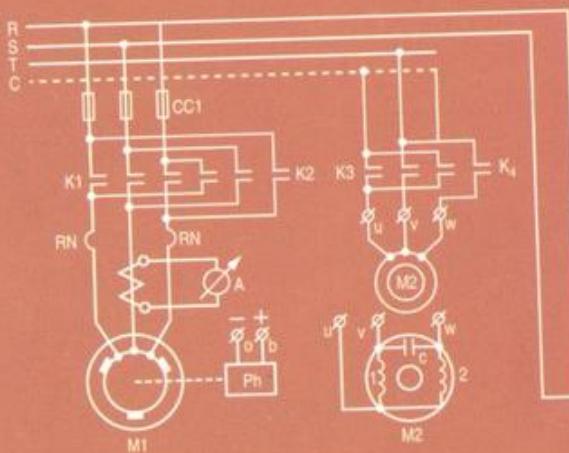


# GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN

SÁCH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

VŨ QUANG HỒI

GIÁO TRÌNH  
**KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN  
ĐỘNG CƠ ĐIỆN**

Sách dùng cho các trường đào tạo hệ Trung học chuyên nghiệp

(Tái bản lần thứ tư)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## LỜI GIỚI THIỆU

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo các chuyên ngành Điện - Điện tử, Cơ khí - Động lực ở các trường THCN là một sự cố gắng lớn của Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề và Nhà xuất bản Giáo dục nhằm từng bước thống nhất nội dung dạy và học ở các trường THCN trên toàn quốc.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung đang giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Đề cương của giáo trình đã được Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề tham khảo ý kiến của một số trường như: Trường Cao đẳng công nghiệp Hà Nội, Trường TH Việt - Hung, Trường TH Công nghiệp II, Trường TH Công nghiệp III, v.v... và đã nhận được nhiều ý kiến thiết thực, giúp cho tác giả biên soạn phù hợp hơn.

Giáo trình do các nhà giáo có nhiều kinh nghiệm giảng dạy ở các trường Đại học, Cao đẳng, THCN biên soạn. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới và biên soạn theo quan điểm mở, nghĩa là, đề cập những nội dung cơ bản cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo THCN.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Vụ THCN - DN đề nghị các trường sử dụng những giáo trình xuất bản lần này bổ sung cho nguồn giáo trình đang rất thiếu hiện nay nhằm phục vụ cho việc dạy và học của các trường có chất lượng cao hơn. Các giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kỹ thuật viên, công nhân kỹ thuật muốn nâng cao kiến thức và tay nghề cho mình.

Hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình biên soạn tiếp hoặc lần xuất bản sau có chất lượng tốt hơn. Mọi góp ý xin gửi về Nhà xuất bản Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

Vụ THCN - DN

## MỞ ĐẦU

Giáo trình được biên soạn theo **dề cương** do Vụ THCN-DN, Bộ Giáo dục và Đào tạo xây dựng và thông qua. Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ lôgic chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lí thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn.

Nội dung của giáo trình được biên soạn với dung lượng 60 tiết, gồm: Chương I - Khái quát về hệ truyền động điện ; Chương II - Các bộ biến đổi ; Chương III - Các phần tử điều khiển ; Chương IV - Đặc tính cơ bản của động cơ điện ; Chương V - Các mạch điều khiển động cơ điện thường gặp ; Phụ lục.

Trong quá trình sử dụng, tùy theo yêu cầu cụ thể có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương. Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trang thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể - Thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lí thuyết của mỗi môn.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh THCN, Công nhân lành nghề bậc 3/7 và nó cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên Cao đẳng kỹ thuật cũng như kỹ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế của nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi hết khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Mọi góp ý xin gửi về Nhà Xuất bản Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

Tác giả

## Chương 1

### KHÁI QUÁT VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

*Động cơ điện (xoay chiều và một chiều) là thiết bị biến đổi điện năng thành cơ năng. Các máy sản xuất sử dụng cơ năng hầu hết dùng động cơ điện mà chủ yếu là động cơ điện xoay chiều 3 pha ở dải công suất từ nhỏ đến lớn. Động cơ điện xoay chiều 1 pha chỉ được dùng ở dải công suất nhỏ. Động cơ điện một chiều do phức tạp hơn về cấu tạo, vận hành và bảo dưỡng nên ít được sử dụng hơn so với động cơ điện xoay chiều. Nhìn chung, khi động cơ điện xoay chiều không đáp ứng được các yêu cầu công nghệ của máy sản xuất thì người ta sử dụng động cơ điện một chiều.*

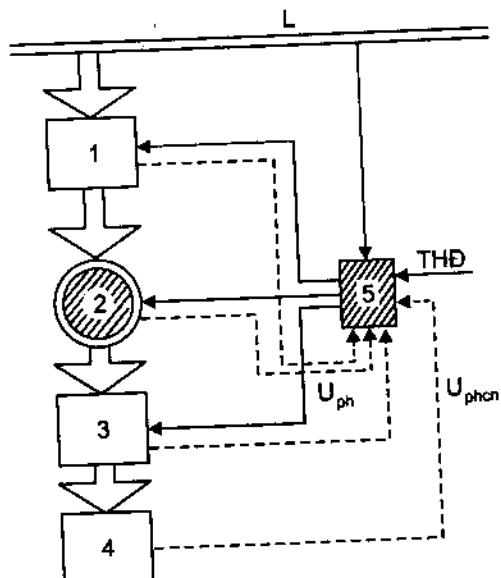
Điều khiển vận hành một động cơ điện là một vấn đề đã được biết ngay từ khi động cơ điện ra đời. Song với các máy sản xuất hiện đại trong mọi lĩnh vực thì việc điều khiển quá trình biến điện năng thành cơ năng - thông qua động cơ điện - với các mục đích khác nhau cũng ngày càng đa dạng và phức tạp.

*Truyền động lực cho một máy, một dây chuyển sản xuất mà dùng điện năng thì gọi là truyền động điện (TĐĐ).*

*Tập hợp tất cả các thiết bị biến đổi điện năng thành cơ năng và các thiết bị dùng để điều khiển quá trình biến đổi đó được gọi là một hệ thống truyền động điện (HT TĐĐ).*

Các HT TĐĐ tự động ngày nay thường dùng các mạch điều khiển kỹ thuật số với chương trình phần mềm linh hoạt, dễ thay đổi luật điều khiển và cấu trúc tham số. Do đó mạch tác động nhanh, linh hoạt và có độ chính xác cao.

Cấu trúc của một HT TĐĐ nói chung thường bao gồm các khâu sau (hình 1.1):



Hình 1.1. Sơ đồ cấu trúc của một HT TĐĐ  
 L - lưới điện ; THĐ - tín hiệu đặt ;  
 U<sub>ph</sub> - tín hiệu phản hồi ;  
 U<sub>phcn</sub> - tín hiệu phản hồi công nghệ ;  
 1- bộ biến đổi ; 2- động cơ điện ;  
 3- thiết bị truyền lực ;  
 4- cơ cấu sản xuất (hay máy sản xuất) ;  
 5- thiết bị điều khiển.

**1. Bộ biến đổi :** dùng để biến đổi loại dòng điện (xoay chiều thành một chiều và ngược lại), biến đổi mức điện áp (hoặc dòng điện), biến đổi số pha, biến đổi tần số v.v...

Các bộ biến đổi (BBĐ) thường dùng là các bộ chỉnh lưu không điều khiển và có điều khiển, các máy biến đổi điện áp (MBA), các bộ biến tần (BBT) v.v...

**2. Động cơ điện :** dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng (chế độ động cơ) hay cơ năng thành điện năng (chế độ máy phát khi hâm điện).

Các động cơ điện (Đ) thường dùng là :

- động cơ điện một chiều kích từ độc lập, song song, nối tiếp, hỗn hợp hay kích từ bằng nam châm vĩnh cửu ;

- động cơ điện xoay chiều ba pha không đóng bộ rôto lồng sóc hay dây quấn ;

- động cơ điện xoay chiều ba pha có cổ góp ;

- động cơ đồng bộ v.v...

**3. Thiết bị truyền lực (hay cơ cấu truyền lực) :** dùng để truyền lực từ trực động cơ điện đến cơ cấu sản xuất hay để biến đổi dạng chuyển động (quay thành tịnh tiến hay lắc), hoặc để làm phù hợp về tốc độ, mômen, lực v.v...

Để truyền lực, có thể dùng các bánh răng, thanh răng, trực vít, xích, đai truyền, các bộ lì hợp cơ hoặc điện tử v.v...

**4. Cơ cấu sản xuất :** dùng để thực hiện các thao tác sản xuất và công nghệ (gia công chi tiết, nâng - hạ tải trọng, dịch chuyển v.v...).

**5. Thiết bị điều khiển :** dùng để điều khiển bộ biến đổi, động cơ điện, thiết bị truyền lực.

Thiết bị điều khiển có thể là các khí cụ đóng cắt mạch có tiếp điểm (công tắc, nút bấm, rơle, công tắc tơ) hay không có tiếp điểm (điện tử, bán dẫn), các bộ khuếch đại, các bộ điều chỉnh (regulator), các bộ vi xử lý (microprocessor), các máy tính (computer), các bộ điều khiển theo chương trình CPU, PLC, NC, CNC v.v...

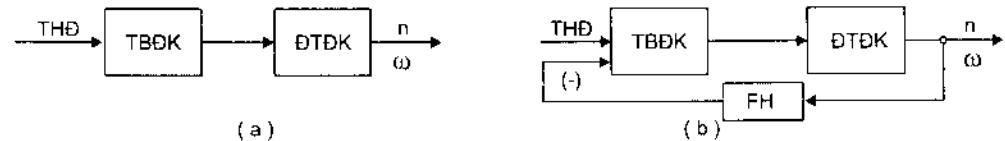
Các thiết bị đo lường, cảm biến (sensor) dùng để lấy các tín hiệu phản hồi có thể là các loại đồng hồ đo (điện áp, dòng điện, tần số...), các cảm biến từ, cơ, quang v.v...

Một HT TĐĐ không nhất thiết phải có đầy đủ các khâu như đã nêu. Tuy nhiên, một HT TĐĐ bất kì luôn bao gồm 2 phần chính :

- Phần lực : bao gồm động cơ điện và BBĐ (có thể không có BBĐ).

- Phần điều khiển

Một HT TĐĐ được gọi là hệ hở khi không có phản hồi. Ví dụ : một động cơ kéo máy bơm nước sẽ quay sau khi đóng điện. Tốc độ động cơ (một đại lượng đầu ra) không được kiểm soát tự động. Sơ đồ khối của một hệ thống hở như hình 1.2a.



**Hình 1.2. a) Hệ TĐĐ (hở) ; b) Hệ TĐĐ (kín)**

TBĐK - thiết bị điều khiển ; DTĐK - đối tượng điều khiển (động cơ điện) ; FH - khâu phản hồi.

Một HT TĐĐ được gọi là hệ kín khi có phản hồi. Sơ đồ khối của một hệ thống kín như hình 1.2b.

*Ví dụ :* Một động cơ điện (ĐTĐK) kéo một máy sản xuất cần phải ổn định tốc độ đầu ra (tốc độ quay n (vòng/phút) hay tốc độ góc  $\omega$  (radian/giây)) thì đại lượng ra là tốc độ sẽ được đo lường và đưa trở lại đầu vào dưới dạng tín hiệu điện để so sánh với tín hiệu đặt (THĐ). Giả thử THĐ làm thiết bị điều khiển (TBĐK) điều khiển động cơ quay với tốc độ quay n. Vì lí do nào đó, tốc độ động cơ tăng lên ( $> n$ ) thì tín hiệu phản hồi (FH) quay về TBĐK sẽ được so sánh với THĐ và sai lệch giữa 2 tín hiệu sẽ làm TBĐK điều khiển động cơ quay chậm lại, trở về tốc độ n. Nếu tốc độ động cơ giảm đi ( $< n$ ) thì quá trình diễn biến ngược lại và động cơ được điều khiển để quay nhanh lên, trở về tốc độ n. Việc điều khiển giữ ổn định tốc độ động cơ như vậy gọi là điều khiển theo sai lệch. Tín hiệu FH có tác dụng ngược với THĐ nên gọi là tín hiệu phản hồi âm, thể hiện bằng dấu (-).

HT TĐĐ kín đảm bảo chất lượng điều khiển tốt hơn HT TĐĐ hở.

