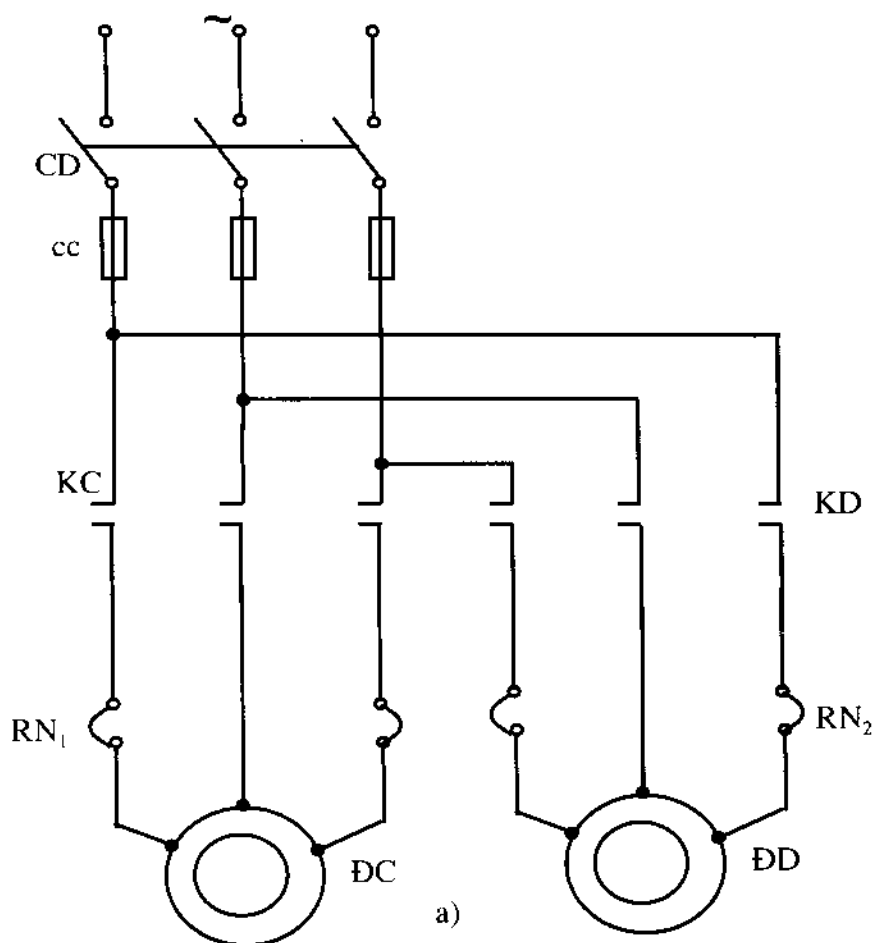
Sơ đồ này có nhược điểm là dầu chưa đủ mà vẫn có thể mở máy truyền động chính; khi động cơ dầu có sự cố ngừng lại thì động cơ chính cũng ngừng đồng thời. Ở những máy lớn thì không cho phép mở máy khi áp suất dầu chưa đủ, nhưng ở những máy nhỏ và trung bình vẫn cho phép 2 động cơ mở máy và ngừng như vậy, nên sơ đồ này được dùng phổ biến.

4. Mạch điện liên động giữa các động cơ

Giữa truyền động chính và động cơ bơm dầu bôi trơn của những máy lớn và máy nặng thì yêu cầu liên động phải chặt chẽ hơn, nghĩa là bơm dầu phải vận hành trước, khi đủ áp lực dầu thì role áp suất dầu đóng lại lúc đó mới chạy được truyền động chính. Nếu vì một lý do nào đó, hệ thống dầu không hoạt động được thì truyền động chính phải ngừng lại. Nhưng để cho dao không ăn vào chi tiết gia công, cần phải để cho truyền động chính làm việc thêm một khoảng thời gian nữa. Nghĩa là truyền động chính phải chạy sau, ngừng sau bơm dầu một thời gian ngắn nữa nhờ role RA và role thời gian R_{th} (hình 5 - 8)

4.1. Sơ đồ mạch điện





Hình 5. 8. Mạch điện liên động giữa các động cơ

4.2. Nguyên lý làm việc

4.2.1. Chạy động cơ chính

Sau khi động cơ bơm dầu đã đóng vào lưới một thời gian, áp lực dầu tăng lên đủ yêu cầu thì tiếp điểm 5 - 7 của RA kín. Rơle trung gian R_{tr} được tiếp điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - R_{tr} - 2) tiếp điểm 15 - 17 của nó đóng lại chuẩn bị mở máy truyền động chính. Đồng thời tiếp điểm 9 - 11 của nó mở ra cắt điện rơ le thời gian R_{th} . Lúc này có thể ấn nút M_2 khởi động từ KC có điện (mạch 1 - 13 - 15 - 17 - 19 - KC - 6 - 2) đóng động cơ chính vào làm việc.