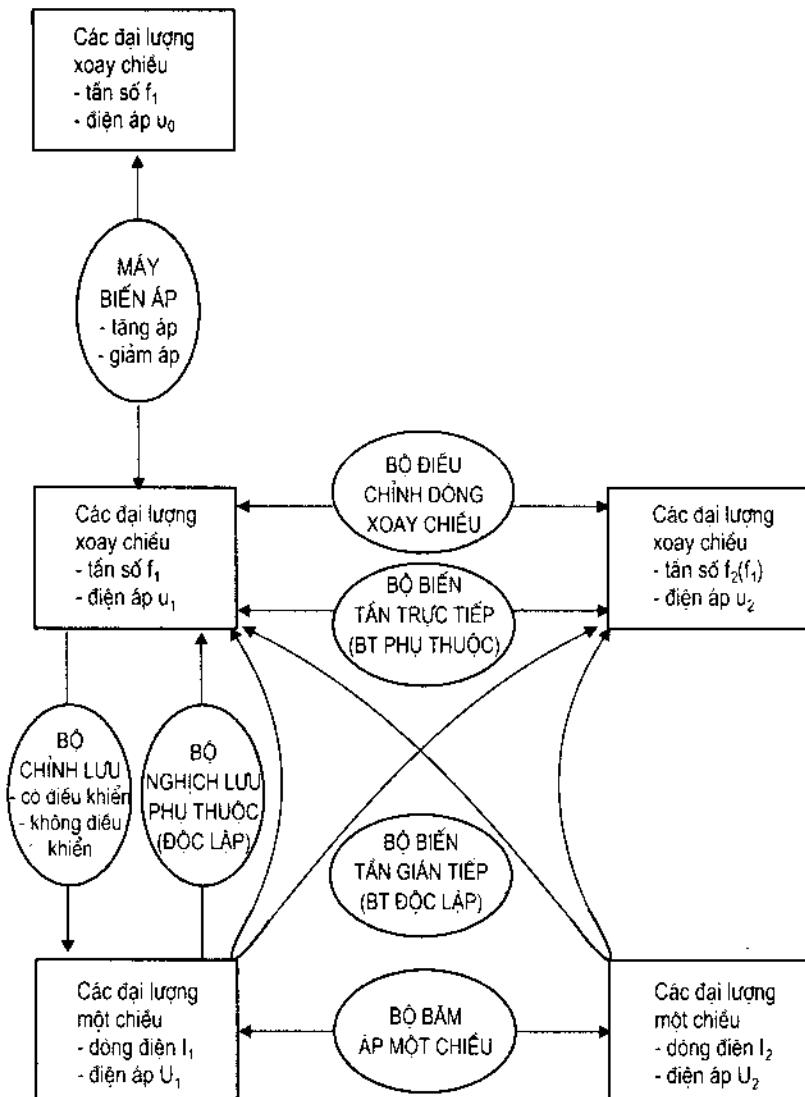
## CÂU HỎI - CHƯƠNG 1

1. TĐĐ là gì ? Một HT TĐĐ bao gồm những gì ? Nếu cấu trúc chung của một HT TĐĐ.
2. Thế nào là một HT TĐĐ hở ? HT TĐĐ kín ?

## Chương 2

### CÁC BỘ BIẾN ĐỔI

Nguồn điện do các nhà máy điện (thủy điện, nhiệt điện, điện nguyên tử...) sản xuất và đưa lên lưới điện có dạng điện áp hình sin với trị số điện áp và tần số cố định (thường là 50 Hz). Các động cơ truyền động cho máy sản xuất lại có yêu cầu phức tạp hơn về nguồn điện cấp. Do vậy, như đã đề cập ở chương 1, giữa lưới điện và động cơ điện thường có bộ biến đổi (hình 1.1).



Hình 2.1. Tác dụng và quan hệ của các BBĐ.

*Các bộ biến đổi (BBD) dùng để biến đổi các đại lượng điện của nguồn điện ở đầu vào thành các đại lượng điện ở đầu ra sao cho phù hợp với yêu cầu cấp điện của động cơ điện.*

BBD là khâu quan trọng trong một hệ TĐĐ vì nó quyết định khả năng và chất lượng điều chỉnh các chế độ làm việc của động cơ điện (cũng là của máy sản xuất).

Các BBD dùng để biến đổi loại nguồn (nguồn áp, nguồn dòng), loại dòng điện (xoay chiều, một chiều), tần số, số pha, mức (điện áp, dòng điện) v.v...

Hình 2.1 là sơ đồ nêu lên vai trò, tác dụng cũng như vị trí, quan hệ của các BBD.

Do giới hạn về nội dung chương trình, chương này chỉ đề cập tới một số BBD phổ biến, thường dùng trong thực tế.

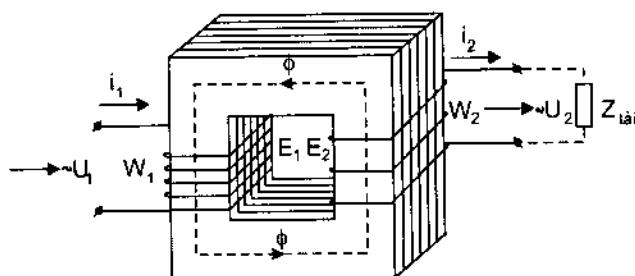
### 2.1. Bộ biến đổi mức điện áp (hay dòng điện) xoay chiều

*BBD mức điện áp xoay chiều là các máy biến áp. Máy biến áp (MBA) là thiết bị dùng để biến đổi điện áp xoay chiều từ giá trị này thành giá trị khác ở cùng một tần số.*

#### 2.1.1. MBA một pha

Sơ đồ cấu tạo đơn giản nhất của MBA như trên hình 2.2. Khi cuộn sơ cấp ( $W_1$ ) được đặt vào một điện áp xoay chiều  $\sim U_1$  thì có dòng sơ cấp  $i_1$  và một từ thông xoay chiều  $\Phi$  được tạo ra móc vòng qua cả 2 cuộn ( $W_1, W_2$ ). Trong 2 cuộn sẽ xuất hiện các sức điện động (s.d.d.) ngược pha với điện áp  $U_1$  và tỉ lệ với số vòng dây của mỗi cuộn.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (2.1)$$



*Hình 2.2. Nguyên lý cấu tạo MBA một pha*

Khi hở mạch thứ cấp (MBA không tải) thì dòng  $i_2 = 0$ . Trong cuộn sơ cấp có dòng  $i_1$  rất nhỏ tạo ra từ thông móc vòng trong lõi sắt và năng lượng của dòng này chỉ dùng để bù lại tổn hao sắt (tổn hao do từ trễ và do dòng điện xoáy). Lúc MBA không tải có thể coi  $U_1 \approx E_1$  vì sụt áp trong cuộn sơ cấp không đáng kể.

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = k_{BA} \quad (2.2)$$

$k_{BA}$  - tỉ số (hay hệ số) biến áp của MBA

MBA là tăng áp ( $U_2 > U_1$ ) khi  $k_{BA} < 1$

MBA là giảm áp ( $U_2 < U_1$ ) khi  $k_{BA} > 1$

Khi MBA có tải ( $i_2 \neq 0$ ), năng lượng điện truyền tải từ sq.cấp sang thứ cấp qua hiện tượng cảm ứng điện từ với hiệu suất cao và có thể cối công suất sơ cấp xấp xỉ công suất thứ cấp.

$$U_1 I_1 \cos\phi_1 \approx U_2 I_2 \cos\phi_2$$

Khi tải dây và coi  $\cos\phi_1 \approx \cos\phi_2$  thì có

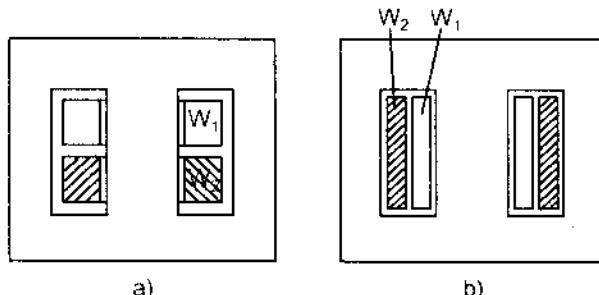
$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} = k_{BA} \quad (2.3)$$

Từ đó :

$$I_1 W_1 = I_2 W_2 \quad (2.4)$$

Tích số  $F = IW$  gọi là sức từ động (s.t.d.) hay số ampere - vòng.

Các dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  được coi là ngược pha nhau.



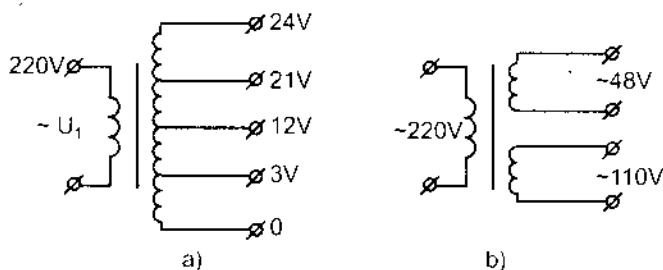
a)

b)

Hình 2.3. MBA một pha kiểu bọc  
a) kiểu đĩa ; b) kiểu ống

MBA có cấu tạo như hình 2.2 là MBA kiểu 2 trục hay kiểu lõi thép trong. MBA một pha công suất nhỏ thường có cấu tạo kiểu bọc như hình 2.3. Các cuộn  $W_1$  và  $W_2$  được quấn xung quanh lõi giữa và có thể bố trí theo kiểu đĩa (hình 2.3a) hay kiểu ống (hình 2.3b).

Để tạo nhiều mức điện áp ra, cuộn thứ cấp có thể có nhiều đầu ra (hình 2.4a) hoặc có nhiều cuộn thứ cấp (hình 2.4b).

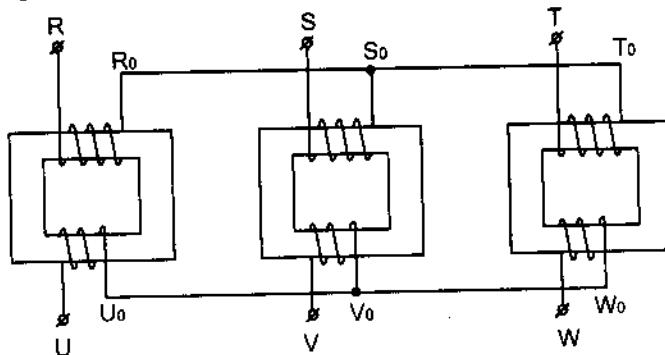


Hình 2.4. Sơ đồ MBA có nhiều mức điện áp ra  
a) một cuộn thứ cấp ; b) nhiều cuộn thứ cấp

Trên nhiều máy, có thể gấp MBA mà điện áp sơ cấp và thứ cấp bằng nhau (hình 2.5). MBA này không nhằm thay đổi điện áp mà nhằm mục đích cách ly phần mạch thứ cấp với mạch sơ cấp nối với lưới. Đây là những MBA an toàn.

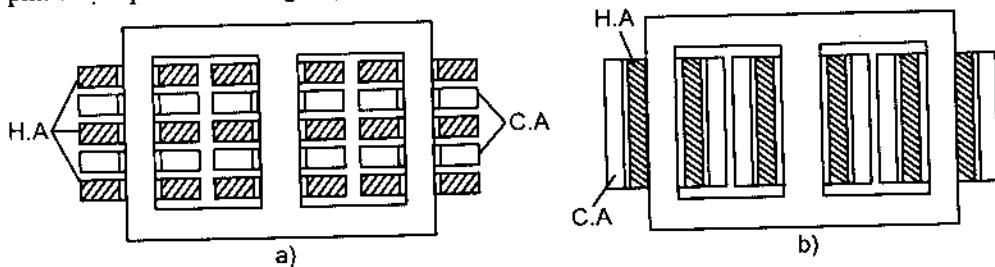
### 2.1.2. MBA ba pha

Để biến đổi các điện áp ba pha, có thể sử dụng ba MBA một pha (hình 2.6) hoặc một MBA ba pha.



Hình 2.6. Biến đổi điện áp ba pha nhờ 3 MBA một pha.

MBA ba pha có cấu tạo như hình 2.7. Các cuộn sơ cấp và thứ cấp của cùng một pha được quấn trên cùng một trụ. Có 2 kiểu quấn:



Hình 2.7. Nguyên lý cấu tạo MBA ba pha  
a) MBA 3 pha kiểu đĩa ; b) MBA 3 pha kiểu ống.