4.2.2. Ngừng máy (sự cố)

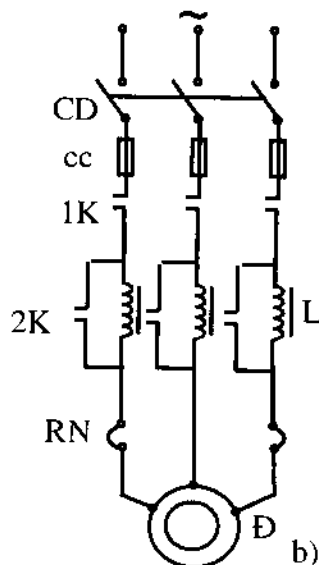
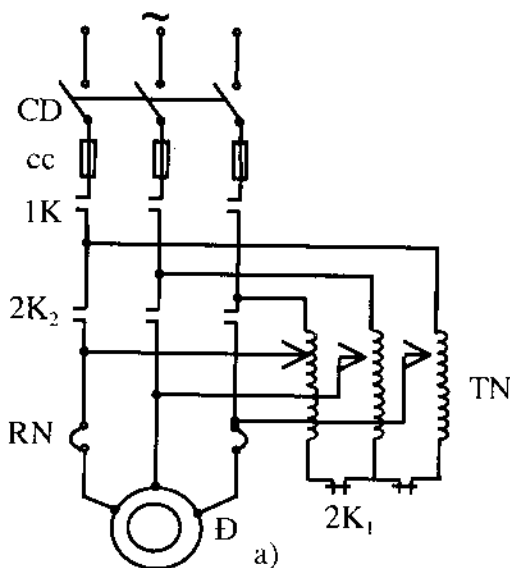
Khi khởi động từ KD nhả thì động cơ bơm dầu ĐD sẽ ngừng quay. Role trung gian R_r cũng mất điện. Tiếp điểm 15 - 17 mở ra nhưng khởi động từ KC vẫn đóng (mạch 1 - 13 - 17 - 19 - KC - 6 - 2) nhờ đó động cơ chính ĐC vẫn tiếp tục quay. Sau khi R_r nhả, tiếp điểm 9 - 11 đóng lại, role thời gian R_{th} được đóng điện (1 - 9 - 11 - RB - 2) một thời gian sau tiếp điểm của nó (17 - 19) mở ra, cắt điện vào khởi động từ KC nhả ra. Khi đó động cơ chính ĐC mới bị cắt điện khỏi nguồn và dừng lại.

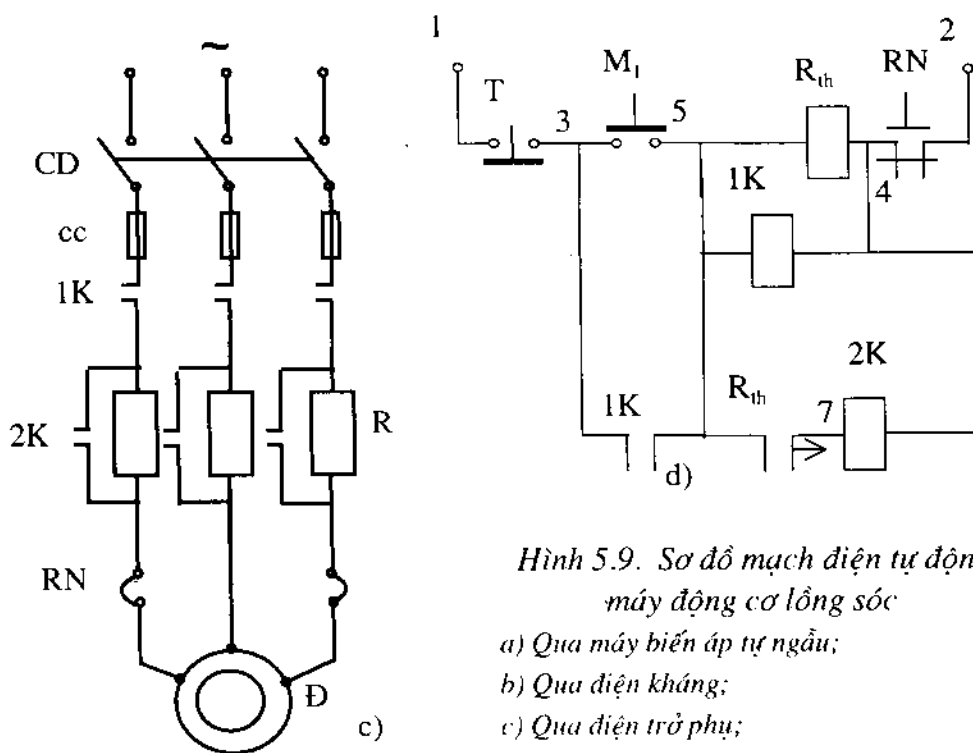
5. Mạch điện tự động mở máy động cơ lồng sóc bằng R - L hoặc bằng biến áp tự ngẫu

Để dòng điện mở máy lớn thì sụt áp trên động cơ lớn, nếu công suất trạm biến áp nhỏ thì điện áp sẽ sụt xuống nhiều, làm ảnh hưởng đến các máy khác và có khi bản thân động cơ không mở máy được. Để hạn chế dòng điện mở máy, ta có thể đấu stato qua điện trở phụ (hình 5 - 9a), qua điện kháng (hình 5 - 9b), qua biến áp tự ngẫu TN (hình 5 - 9c). Sau khi mở máy xong ta nối tắt R, L, TN. Mở máy qua TN là tốt hơn cả vì phương pháp mở máy này giảm được dòng mở máy mà mômen mở máy lại giảm ít hơn. Mở máy bằng điện kháng tốt hơn là điện trở phụ.

5.1. Sơ đồ mạch điện

KĐT 1K dùng mở máy, KĐT 2K để làm việc. Việc mở máy tự động thực hiện được nhờ role thời gian PB có tiếp điểm thường mở đóng chậm 5 - 7.





Hình 5.9. Sơ đồ mạch điện tự động mở máy động cơ lồng sóc

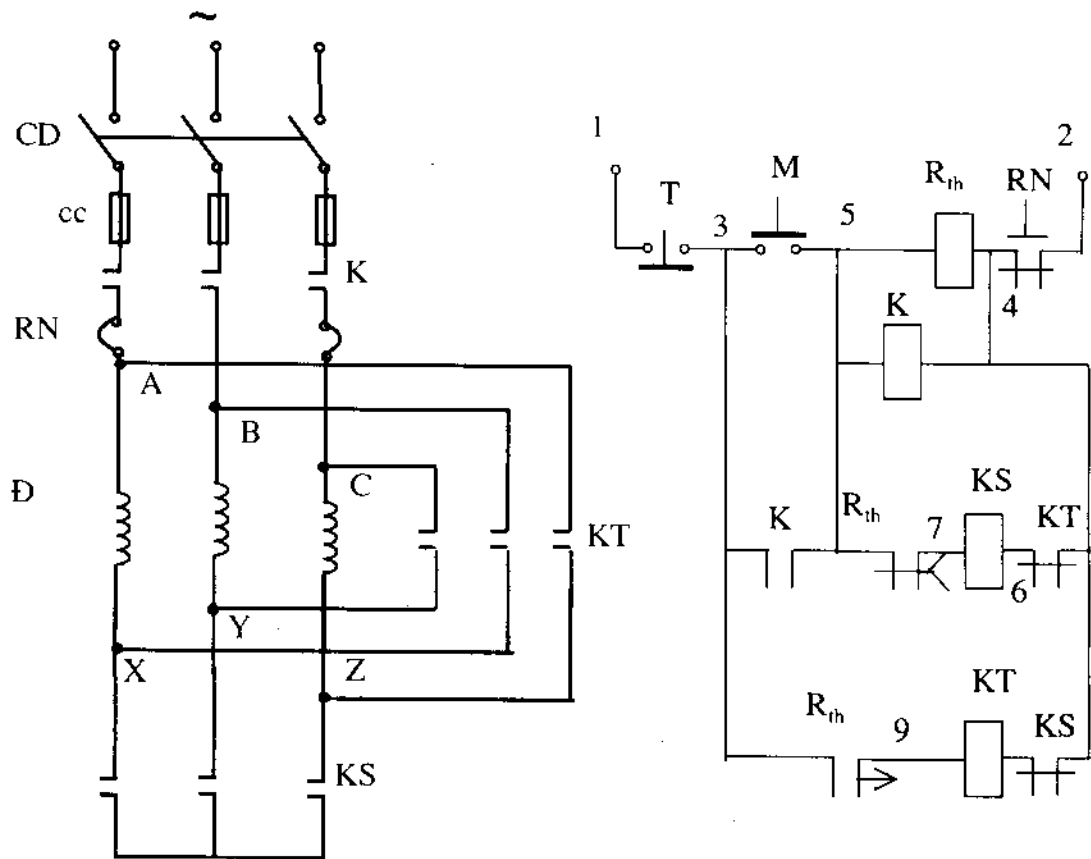
- a) Qua máy biến áp tự ngẫu;
- b) Qua điện kháng;
- c) Qua điện trở phụ;
- d) Sơ đồ mở máy tự động.

5.2. Nguyên lý làm việc

Đóng cầu dao CD ấn nút M, KĐT 1K có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 1K - 4 - 2) sẽ đóng các tiếp điểm chính ở mạch động lực để động cơ khởi động qua tự biến áp TN (hoặc L, R). Tiếp điểm 3 - 5 của nó đóng lại. Role thời gian R_{th} cũng có điện sau thời gian duy trì nhất định, tiếp điểm thường mở của nó (5 - 7) đóng lại, tiếp điện cho cuộn dây 2K (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - 2K - 4 - 2) Tiếp điểm chính của khởi động từ ở mạch động lực 2K₁ mở ra để cắt BATN và đóng 2K₂ lại, đưa điện ba pha trực tiếp vào thẳng động cơ, quá trình mở máy kết thúc.

6. Mạch điện mở máy động cơ lồng sóc đối nối sao - tam giác (Y - Δ)

6.1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 5.10. Sơ đồ tự động mở máy động cơ lồng sóc kiểu Y - Δ

Để giảm nhỏ dòng điện mở máy, khi khởi động ta nối dây quấn stato thành hình sao. Sau một thời gian, nhờ role thời gian R_{th} tác động, cuộn dây stato tự động chuyển sang chạy tam giác. Để làm nhiệm vụ ấy, thiết bị điện chính gồm:

- Khởi động từ K để đóng mạch điện.
- Khởi động từ KS để nối stato hình sao.
- Khởi động từ KT để chuyển stato sang tam giác.