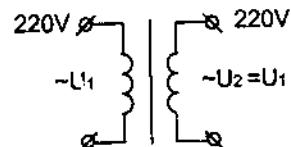
- Kiểu đĩa : các cuộn dây cao áp C.A (cuộn có điện áp cao) và hạ áp H.A (cuộn có điện áp thấp) có dạng đĩa đặt xen kẽ nhau (hình 2.7a).

- Kiểu ống : cuộn H.A quấn sát trụ, cuộn C.A quấn ôm bên ngoài cuộn H.A (hình 2.7b).

Các cuộn sơ cấp và thứ cấp MBA ba pha có thể nối  $\lambda$  hoặc  $\Delta$ . Do vậy, có các cách nối :  $\lambda/\lambda$ ,  $\Delta/\Delta$ ,  $\lambda/\Delta$ ,  $\Delta/\lambda$

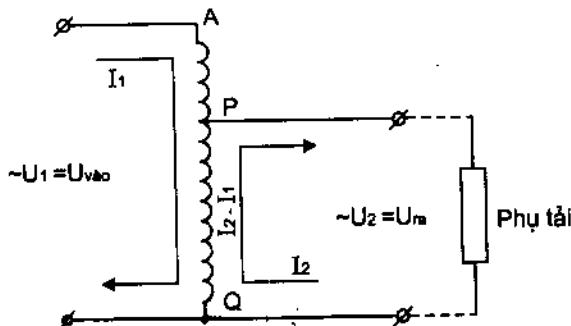
### 2.1.3. MBA tự ngẫu

MBA tự ngẫu (MBATN) chỉ có 1 cuộn dây (hình 2.8), mạch sơ cấp và thứ cấp không tách biệt nhau như các MBA đã xét ở trên. Một phần cuộn dây (PQ) là cuộn thứ cấp, phần khác (AQ) là cuộn sơ cấp. Điện áp mỗi phần phụ thuộc vào số vòng



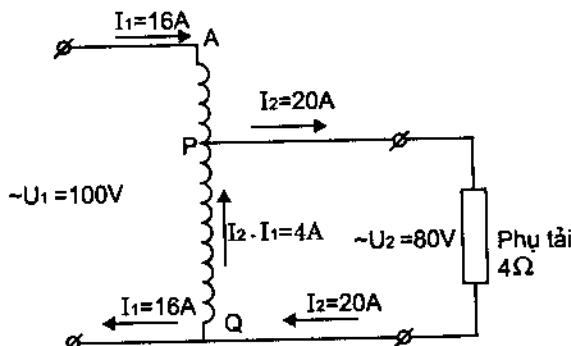
Hình 2.5. MBA an toàn

dây của phần đó. Vì 2 dòng  $I_1$  và  $I_2$  ngược pha nhau nên phần PQ chỉ có dòng ( $I_2 - I_1$ ) chạy qua.



Hình 2.8. Sơ đồ nguyên lý MBATN

Ta minh họa sự làm việc của MBATN qua ví dụ cụ thể ở hình 2.9 với  $U_1 = 100V$ ,  $U_2 = 80V$ ,  $R_{\text{tải}} = 4\Omega$ . Có thể thấy ngay  $I_2 = 80V : 4\Omega = 20A$ . Công suất phụ tải:  $P_2 = 80V \times 20A = 1600 W$ . Công suất này được truyền tải từ phía sơ cấp nên dòng sơ cấp là:  $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = 1600W : 100V = 16A$ . Phần AP có điện áp (100 V - 80V = 20V) nên có công suất  $20V \times 16A = 320W$ . Công suất này tạo từ thông trong MBATN và cảm ứng điện áp 80V với dòng  $20A - 16A = 4A$  ở phần PQ.



Hình 2.9. MBATN cấp điện cho phụ tải

Suy ra: công suất chuyển ra phụ tải của phần thứ cấp PQ là 320W trong tổng công suất phụ tải 1600W. Phần còn lại  $1600W - 320W = 1280W$  được lấy từ nguồn thẳng qua AP tới tải.

Đối với MBA có 2 cuộn sơ cấp và thứ cấp tách biệt thì toàn bộ công suất đầu vào được truyền tới phụ tải ở đâu ra qua cảm ứng điện từ. Ở MBATN, công suất do cảm ứng điện từ truyền tới phụ tải chỉ là một phần. Do vậy, kích thước MBATN nhỏ hơn so với MBA 2 cuộn dây có cùng công suất.

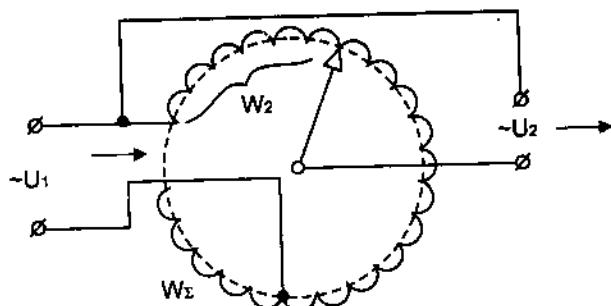
Công suất truyền tải thẳng từ nguồn tới phụ tải sẽ tăng lên khi  $k_{BA} \rightarrow 1$ . Khi  $k_{BA} = 1$  (hình 2.10) thì  $I_1 = I_2$  và có thể nói toàn bộ công suất trên phụ tải được lấy thẳng từ nguồn điện. Cuộn dây MBATN là không tải.

Hình 2.11 trình bày một sơ đồ nối dây MBATN lõi sắt hình xuyến có thể thay đổi điện áp ra

$U_2$  nhờ cần xoay con trượt để đổi số vòng dây  $W_2$ . Điện áp ra có thể thay đổi liên tục từ (0 + 120)% điện áp vào:

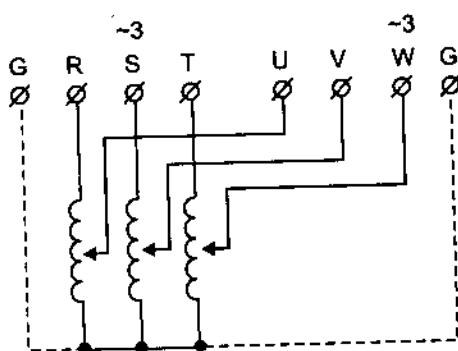
$$U_{ra} = U_{vào} \frac{W_2}{W_{\Sigma}} \quad (2.5)$$

trong đó:  $W_{\Sigma}$  - tổng số vòng dây quấn trên xuyến từ.



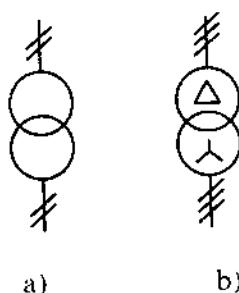
Hình 2.11. Sơ đồ nối dây MBATN hình xuyến có điện áp ra thay đổi được.

Nếu liên kết 3 MBATN một pha lại theo sơ đồ hình 2.12 thì ta có một MBATN ba pha.



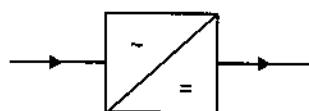
Hình 2.12. Sơ đồ nối dây MBATN ba pha

Kí hiệu MBA trên sơ đồ điện ở hình 2.13.



Hình 2.13. Kí hiệu MBA một pha (a) và ba pha (b)

## 2.2. Bộ biến đổi loại dòng điện : xoay chiều thành một chiều (XC-MC)



Hình 2.14. Kí hiệu tổng quát  
một bộ CL

Các BBD xoay chiều thành một chiều còn gọi là các bộ chỉnh lưu (CL) và có kí hiệu như hình 2.14.

Có rất nhiều sơ đồ CL và có thể phân loại như sau:

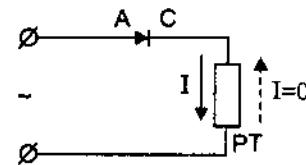
- Theo số pha, có : CL một pha, CL ba pha
  - Theo sơ đồ nối, có : CL nửa chu kì, CL hai nửa chu kì hay cả chu kì, CL hình tia, CL cầu.
  - Theo sự điều khiển, có : CL không điều khiển, CL có điều khiển.
- Hiện nay, CL không điều khiển thường dùng diốt, CL có điều khiển thường dùng thyristo.

### 2.2.1. Chỉnh lưu không điều khiển

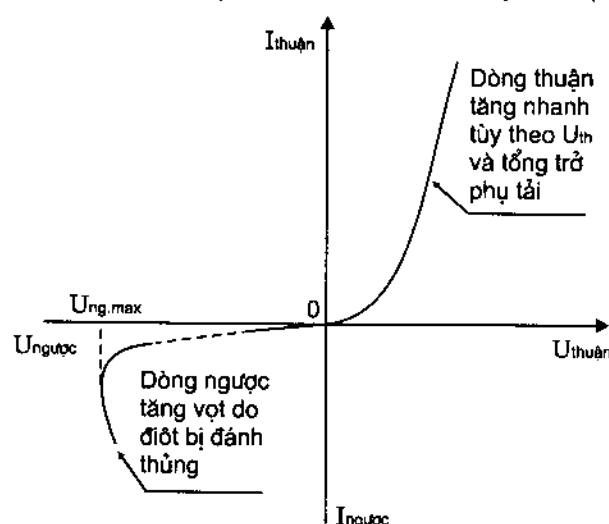
Mắc một diốt giữa nguồn xoay chiều và phụ tải (hình 2.15) thì diốt chỉ cho dòng điện chạy qua tải ở nửa chu kì mà nguồn phân áp thuận cho diốt, còn diốt không dẫn dòng (khóa) ở nửa chu kì tiếp theo vì phân áp ngược (xem mục 2 Phụ lục 1).

Khi được phân áp thuận, diốt thông, dẫn dòng ngay và trị số dòng điện phụ thuộc vào điện áp nguồn và tổng trở phụ tải. Do vậy diốt là một van không điều khiển và chỉnh lưu dùng diốt gọi là chỉnh lưu không điều khiển.

Quan hệ giữa điện áp (thuận, ngược) và dòng điện (thuận, ngược) qua diốt gọi là đặc tính von-ampe của diốt, có dạng như hình 2.16 (xem mục 3 Phụ lục 1).



Hình 2.15. Tải được cấp điện  
qua diốt.



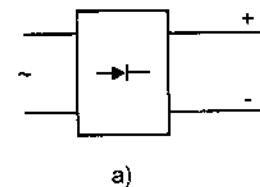
Hình 2.16. Đặc tính von-ampe của diốt.

Điốt thông (dẫn dòng qua tải) ở góc vuông thứ I (ứng với phân áp thuận) và khóa (không cho dòng qua tải) ở góc vuông thứ III (ứng với phân áp ngược).

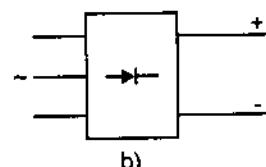
Sự chuyển trạng thái thông  $\Leftrightarrow$  khoá của diốt không thể xảy ra tức thời mà cần một thời gian nhất định (cỡ vài chục  $\mu s$  tùy theo từng loại diốt) nên nếu tần số điện áp xoay chiều quá lớn thì diốt bình thường có thể không kịp chuyển trạng thái và diốt không làm việc được. Trường hợp này phải dùng diốt tần số cao (cao tần).

Các bộ CL không điều khiển dùng diốt được kí hiệu trên sơ đồ điện như hình 2.17.

Để đáp ứng điện áp một chiều mà phụ tải cần, điện áp xoay chiều đầu vào của bộ CL diốt thường được cấp qua biến áp như hình 2.18.