6.2. Nguyên lý làm việc của mạch điện

6.2.1. Khởi động

- Sau khi đóng cầu dao CD, ta ấn nút M, cuộn dây K và KS của khởi động từ này có điện tác động (mạch 1 - 3 - 5 - K - 4 - 2; và mạch 1 - 3 - 5 - 7 - KS - 6 - 4 - 2) để đóng các tiếp điểm chính K và KS ở mạch động lực lại. Động cơ

được khởi động theo hình sao (Y). Lúc này role thời gian R_{th} cũng có điện (mạch 1 - 3 - 5 - PB - 4 - 2) và tất cả được duy trì bằng tiếp điểm 3 - 5.

- Sau một thời gian duy trì cần thiết để tốc độ động cơ đạt xấp xỉ định mức thì tiếp điểm thường đóng mở chậm R_{th} (5 - 7) mở ra cắt khởi động từ KS, ba tiếp điểm chính KS mở ra. Đồng thời tiếp điểm thường mở đóng chậm R_{th} (3 - 9) đóng lại tiếp điện cho KT (mạch 11 - 3 - 9 - KT - 8 - 4 - 2), ba tiếp điểm chính của nó ở mạch động lực đóng lại chuyển sang chế độ tam giác (Δ). Động cơ đã khởi động xong và làm việc bình thường.

6.2.2. Liên động và bảo vệ

- Hai tiếp điểm phụ thường đóng đấu gửi KT (6 - 4) và KS (8 - 4) ở mạch điều khiển có tác dụng đảm bảo an toàn, tránh tác động nhầm cùng một lúc gây sự cố ngắn mạch.

- RN: Role nhiệt bảo vệ quá tải.

- CC: Cầu chì bảo vệ ngắn mạch.

7. Mạch điện điều khiển động cơ lồng sóc hai cấp tốc độ

Phương pháp điều chỉnh tốc độ của động cơ lồng sóc thường dùng nhất trong máy cắt gọt kim loại là thay đổi số đôi cực của động cơ. Khi thay đổi số đôi cực của động cơ tốc độ động cơ sẽ biến đổi tỷ lệ nghịch. Thường có hai cách đấu thông dụng :

** Đấu tam giác - sao kép (Δ - YY) :*

Khi đó :

- + Tốc độ động cơ tăng lên hai lần.
- + Mômen động cơ giảm đi còn một nửa.
- + Công suất coi như giữ nguyên.

Cách đấu này thường dùng cho truyền động chính. Tốc độ thấp đấu tam giác nối tiếp, tốc độ cao sao kép đấu song song.

** Đấu sao - sao kép (Y - YY):*

Tốc độ thấp đấu sao khi chuyển sang tốc độ cao đấu sao kép song song.

Khi đó:

- + Tốc độ tăng lên hai lần.
- + Mômen không đổi và công suất tăng lên hai lần. Cách đấu này được dùng cho truyền động ăn dao.

7.1. Sơ đồ mạch điện (Δ - YY)

Trên hình 5.11.

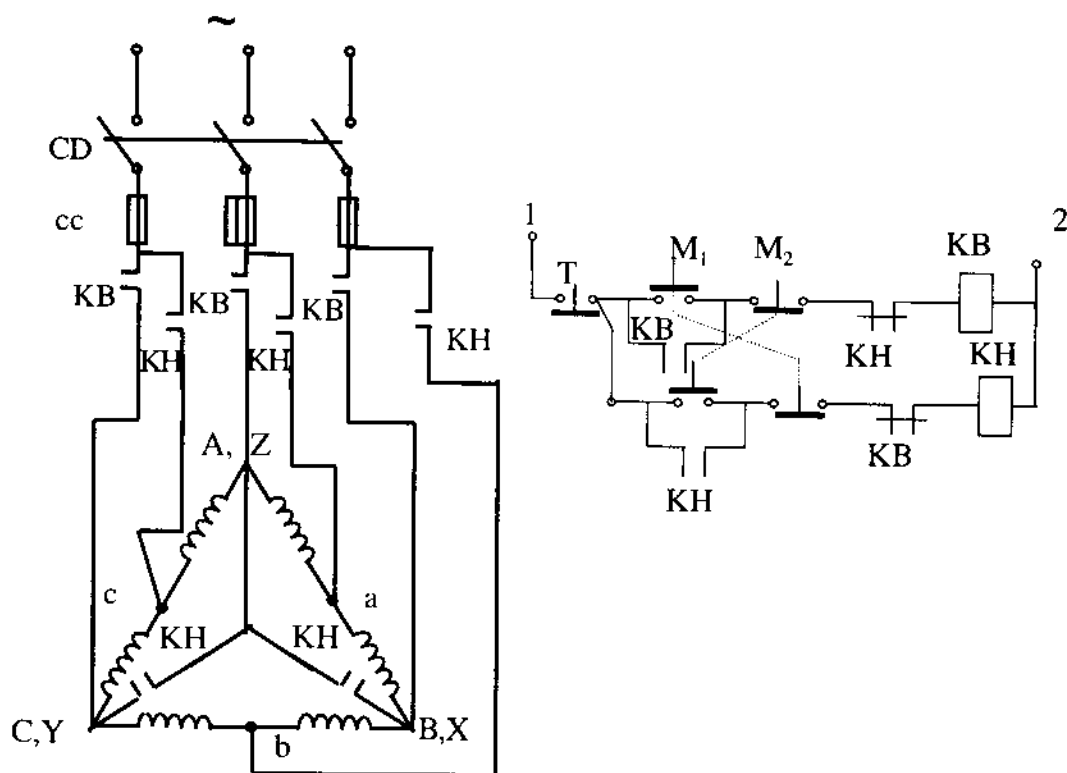
7.2. Nguyên lý làm việc

7.2.1. Chạy chậm

Muốn động cơ quay ở tốc độ thấp ta ấn nút M_1 khởi động từ KB có điện các tiếp điểm bên mạch động lực đóng lại. Hai cuộn dây trong từng pha của động cơ đầu nối tiếp nhau, còn dây quấn ba pha đầu tam giác (Δ).

7.2.2. Chạy nhanh

Muốn cho động cơ quay với tốc độ cao ta ấn nút M_2 KĐT KH có điện các tiếp điểm ở mạch động lực đóng lại, hai cuộn dây trong một pha đấu song song còn dây quấn ba pha đầu sao kép (YY).



Hình 5.11. Mạch điện điều khiển động cơ lồng sóc hai cấp tốc độ

8. Mạch điện hãm động năng động cơ điện

8.1. Sơ đồ mạch điện (hình 5.12).

- Nguồn điện một chiều dùng để hãm lấy ở bộ biến áp chỉnh lưu CL.
- Khởi động từ K đấu động cơ vào lưới khi làm việc.
- Khởi động từ H đấu động cơ vào nguồn một chiều khi hãm.
- Thời gian hãm do rơle R_{th} quyết định.

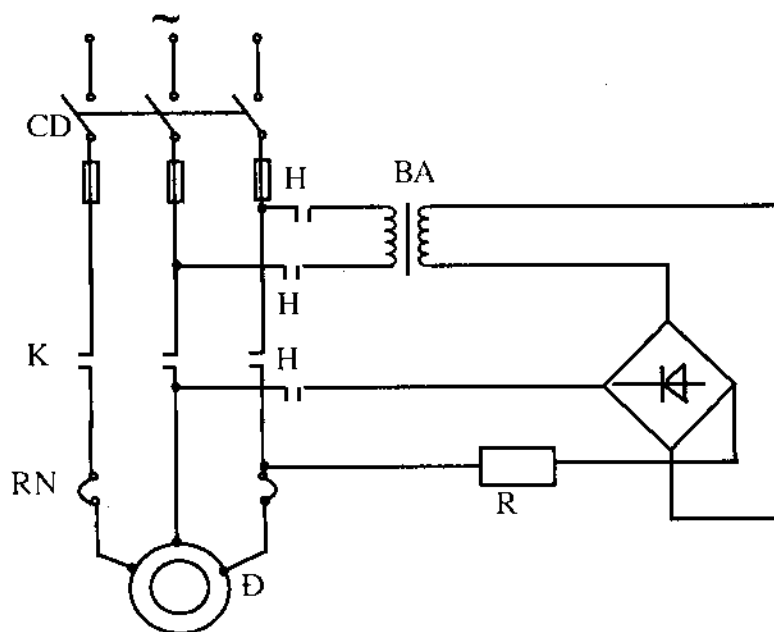
8.2. Nguyên lý làm việc

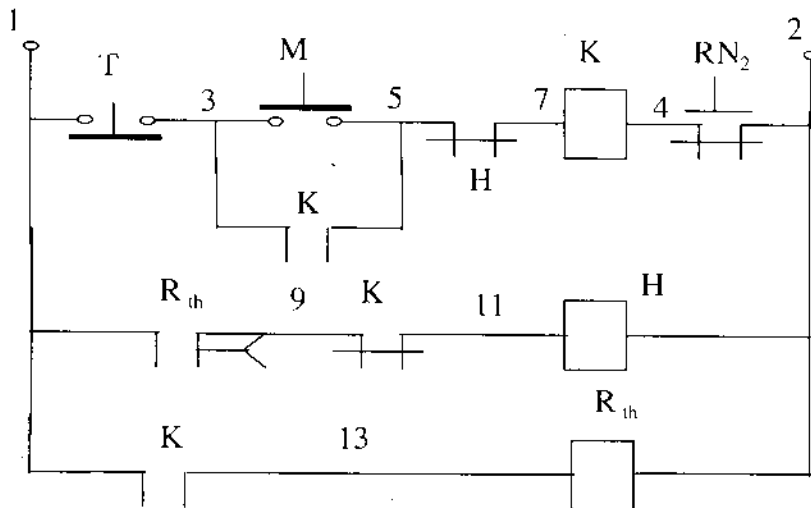
8.2.1. Chạy máy

Ấn nút M, KĐT K có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - K - 4 - 2) đóng động cơ vào lưới để làm việc. Tiếp điểm K (9 - 11) mở ra không cho H tác động để đảm bảo an toàn. Tiếp điểm K (1 - 13) đóng lại để rơle R_{th} hoạt động (mạch 1 - 13 - R_{th} - 2) đóng tiếp điểm R_{th} (1 - 9) lại để chuẩn bị cho hãm máy.