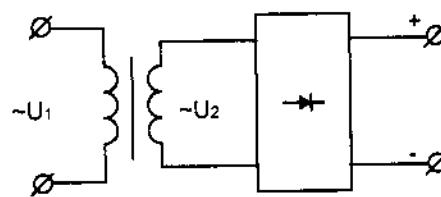


a)

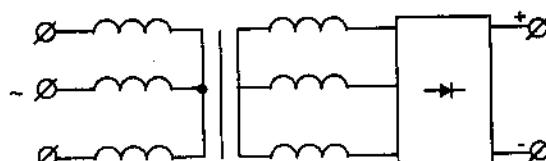


b)

Hình 2.17. Kí hiệu bộ CL không điều khiển một pha (a) và ba pha (b) dùng diốt.



a)

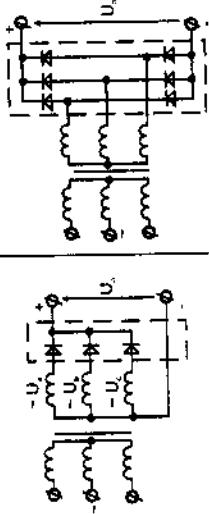
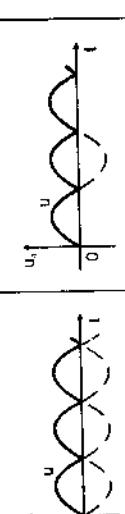
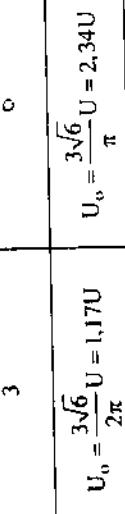
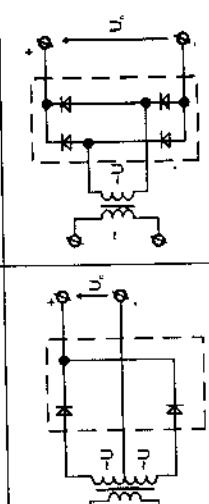
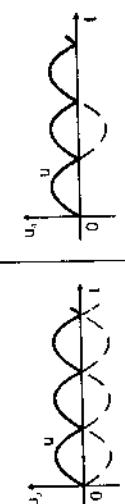
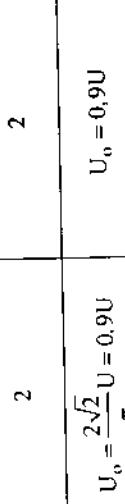
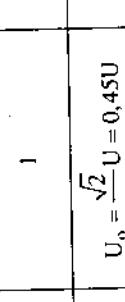
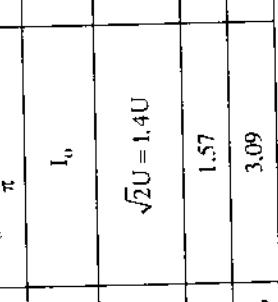


b)

Hình 2.18. Nguồn xoay chiều cấp cho bộ CL qua MBA một pha (a) và ba pha (b)

Các sơ đồ CL dùng diốt (bên trong khối chữ nhật có kí hiệu diốt) rất đa dạng, có thể là CL nửa chu kì, cả chu kì với sơ đồ hình tia, hình cầu... và được tóm tắt từ trong các giáo trình về điện tử công suất như bảng 2.1.

Bảng 2.1

Số đồ	CL một pha nửa chu kỳ	CL một pha 2 nửa chu kỳ (số đồ hình tam)	CL một pha 2 nửa chu kỳ (số đồ cầu)	CL ba pha nửa chu kỳ (số đồ hình tam)	CL ba pha nửa chu kỳ (số đồ cầu Lanenov)
Số pha	1	1	1	3	3
Số đồ					
Dạng điện áp 1 chiều sau CL					
Số lần đập mạch m trong 1 chu kỳ dòng xoay chiều	1	2	2	3	6
Điện áp chỉnh lưu $U_o$	$U_o = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U = 0,45U$	$U_o = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U = 0,9U$	$U_o = 0,9U$	$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U = 1,17U$	$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U = 2,34U$
Dòng trung bình qua 1 diot	$I_o$	$\frac{1}{2}I_o$	$\frac{1}{2}I_o$	$\frac{1}{3}I_o$	$\frac{1}{3}I_o$
Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diốt	$\sqrt{2}U = 1,4U$	$2\sqrt{2}U = 2,8U$	$\sqrt{2}U = 1,4U$	$\sqrt{6}U = 2,45U$	$\sqrt{6}U = 2,45U$
MBA	$I_2/I_o$	1,57	0,78	1,11	0,58
	$P_{BA}/P_o$	3,09	1,48	1,23	1,34
					1,05
					0,82
					1,05

Trong bảng 2.1:

$I_o$  - dòng một chiều trung bình qua phụ tải

$U_o$  - điện áp một chiều trung bình trên phụ tải

$U$  - điện áp xoay chiều hiệu dụng

$I_2$  - dòng điện hiệu dụng ở thứ cấp MBA nguồn

$P_{BA}$  - công suất MBA nguồn

$P_o$  - công suất phụ tải một chiều

Dạng và giá trị dòng  $I_o$  phụ thuộc rất nhiều vào tính chất của phụ tải.

- Tài điện trở thuần (thuần trở R) : đèn sợi, lò điện, bếp điện...
- Tài điện cảm ( $R + L$ ) : cuộn dây role, công tắc từ, lì hợp, cuộn kháng...
- Tài có s.d.d. ( $R + E$ ) : bộ nạp ác quy, bể điện phân...
- Tài  $R + L + E$  : động cơ điện...

Để phân tích chi tiết vấn đề này, bạn đọc có thể tham khảo trong các giáo trình điện tử công suất.

### 2.2.2. *Chỉnh lưu có điều khiển*

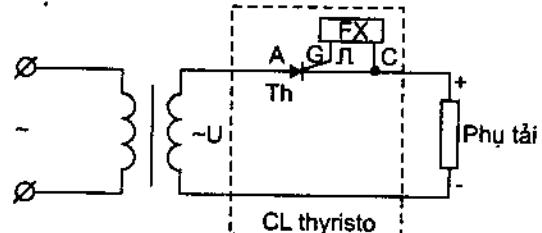
Mắc một thyristo giữa nguồn xoay chiều và phụ tải (hình 2.19) thì dù ở nửa chu kỳ mà nguồn phân áp thuận cho thyristo hay ở nửa chu kỳ mà nguồn phân áp ngược cho thyristo, thyristo cũng không thông và không cho dòng điện chảy từ nguồn qua phụ tải.

Ta đã biết (xem mục 3 Phụ lục 1) muốn một thyristo thông, cần 2

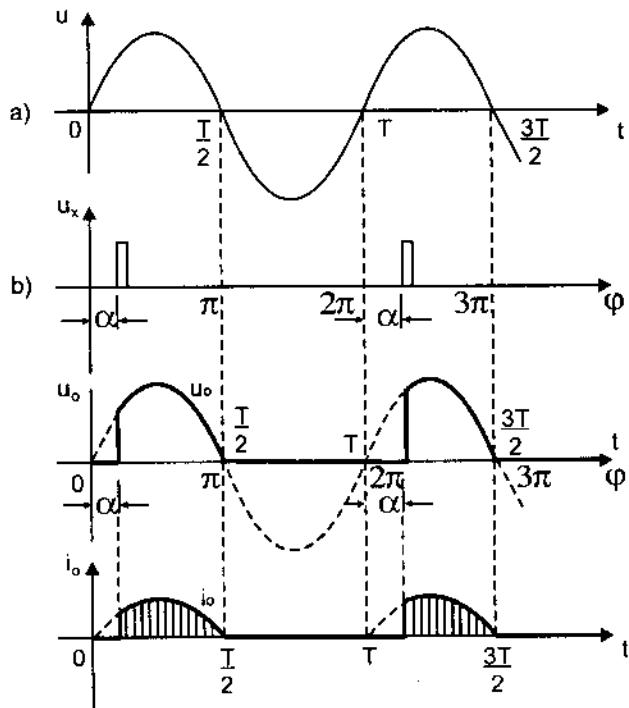
điều kiện : phân áp thuận và có xung điều khiển.

Giả thử, trong nửa chu kỳ dương của điện áp nguồn  $\sim U$  (hình 2.20a), thyristo được phân áp thuận. Nếu trong thời gian của nửa chu kỳ này, ta cấp xung điều khiển (hình 2.20b) từ bộ phát xung FX vào cực G thì thyristo sẽ thông kể từ thời điểm phát xung. Thyristo thông sẽ đặt điện áp nguồn lên phụ tải (ta coi sụt áp trên thyristo  $\approx 0$ ) và dạng điện áp này là một hình sin bị cắt xén (hình 2.20c). Nếu tải là thuần trở R thì dòng điện qua tải cũng có dạng như điện áp (hình 2.20d). Đó là dòng điện một chiều gián đoạn.

Khi điện áp nguồn ở nửa chu kỳ dương giảm về 0 thì thyristo khoá. (mục 3 Phụ lục 1 : Thyristo khoá khi bị phân áp ngược hoặc dòng đang dẫn qua thyristo giảm xuống nhỏ hơn dòng điện duy trì của nó). Trạng thái khoá của thyristo được duy trì trong suốt nửa chu kỳ âm vì nó bị phân áp ngược. Tới nửa chu kỳ dương, thyristo lại thông khi có xung điều khiển...

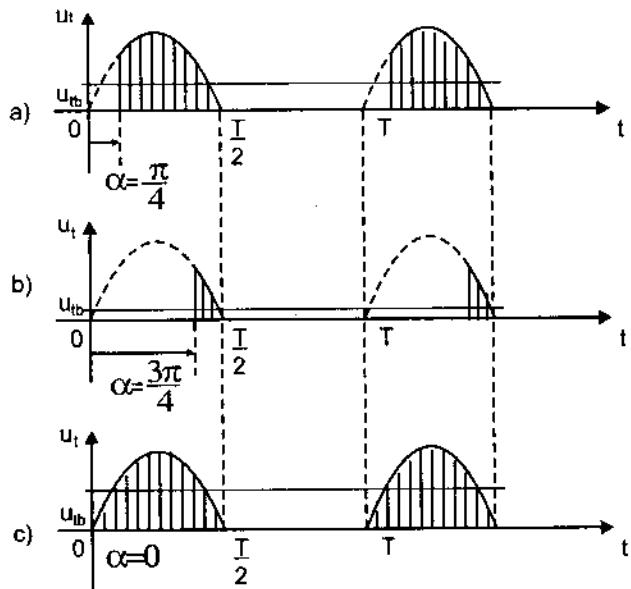


Hình 2.19. Sơ đồ CL có điều khiển 1 pha nửa chu kỳ dùng thyristo.



Hình 2.20. Giản đồ thời gian của điện áp và dòng điện của sơ đồ hình 2.19.

Góc pha  $\alpha$  kể từ thời điểm bắt đầu nửa chu kỳ dương tới lúc phát xung gọi là *góc mở*. Thay đổi góc mở  $\alpha$  sẽ thay đổi được khoảng thông (khoảng dẫn) của thyristo.

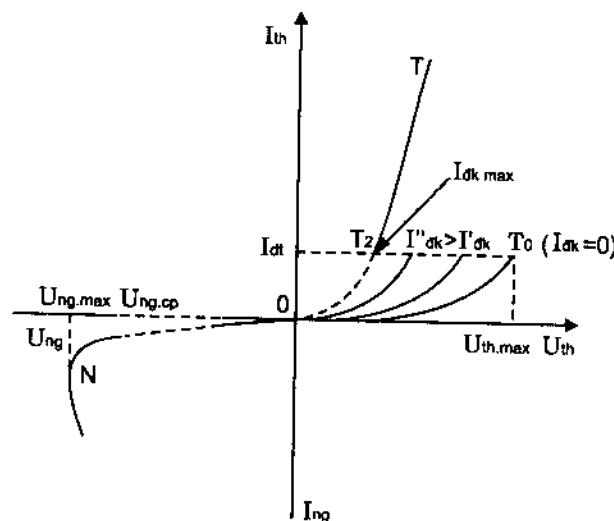


Hình 2.21. Góc mở  $\alpha$  khác nhau thì điện áp  $U_{lb}$  trên phụ tải khác nhau.