8.2.2. Tắt và hãm máy

Ấn nút T khởi động từ K sẽ nhả ra, cắt động cơ khỏi lưới điện và cắt điện vào rơle R_{th} . Khởi động từ H lúc này có điện (mạch điện 1 - 9 - 11 - H - 2), bộ biến áp chỉnh lưu đưa điện một chiều vào stato động cơ để hãm máy. Sau thời gian duy trì (thường mở chậm) mở ra quá trình hãm động năng kết thúc.





Hình 5.12. Mạch điện hãm động năng dùng rơle thời gian

9. Mạch điện tự động hãm ngược động cơ lồng sóc

9.1. Động cơ quay một chiều

9.1.1. Sơ đồ mạch điện (hình 5.13 a, b)

Thiết bị dùng để hãm là rơle tốc độ PKC nối liền với trục động cơ, khi dừng yên hoặc tốc độ thấp ($< 15\%$ tốc độ định mức) tiếp điểm PKC mở ra, ở tốc độ làm việc bình thường thì tiếp điểm này đóng lại.

9.1.2. Nguyên lý làm việc

+ Chạy máy: Ấn nút M, khởi động từ K_1 có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - K_1 - 4 - 2) đóng điện vào cho động cơ chạy, tiếp điểm (9 - 11) của nó mở ra để đảm bảo an toàn. Khi tốc độ động cơ đã tăng cao thì rơle tốc độ PKC đóng tiếp điểm (1 - 9) lại để chuẩn bị mạch hãm và mạch điện làm việc bình thường.

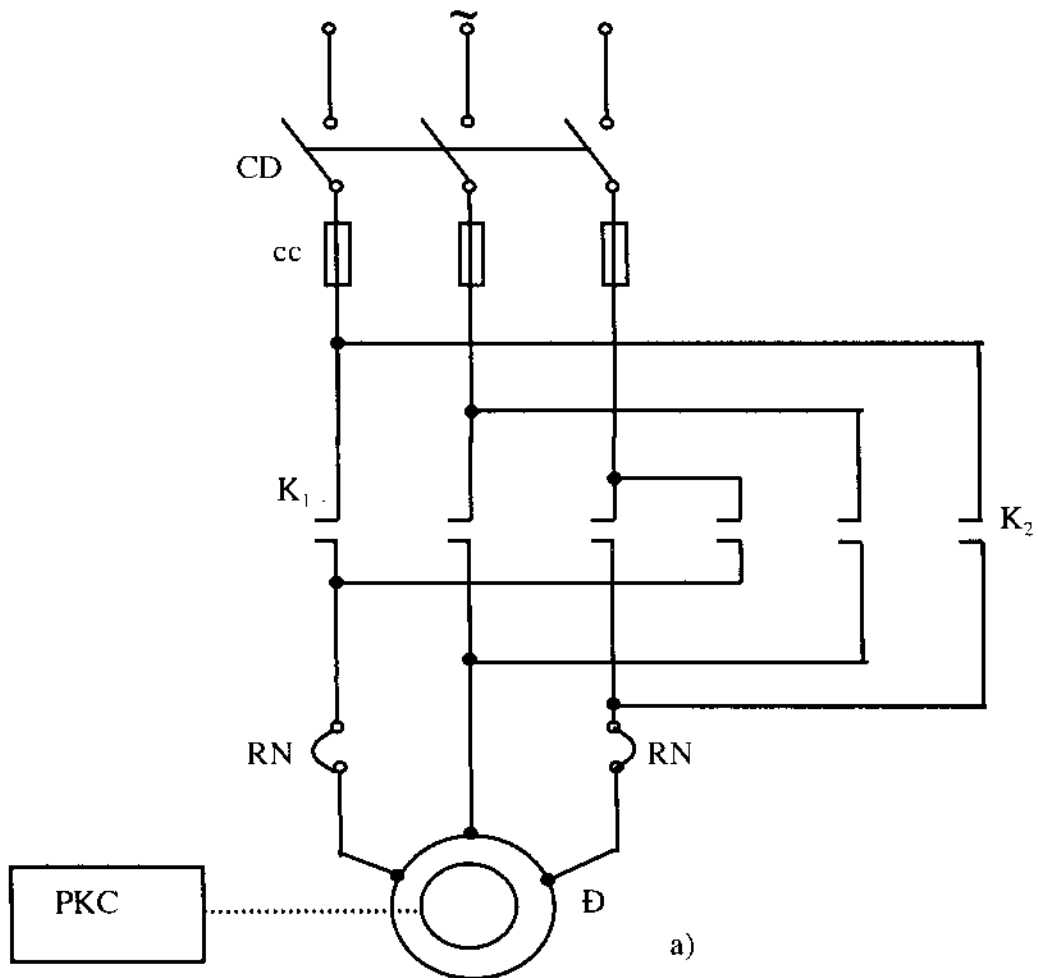
+ Tắt và hãm máy: Ấn nút T, khởi động từ K_1 mất điện, cắt động cơ ra khỏi nguồn, đồng thời tiếp điểm (9 - 11) đóng lại để tiếp điện cho khởi động từ K_2 (mạch 1 - 9 - 11 - K_2 - 4 - 2) khởi động từ K_2 đóng điện đã đảo pha vào stato để thực hiện hãm ngược. Khi tốc độ đã giảm thấp rơle tốc độ PKC mở tiếp điểm (1 - 9) của nó ra kết thúc quá trình hãm ngược.