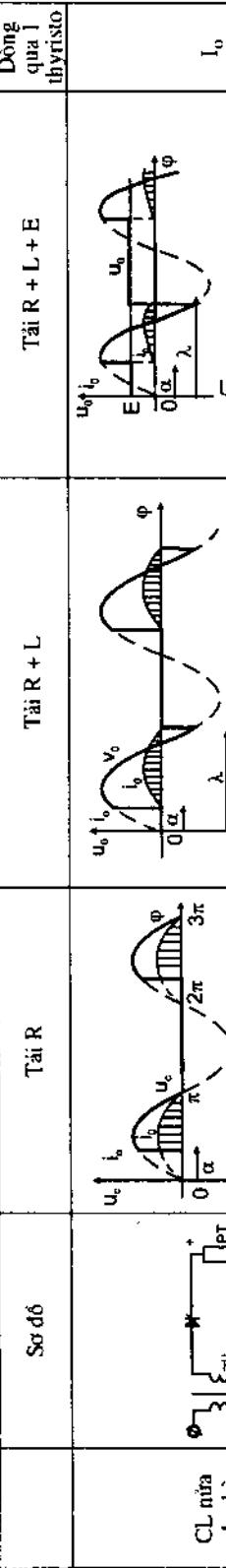
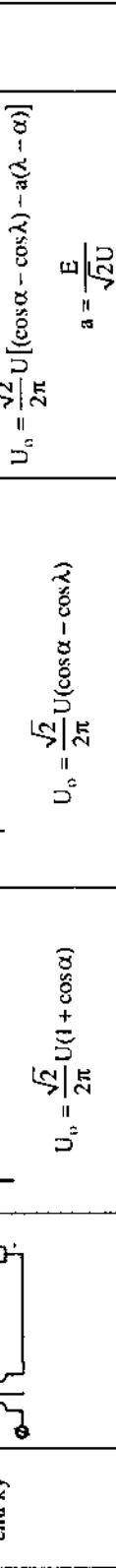
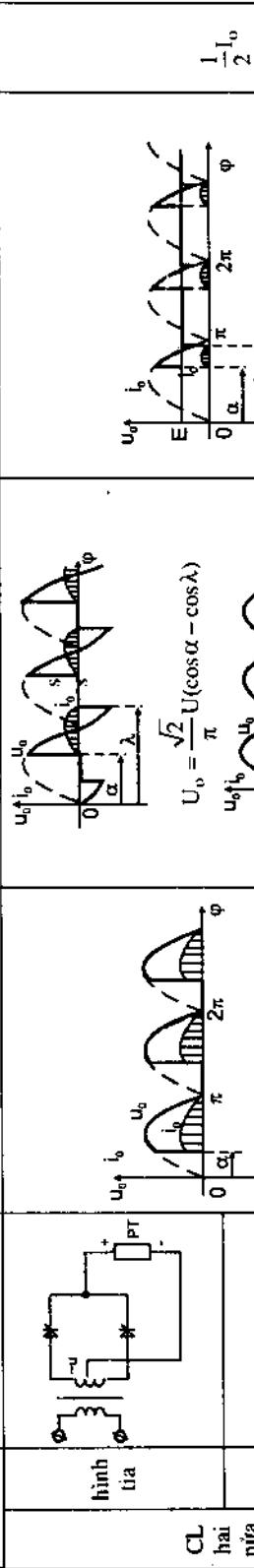
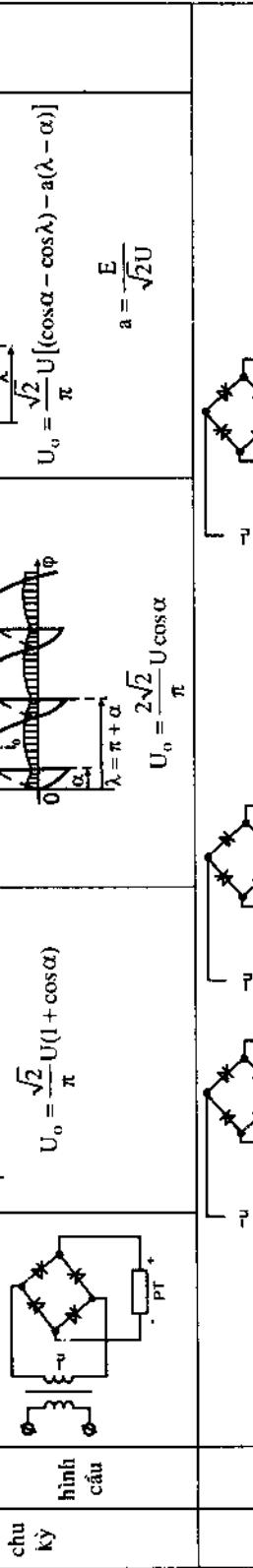
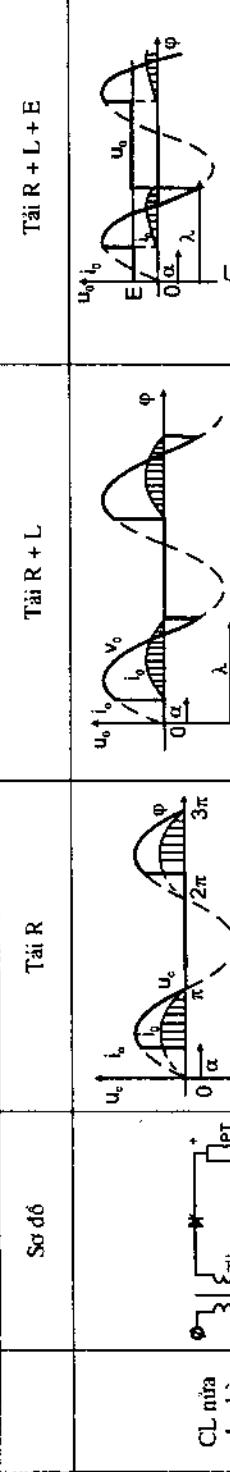
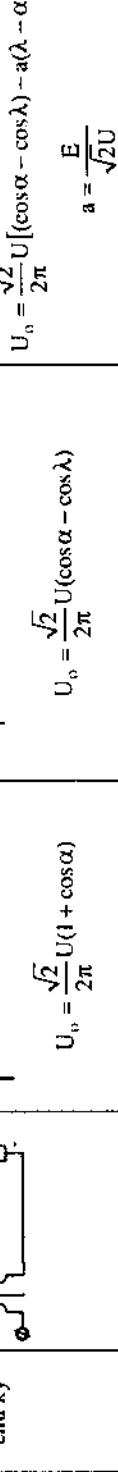
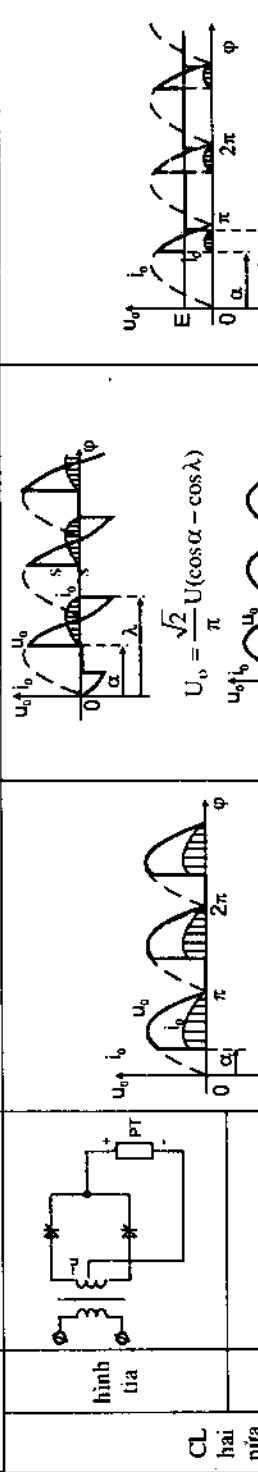
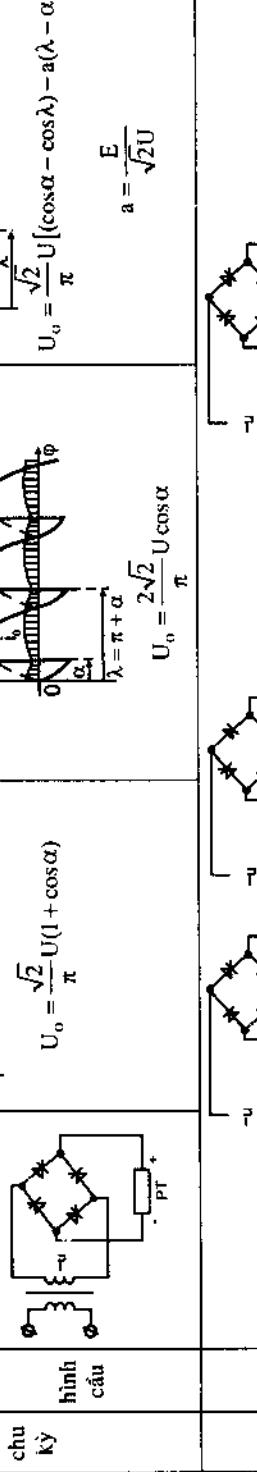
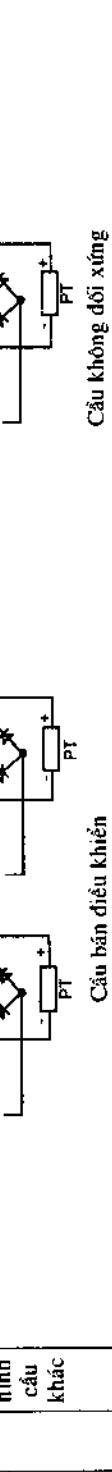
Khi  $\alpha = 0$ , khoảng thông của thyristo là lớn nhất (bằng  $\pi$ ). Khi  $\alpha = \pi$ , khoảng thông của thyristo là nhỏ nhất (bằng 0). Khoảng thông thyristo tăng thì điện áp một chiều trung bình trên phụ tải tăng.

Khi góc mở  $\alpha = 0$  thì thyristo dẫn dòng như một diốt (so sánh hình 2.21c với dạng điện áp của CL một pha nửa chu kỳ dùng diốt - bảng 2.1). Có thể coi CL không điều khiển là trường hợp riêng của CL có điều khiển khi góc mở  $\alpha = 0$ . Lúc này điện áp CL trung bình trên phụ tải là lớn nhất.

Đặc tính von-ampe của thyristo có dạng như hình 2.22. Qua đặc tính này, ta thấy thyristo sẽ tự thông ( $I_{dk} = 0$ ) khi điện áp thuận tăng tới một giá trị đủ lớn  $U_{th,max}$ . Dưới điện áp thuận đó ( $U_{th} < U_{th,max}$ ) thì phải có  $I_{dk}$  để mở thông thyristo. Điện áp thuận càng nhỏ thì cần  $I_{dk}$  càng lớn.



Bảng 2.2. Các sơ đồ CL một pha có điều khiển.

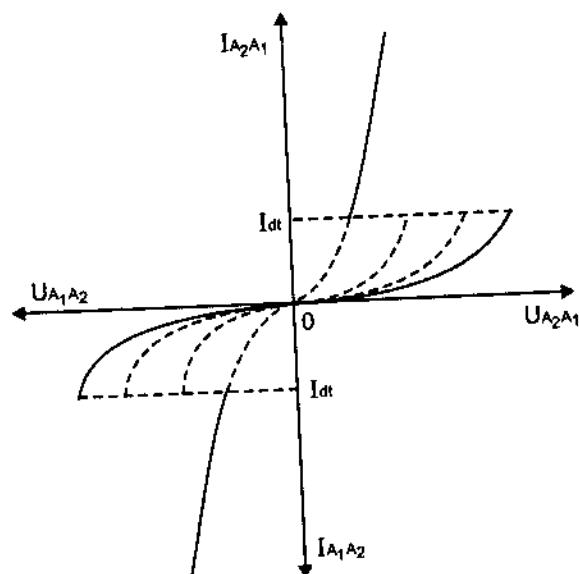
	Sơ đồ	Tải R	Tải R + L	Tải R + L + E	Dòng qua 1 thyristor
CL nifa chú kỳ		 $U_o = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} U(1 + \cos\alpha)$	 $U_o = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} U(\cos\alpha - \cos\lambda)$ $a = \frac{E}{\sqrt{2}U}$	 $U_o = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U(\cos\alpha - \cos\lambda) - a(\lambda - \alpha)$ $a = \frac{E}{\sqrt{2}U}$	 $I_o$
CL hai nifa chú ky hình cầu		 $U_o = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U(\cos\alpha - \cos\lambda)$	 $U_o = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U(1 + \cos\alpha)$	 $U_o = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U \cos\alpha$	
hình cầu khác					Cầu không đổi xứng

Bảng 2.3. Các sơ đồ CL ba pha có điều khiển.

	Sơ đồ	Điện áp chỉnh lưu trung bình	Dòng qua một thyristo
Hình tia		$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \frac{1 + \cos\left(\frac{\pi}{6} + \alpha\right)}{\sqrt{3}}$ <p>khi <math>\alpha &lt; \frac{\pi}{6}</math> :</p> $U_o = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \cos \alpha = 1,11 U \cos \alpha$	$\frac{1}{3} I_o$
Hình cầu		$U_o = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \alpha = 2,34 U \cos \alpha$	$\frac{1}{3} I_o$

### 2.3. Bộ biến đổi dòng điện : xoay chiều - xoay chiều (XC-XC)

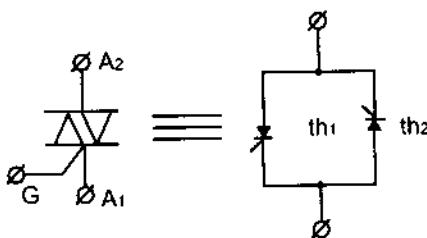
MBA biến đổi mức điện áp xoay chiều, do đó thay đổi trị số dòng điện xoay chiều tùy theo tỉ số biến áp (xem mục 2.1). Muốn có nhiều mức điện áp thì phần thứ cấp MBA phải có nhiều cuộn với số vòng khác nhau hoặc một cuộn với nhiều đầu ra. Mức điện áp có thể thay đổi liên tục hơn nhờ MBA tự ngẫu. Tuy vậy, điện



Hình 2.24. Đặc tính von-ampe của triac

áp ra cũng không thể có giá trị nằm giữa giá trị điện áp ứng với 1 vòng dây. Cách này càng không cho điện áp liên tục khi công suất MBA lớn vì số vòng dây ít. Hơn nữa, khi thay đổi mức điện áp là nhờ các tiếp điểm nên dễ tạo ra sự tiếp xúc không tốt và gây đánh lửa.

Ưu điểm của việc dùng MBA là giữ được điện áp hình sin.



**Hình 2.25.** Kí hiệu của triac (a) và sự tương ứng giữa triac và thyristo (b)

Các bộ biến đổi dòng điện xoay chiều bằng thiết bị bán dẫn thường dùng thyristo và triac (xem mục 5 Phụ lục 1). Triac có đặc tính von-ampe đối xứng (hình 2.24) mà mỗi nửa giống như đặc tính von-ampe của thyristo. Do vậy triac khi được điều khiển thông sẽ dẫn điện trong cả 2 nửa chu kỳ và điện áp trên phụ tải sẽ là xoay chiều.

Kí hiệu của triac như hình 2.25a và triac dẫn điện cả 2 chiều nên tương đương như một cặp thyristo mắc song song ngược ở hình 2.25b.

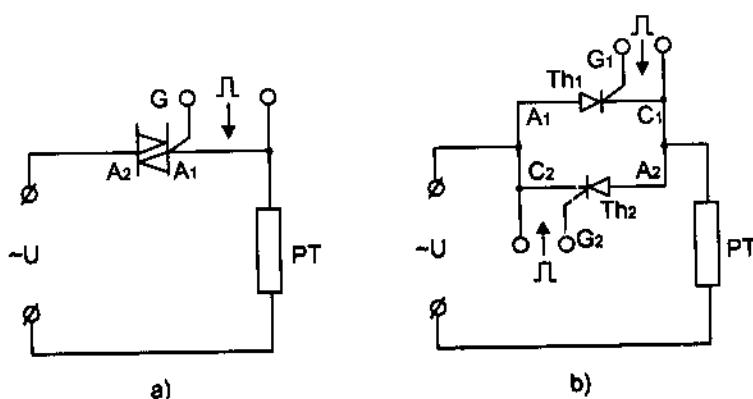
*Triac thông trong các điều kiện sau :*

-  $U_{A2A1}$  dương với dòng  $I_G$  dương hay âm ;

-  $U_{A2A1}$  âm với dòng  $I_G$  dương hay âm.

Như vậy có tất cả 4 khả năng mở thông triac.

*Triac khóa khi giá trị dòng đang dẫn giảm xuống thấp hơn giá trị dòng điện duy trì (hình 2.24), tương tự như điều kiện khóa của thyristo.*



**Hình 2.26.** Điều chỉnh dòng điện xoay chiều dùng triac (a) hoặc dùng cặp thyristo mắc song song ngược (b).

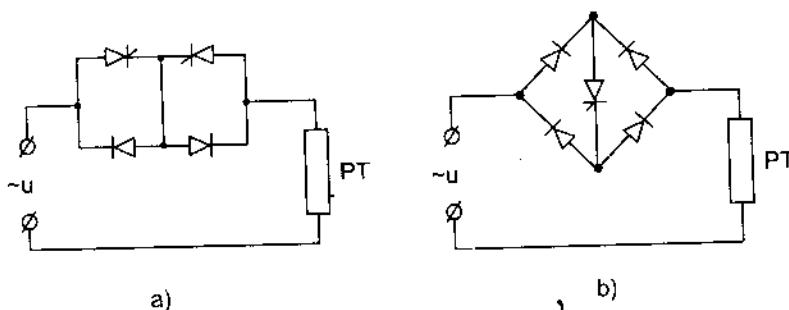
Trên hình 2.26a là mạch của một phụ tải xoay chiều 1 pha được cấp điện qua một triac từ nguồn điện  $\sim u$ . Triac có thể làm việc ở 2 chế độ :

a) *Chế độ thông - khóa* như một bộ đóng - cắt không tiếp điểm. Lúc này góc mở  $\alpha = 0$ . Khi triac thông, phụ tải được nối vào nguồn và tiêu thụ đủ công suất. Khi triac khóa, phụ tải bị cắt khỏi nguồn, công suất tiêu thụ bằng 0.

b) *Chế độ điều chỉnh dòng xoay chiều qua phụ tải*. Lúc này góc mở  $\alpha \neq 0$ . Góc mở  $\alpha$  càng lớn, điện áp xoay chiều đặt lên phụ tải càng nhỏ và dòng điện xoay chiều qua phụ tải càng nhỏ. Nếu PT là một động cơ (quạt trần chẳng hạn) thì góc mở  $\alpha$  tăng, tốc độ động cơ sẽ giảm.

Có thể dùng 1 cặp thyristo mắc song song ngược thay cho triac (hình 2.26b). Giả sử ở nửa chu kỳ dương của nguồn xoay chiều, ta cho xung kích mở thyristo Th1 thì ở nửa chu kỳ âm Th1 bị phân áp ngược sẽ khóa còn Th2 được phân áp thuận nên khi có xung kích mở sẽ thông. Góc mở Th1 và Th2 là như nhau. Kết quả phụ tải PT sẽ được dẫn dòng (xoay chiều) trong cả 2 nửa chu kỳ. Trị số dòng điện phụ thuộc vào góc mở  $\alpha$  và tổng trở của PT.

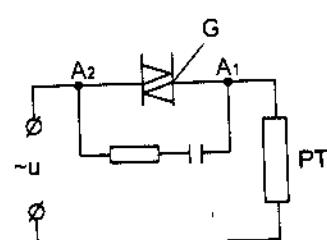
Điều chỉnh dòng xoay chiều cho PT cũng có thể thực hiện theo sơ đồ ở hình 2.27 với sự tham gia của diode. Cũng vì có thêm diode nên hiệu suất của các sơ đồ này kém hơn các sơ đồ ở hình 2.26, nhưng đổi lại các thyristo sẽ chịu điện áp ngược thấp hơn.



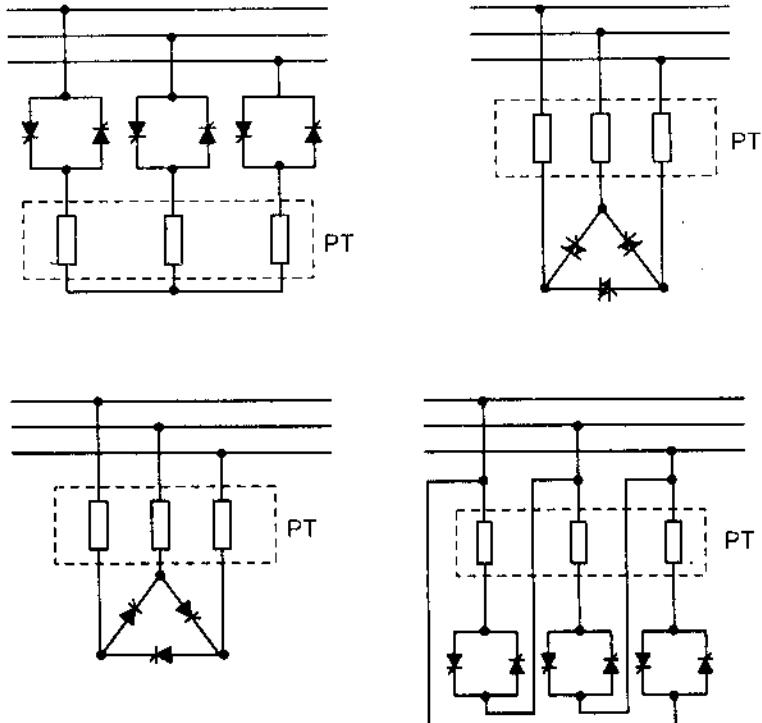
*Hình 2.27. Hai sơ đồ khác của bộ điều chỉnh dòng điện xoay chiều*

Chú ý rằng khi điện áp thay đổi với tốc độ nhanh thì triac dễ bị hỏng nên thường cần phải có mạch R-C bảo vệ triac, mắc song song với triac như hình 2.28. Các thyristo cũng thường dùng cách bảo vệ này.

Bộ điều chỉnh dòng điện xoay chiều 3 pha có thể được nối theo nhiều sơ đồ khác nhau (hình 2.29) tùy yêu cầu cho từng trường hợp cụ thể.



*Hình 2.28. Mạch R-C bảo vệ triac.*



Hình 2.29. Vài sơ đồ nguyên lý của các bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều 3 pha

#### 2.4. Bộ biến đổi dòng điện một chiều - một chiều (MC-MC)

Muốn biến đổi một điện áp một chiều có giá trị nào đó thành một điện áp một chiều có giá trị (trung bình) khác để cấp cho phụ tải (như động cơ điện một chiều chẳng hạn), người ta dùng bộ biến đổi một chiều - một chiều hay còn gọi là bộ biến đổi xung điện áp (xung áp) một chiều hoặc bộ băm điện áp một chiều.

Trước khi đề cập tới BBD một chiều - một chiều, ta hãy xem xét các bộ khóa điện tử.

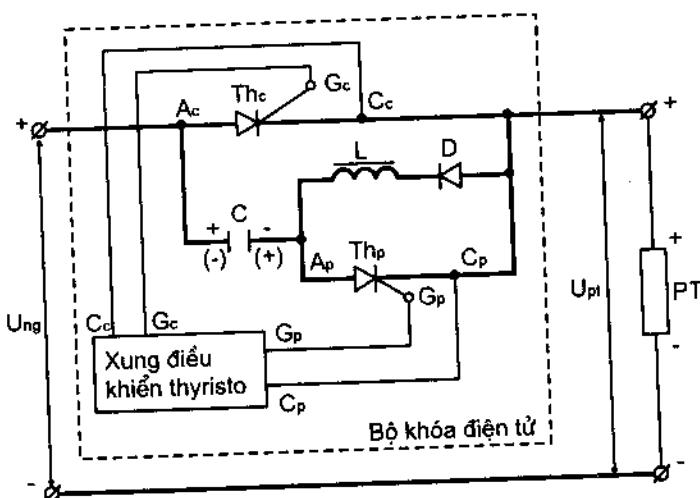
*Bộ khóa điện tử là thiết bị điện tử cho phép dưới tác động của một tín hiệu điện (tín hiệu điều khiển) sẽ đóng hoặc ngắt một mạch điện công suất (thông - khóa mạch lực).*

##### 2.4.1. Bộ khóa điện tử dùng thyristo

Có nhiều sơ đồ khác nhau tạo ra bộ khóa này. Ta xét nguyên lý làm việc của một sơ đồ trên hình 2.30.

Để chuẩn bị cho bộ khóa làm việc, xung mở được cấp cho thyristo phụ  $Th_p$ . Tụ điện C được nạp điện theo đường :

+  $U_{ng} - C - Th_p - PT - U_{ng}$ . Khi nạp no (cực dương phía bên trái) thì dòng qua  $Th_p$  bằng 0 và  $Th_p$  khóa. Điện áp trên tụ C đạt xấp xỉ  $U_{ng}$ .