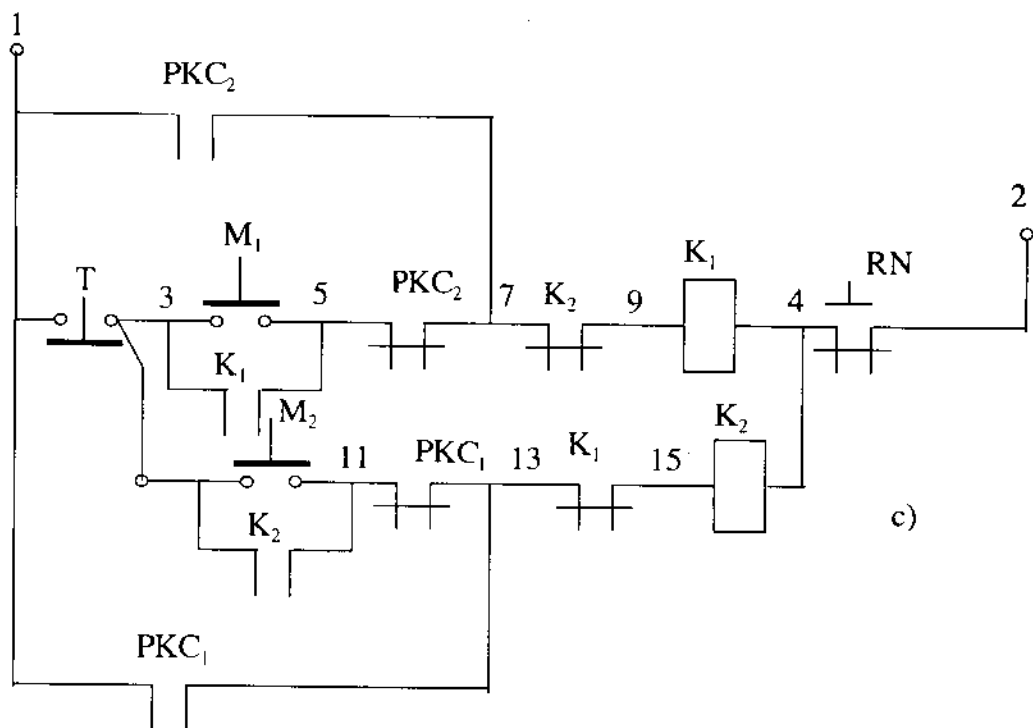
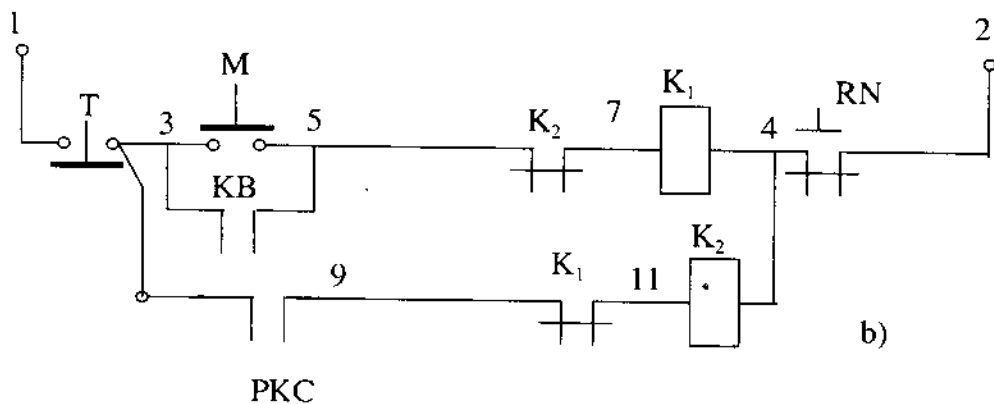
9.2. Hãm ngược động cơ quay hai chiều

9.2.1. Sơ đồ mạch điện (hình 5.13 a,c)

Trong trường hợp này vẫn sử dụng rơle PKC nhưng lấy cả bốn đôi tiếp điểm của nó là PKC_1 và PKC_2 .

- Khi quay thuận thì hai đôi tác động là : PKC_1 (1 - 13) và PKC_1 (11 - 13).
- Lúc quay ngược thì hai đôi kia tác động là : PKC_2 (1 - 7) và PKC_2 (5 - 7).





Hình 5.13. Sơ đồ tự động hãm ngược động cơ lồng sóc

9.2.2. Nguyên lý làm việc

- Chạy máy thuận: Ấn nút M_1 , khởi động từ K_1 có điện (mạch 1 - 3 - 5 - 7 - 9 - K_1 - 4 - 2) đóng điện vào cho động cơ quay thuận, tiếp điểm (9 - 11) của nó mở ra để đảm bảo an toàn. Khi tốc độ động cơ đã tăng cao thì rơle tốc độ

PKC₁ tác động đóng tiếp điểm (1 - 13) lại để chuẩn bị mạch hãm và mở tiếp điểm (13 - 15) an toàn của nó ra, mạch điện làm việc bình thường.