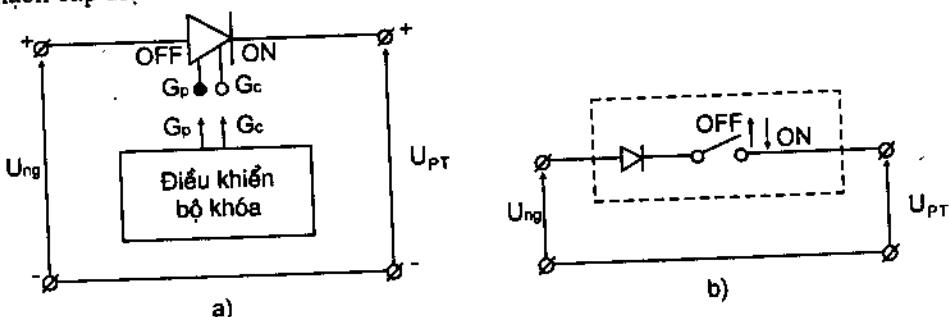


Hình 2.30. Một sơ đồ bộ khoá điện tử dùng thyristo nỗi катốt chung

Để khoá điện tử mở cấp điện cho phụ tải, xung mở được cấp cho thyristo chính  $Th_c$ . Thyristo  $Th_c$  sẽ cấp điện một chiều cho phụ tải PT. Nhưng khi  $Th_c$  thông thì tụ  $C$  cũng phỏng điện từ bản cực dương qua thyristo  $Th_c$  - diốt  $D$  - cuộn kháng  $L$  về bản cực âm. Tụ điện  $C$  và cuộn kháng  $L$  tạo thành mạch dao động ( $L-C$ ) nên sau nửa chu kỳ dao động, tụ  $C$  được nạp điện ngược lại (dấu trong ngoặc). Nếu tổn hao trong mạch ( $L-C$ ) không đáng kể thì điện áp trên tụ  $C$  lại đạt xấp xỉ  $U_{ng}$ . Dòng phỏng của tụ  $C$  về 0 thì diốt  $D$  khoá. Nhờ diốt  $D$  mà tụ không phỏng ngược lại được.

Khi cần ngắt mạch tải, tức là phải khóa  $Th_c$ , ta cấp xung mở  $Th_p$ . Tụ  $C$  sẽ phỏng từ bản cực dương bên phải qua  $Th_p$ ,  $Th_c$  (đang thông) về bản cực âm.  $Th_c$  bị tụ  $C$  đặt điện áp ngược, dòng dẫn qua PT giảm và cuối cùng  $Th_c$  khoá, dòng điện qua tải bị ngắt. Lúc này tụ  $C$  lại nạp điện lại với cực tính như lúc ban đầu (bản cực dương ở bên trái) để chuẩn bị cho việc cấp điện tới PT.

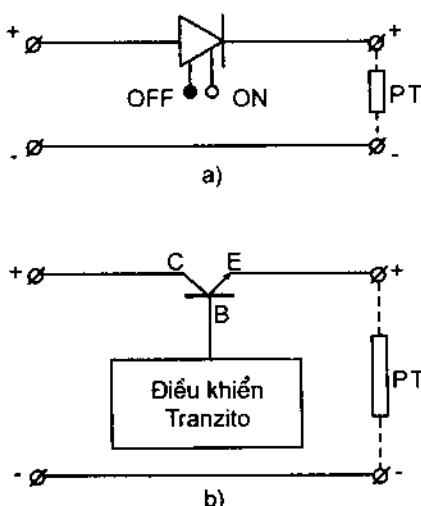
Như vậy, tùy theo việc cấp xung mở  $Th_c$  hoặc  $Th_p$  mà bộ khóa sẽ đóng hoặc cắt mạch cấp điện cho PT. Các bộ khóa điện tử được kí hiệu trên sơ đồ như hình 2.31a.



Hình 2.31. Kí hiệu trên sơ đồ của bộ khóa điện tử (a) và sơ đồ chức năng tương đương (b).

Khi đặt tín hiệu điều khiển vào  $G_c$  (ON), khóa điện tử thông, PT được cấp điện. Khi đặt tín hiệu điều khiển vào  $G_p$  (OFF) khoá điện tử khoá, PT bị cắt điện. Khoá điện tử vừa trình bày dẫn dòng chỉ theo một chiều nên còn gọi là khoá điện tử một hướng. Điều này thể hiện bởi diốt trong sơ đồ chức năng tương đương (hình 2.31b).

#### 2.4.2. Bộ khóa điện tử dùng tranzito



Hình 2.32. Kí hiệu một bộ khóa điện tử một hướng (a) và sơ đồ tương đương (b)

Tranzito được điều khiển thông - khoá đều nhờ tín hiệu điều khiển đặt vào cực bazơ (xem mục 5 Phụ lục 1) nên các bộ khóa điện tử dùng tranzito có ưu điểm hơn loại dùng thyristo vì việc điều khiển thông một thyristo thực hiện nhờ tín hiệu điều khiển đặt vào cực G nhưng việc khoá thyristo phải thực hiện trên mạch lực.

Tranzito dùng trong bộ khóa điện tử làm việc ở chế độ xung : thông - khoá.

Kí hiệu một bộ khóa điện tử dùng tranzito hay dùng thyristo là như nhau (hình 2.32a hay hình 2.31a). Đây là bộ khóa điện tử một hướng vì nó chỉ dẫn dòng theo một chiều và được sử dụng trong mạch điện một chiều.

Các bộ khóa điện tử dùng trong mạch điện xoay chiều là bộ khóa dùng triac hay dùng 2 thyristo mắc song song ngược. Đó là các bộ khóa điện tử hai hướng.

#### 2.4.3. Bộ điều chỉnh xung điện áp một chiều

Các bộ khóa điện tử một hướng trong mạch một chiều có thể làm việc như một bộ đóng - cắt mạch không tiếp điểm và tùy theo nhịp độ đóng - cắt mà có thể điều chỉnh được điện áp một chiều trung bình tức là điều chỉnh được công suất nguồn cấp ra phụ tải.

Như trên hình 2.33a, khi bộ khóa đóng thì tải được cấp nguồn, khi bộ khoá cắt thì tải bị ngắt khỏi nguồn. Nếu thời gian đóng là  $t_d$ , thời gian cắt là  $t_c$  (hình 2.33b) thì chu kỳ đóng - cắt là:

$$T = t_d + t_c$$

Điện áp cấp cho phụ tải sẽ không liên tục mà có dạng một chuỗi xung điện áp hình chữ nhật. Cũng từ đó mà bộ khóa điện tử có tên gọi là bộ điều chỉnh xung điện áp (hay xung áp) một chiều hay bộ băm điện áp một chiều hoặc bộ điều chỉnh một chiều - một chiều (MC-MC).

Có thể tính giá trị trung bình của điện áp trên phụ tải qua việc xét điện áp trong một chu kỳ T nhờ tính chất cao của hình chữ nhật AEFG.

$$U_{ng} \times t_d = U_{tb} \times T$$

$$U_{PT} = U_{tb} = \frac{t_d}{T} U_{ng}$$

Đặt :  $\delta = \frac{t_d}{T}$  (2.6)

và gọi là hệ số lắp dây xung thì:

$$U_{PT} = \delta U_{ng}$$
 (2.7)

Từ 2.6 và 2.7 suy ra có thể điều chỉnh điện áp trên phụ tải  $U_{PT}$  bằng 3 cách:

- Thay đổi  $t_d$  trong khi giữ nguyên  $T$  (phương pháp điều chỉnh độ rộng xung) :  $t_d$  tăng thì  $U_{PT}$  tăng. Khi  $t_d = T$  (tức là đóng liên tục) thì  $U_{PT} = U_{ng}$  (hình 2.33c).

- Thay đổi  $T$  trong khi giữ nguyên  $t_d$  hay thay đổi  $t_c$  còn  $t_d$  giữ nguyên (phương pháp điều chỉnh tần số xuất hiện xung áp) :  $T$  tăng thì  $U_{PT}$  giảm.

- Thay đổi cả  $t_d$  và  $T$  (phương pháp điều chỉnh thời gian xung) do đó  $\delta$  thay đổi :  $\delta$  tăng thì  $U_{PT}$  tăng.

Tần số đóng - cắt của các bộ khóa điện tử có thể đạt vài kHz.

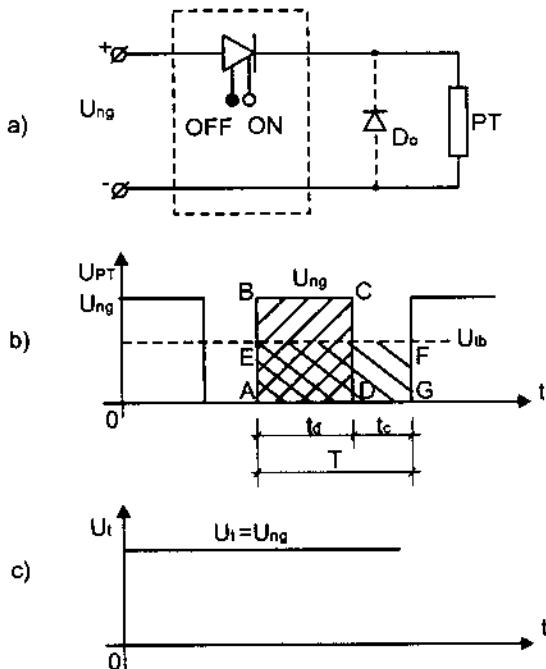
Mỗi phương pháp có một mạch điều khiển riêng. Khi thay đổi được điện áp trung bình cấp cho tải sẽ điều chỉnh được công suất của tải. Nếu tải là động cơ thì sẽ điều chỉnh được tốc độ của nó.

#### 2.4.4. Bộ biến đổi một chiều - xoay chiều (MC-XC)

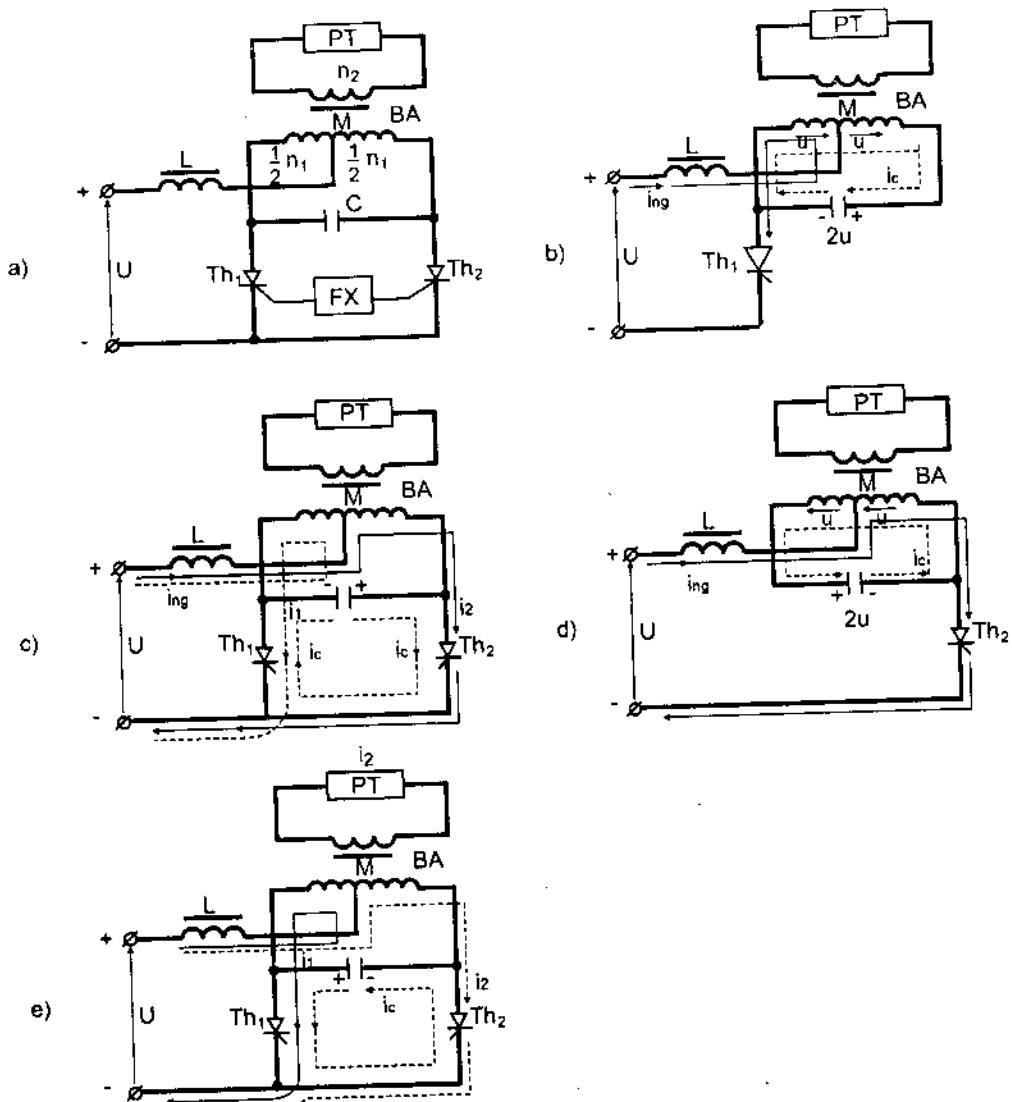
Các bộ biến đổi MC-XC là các thiết bị tĩnh dùng để biến đổi dòng điện một chiều thành dòng điện xoay chiều có tần số cố định hoặc thay đổi được.