- Tắt và hãm máy: Ấn nút T, khởi động từ K₁ mất điện, cắt động cơ ra khỏi nguồn, đồng thời tiếp điểm K (13 - 15) đóng lại để tiếp điện cho khởi động từ K₂ (mạch 1 - 13 - 15 - K₂ - 4 - 2) khởi động từ K₂ đóng điện đã đảo pha vào stato để thực hiện hãm ngược. Khi tốc độ động cơ đã giảm thấp rơle tốc độ PKC mở tiếp điểm (1 - 13) của nó ra kết thúc quá trình hãm ngược; tiếp điểm (11 - 13) cũng được đóng lại để chuẩn bị cho một quá trình làm việc mới.

- Chạy máy ngược: Cũng tương tự như trên nhưng ấn vào nút M₂, tiếp điểm PKC₂ của rơle tốc độ hoạt động để thực hiện hãm ngược.

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy nêu các nguyên tắc khống chế truyền động điện. Nêu một vài ví dụ điển hình.
2. Vẽ sơ đồ nguyên lý các mạch truyền động điện cơ bản, nêu nguyên lý làm việc của chúng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

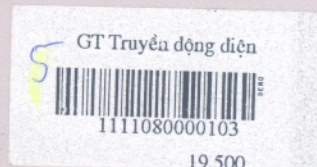
1. ***Truyền động điện.*** Bùi Quốc Khánh - Nguyễn Văn Liễn - Nguyễn Thị Hiền. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật Hà Nội.
2. ***Điện tử công nghiệp và truyền động điện tự động.*** Phạm Văn Diễm - Nguyễn Văn Liễn, Nhà in Đại học Bách khoa Hà Nội, 2000.
3. ***Sửa chữa điện máy công cụ.*** Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật Hà Nội.
4. ***Điều khiển tự động truyền động điện.*** Trịnh Đình Đề - Võ Trí An, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Lời nói đầu</i>	5
Chương 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN	
I. Cấu trúc chung và phân loại.....	7
II. Khái niệm chung về đặc tính cơ của động cơ điện.....	8
III. Đặc tính cơ của máy sản xuất.....	9
IV. Trạng thái làm việc của truyền động điện.....	11
V. Điều kiện ổn định tĩnh của hệ truyền động điện.....	14
Chương 2. ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN	
I. Khái niệm chung.....	17
II. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.....	18
III. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.....	37
IV. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ.....	45
V. Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ.....	65
Chương 3. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN	
I. Khái niệm chung về điều chỉnh tốc độ.....	72
II. Những chỉ tiêu điều chỉnh tốc độ.....	72
III. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.....	76
IV. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.....	93
Chương 4. TÍNH, CHỌN HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN	
I. Những vấn đề chung.....	111
II. Các chế độ làm việc của truyền động điện.....	111
III. Chọn công suất động cơ cho những truyền động không điều chỉnh tốc độ.....	112
IV. Kiểm nghiệm công suất động cơ.....	116
Chương 5. TỰ ĐỘNG KHỐNG CHẾ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN	
I. Khái niệm về các nguyên tắc tự động khống chế.....	120
II. Các mạch điện tự động khống chế cơ bản.....	126
<i>Tài liệu tham khảo</i>	143

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2007
KHOẢNG TRƯỜNG TRUNG HỌC CÔNG NGHIỆP

1. THỰC TẬP QUA BAN HÀN
2. THỰC TẬP QUA BAN NGUỘI
3. THỰC TẬP QUA BAN MÁY
4. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
5. AN TOÀN LAO ĐỘNG CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
6. VẬT LIỆU ĐIỆN
7. ĐO LƯỜNG ĐIỆN
8. CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN
9. ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT
10. MÁY CÔNG CỤ CẮT GỌT
11. ĐỒ GÁ
12. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY
13. TỔ CHỨC SẢN XUẤT
14. MÁY VÀ LẬP TRÌNH CNC
15. LÝ THUYẾT CHUYÊN MÔN TIỆN
16. SỬA CHỮA MÁY CÔNG CỤ
17. MÁY ĐIỆN
18. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN
19. KHÍ CỤ ĐIỆN - TRANG BỊ ĐIỆN
20. CUNG CẤP ĐIỆN
21. KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN LOGIC VÀ ỨNG DỤNG
22. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN CÔNG NGHỆ CTM
23. THỰC HÀNH CẮT GỌT KIM LOẠI
24. THỰC HÀNH SỬA CHỮA MÁY CÔNG CỤ
25. THÍ NGHIỆM KỸ THUẬT ĐIỆN
26. THÍ NGHIỆM MÁY ĐIỆN
27. THỰC TẬP ĐIỆN CƠ BẢN
28. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH SCKTTB
29. TIẾNG ANH CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
30. QUẢN TRỊ DOANH NGHIỆP
31. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN TRANG BỊ ĐIỆN
32. HƯỚNG DẪN ĐỒ ÁN CUNG CẤP ĐIỆN
33. CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY
34. ĐỒ ÁN CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY (ĐỒ ÁN CHI TIẾT MÁY)
35. CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ GIẢI THUẬT
36. LÝ THUYẾT TRUYỀN TIN
37. CƠ SỞ KỸ THUẬT TRUYỀN SỐ LIỆU
38. ASSEMBLY
39. THỰC TẬP CHUYÊN NGÀNH ĐIỆN
40. THỰC HÀNH PLC
41. FOXPRO



Giá: 19.500đ