Thiết bị này còn gọi là bộ nghịch lưu đặc lập và có nhiều sơ đồ khác nhau, có thể 1 pha hay 3 pha. Xét sơ đồ trên hình 2.34a là sơ đồ BBĐ MC-XC có 2 khóa song song (hay sơ đồ một pha song song).

Sơ đồ làm việc như sau : Giả sử lúc đầu, cho xung điều khiển thông  $Th_1$ , còn  $Th_2$  khóa. Như hình 2.34b, nửa bên trái cuộn sơ cấp được đặt dưới điện áp nguồn và nửa bên phải cũng xuất hiện s.d.d. bằng điện áp nguồn (hai nửa có số vòng dây bằng nhau). Kết quả, tụ C được nạp tới điện áp  $2U$  với cực tính như hình vẽ.



Hình 2.33. Mạch phụ tải điều chỉnh bởi bộ điều chỉnh xung điện áp



Hình 2.34. Sơ đồ BBD MC-XC một pha song song (a) và diễn biến quá trình làm việc (b, c, d, e).

Lúc này, phát xung điều khiển cho  $\text{Th}_2$  thông. Tụ C sẽ qua  $\text{Th}_2$  vừa thông, đặt một điện áp ngược lên  $\text{Th}_1$  với trị số  $2U$  và phóng điện khép kín qua cả 2 thyristo (hình 2.34c). Dòng điện nguồn  $i_1$  (với điện áp  $U$ ) qua  $\text{Th}_1$  ngược chiều với dòng điện phóng  $i_c$  của tụ C (với điện áp  $2U$ ) nên nhanh chóng giảm về 0 và  $\text{Th}_1$  khóa. Dòng điện nguồn  $i_2$  qua  $\text{Th}_2$  cùng chiều với dòng điện phóng  $i_c$  nên nhanh chóng đạt giá trị xác định bởi nửa cuộn sơ cấp BA và cuộn kháng L.

Giải thích tương tự sẽ thấy tụ điện C được nạp điện tới điện áp  $2U$  với cực tính ngược lại (hình 2.34d) và khi phát xung mở tiếp  $\text{Th}_1$  thì tụ C sẽ qua  $\text{Th}_1$  vừa thông, đặt một điện áp ngược  $2U$  lên  $\text{Th}_2$  (hình 2.34e). Dòng điện nguồn  $i_2$  (diện áp  $U$ )

qua  $\text{Th}_2$  ngược chiều với dòng điện phỏng  $i_c$  của tụ C sẽ nhanh chóng giảm về 0 và  $\text{Th}_2$  khoá. Dòng điện nguồn  $i_1$  cùng chiều với dòng phỏng  $i_c$  sẽ nhanh chóng đạt giá trị xác định bởi nửa trái cuộn sơ cấp BA và cuộn kháng L. Tụ điện C lại được nạp tối điện áp  $2U$  với cực tính ngược lại (như hình 2.34b) v.v...

Khối phát xung FX cấp các xung mở  $\text{Th}_1$  và  $\text{Th}_2$  lệch pha nhau  $180^\circ$ . Khi đó, cuộn sơ cấp BA có dòng điện xoay chiều với tần số bằng tần số của các xung điều khiển thyristo. Cuộn thứ cấp  $n_2$  của BA sẽ cảm ứng một điện áp xoay chiều cùng tần số đó để cấp cho phụ tải PT.

Như vậy, sơ đồ 2.34a đã biến đổi điện áp một chiều  $U$  thành điện áp xoay chiều ở thứ cấp máy BA.

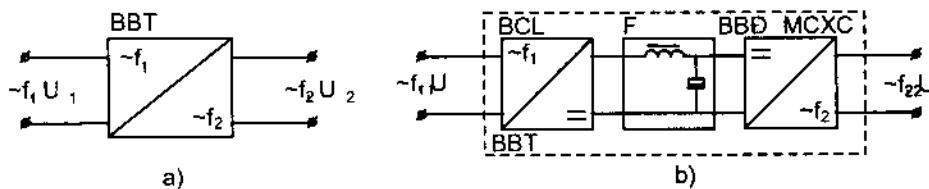
#### 2.4.5. Bộ biến đổi tần số

Các bộ biến đổi tần số (còn gọi phổ biến là bộ biến tần - BBT) là thiết bị để biến đổi dòng điện xoay chiều ở tần số này thành dòng điện xoay chiều ở tần số khác.

Có 2 loại BBT :

- BBT độc lập (hay BBT gián tiếp) : dòng điện xoay chiều tần số  $f_1$  được chỉnh lưu thành dòng điện một chiều (tần số  $f = 0$ ), lọc rồi biến đổi ngược thành dòng điện xoay chiều tần số  $f_2$  (hình 2.35b).

BBT độc lập được dùng khá phổ biến vì tần số  $f_2$  cần có hoàn toàn không phụ thuộc gì vào tần số  $f_1$  mà chỉ phụ thuộc vào mạch điều khiển.



Hình 2.35. Cấu trúc của BBT trực tiếp (a) và gián tiếp (b)

- BBT phụ thuộc (hay BBT trực tiếp) : dòng điện xoay chiều tần số  $f_1$  được biến đổi thẳng thành dòng điện xoay chiều tần số  $f_2$ , không qua khâu chỉnh lưu.

BBT loại này có hiệu suất cao nhưng tần số ra  $f_2$  không vượt quá tần số vào  $f_1$ .

Các BBT có thể là 1 pha hoặc 3 pha và được dùng phổ biến để thay đổi tốc độ động cơ điện xoay chiều.

## CÂU HỎI CHƯƠNG 2

1. Vai trò của các BBĐ trong HT TDĐ ?
2. Nêu chức năng của một số BBĐ.
3. Các ứng dụng của các BBĐ.

## THỰC TẬP

1. Thay đổi điện áp một pha trong giới hạn nhỏ để thay đổi tốc độ động cơ xoay chiều một pha.
2. Dùng một bộ CL một pha hoặc ba pha (không điều khiển hoặc có điều khiển) để chạy một động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song).
3. Dùng triac để điều chỉnh tốc độ động cơ điện xoay chiều một pha.
4. Dùng bộ BT để điều chỉnh tốc độ động cơ điện xoay chiều 3 pha.

## Chương 3

# CÁC PHẦN TỬ ĐIỀU KHIỂN

Các phần tử điều khiển TDĐ là các phần tử tham gia vào mạch TDĐ với chức năng điều khiển hoặc bảo vệ. Điều khiển có thể bằng tay hay tự động. Một phần tử điều khiển có thể chỉ giữ một chức năng hoặc điều khiển hoặc bảo vệ hoặc giữ cả 2 chức năng.

### 3.1. Các phần tử bảo vệ

#### 3.1.1. Cầu chì

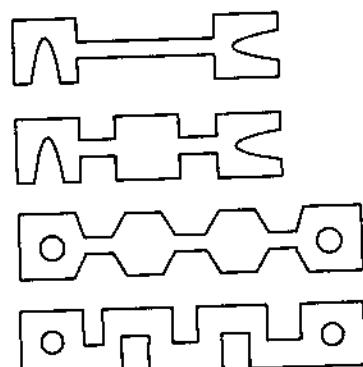
Cầu chì là phần tử dùng để bảo vệ cho thiết bị điện tránh khỏi sự cố ngắn mạch (còn gọi là đoán mạch, chập mạch).

Bộ phận cơ bản của cầu chì là dây chì. Dây chì thường được làm bằng các chất có nhiệt độ nóng chảy thấp. Với mạch có cường độ dòng điện lớn, dây chì có thể làm bằng chất có nhiệt độ nóng chảy cao nhưng thiết kế nhỏ thích hợp. Do vậy, dây chì thường là dây chì thiết diện tròn hoặc bằng các lá chì, kẽm, hợp kim chì - thiếc, nhôm hay đồng được dập, cắt theo các hình dạng như trên hình 3.1.

Dây chì được kẹp chặt bằng vít vào để cầu chì. Cầu chì thường có nắp cách điện để tránh hổ quang bắn tung tóe ra xung quanh khi dây chì đứt.

Để cầu chì bảo vệ được đối tượng cần bảo vệ với một dòng điện nào đó trong mạch, dây chì phải cháy đứt trước khi đối tượng bị phá hủy. Trị số dòng điện mà dây chì bị cháy đứt được gọi là dòng điện giới hạn. Rõ ràng cần có dòng giới hạn lớn hơn dòng định mức ( $I_{gh} > I_{dm}$ ) để dây chì không bị đứt khi làm việc với dòng định mức.

Thông thường, đối với dây chì thì :  $\frac{I_{gh}}{I_{dm}} = 1,25 \div 1,45$



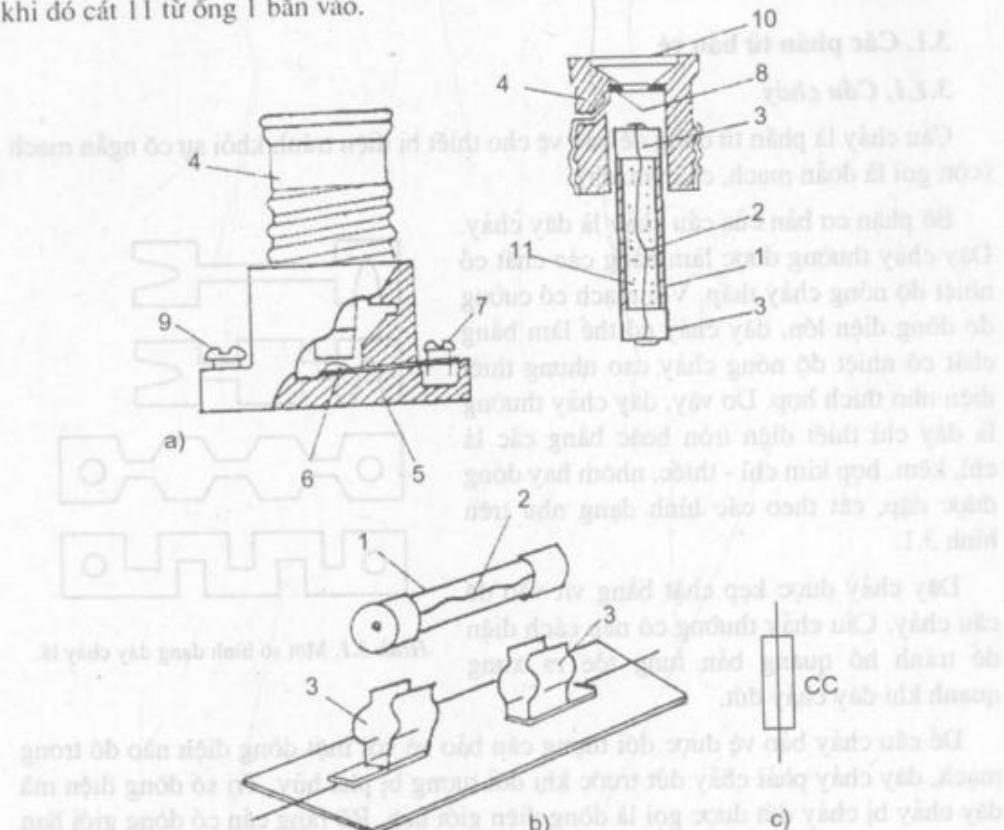
Hình 3.1. Một số hình dạng dây chì lá.

$$\text{dây chày hợp kim chì thiếc : } \frac{I_{gh}}{I_{dm}} = 1,15$$

$$\text{dây chày đồng : } \frac{I_{gh}}{I_{dm}} = 1,6 + 2$$

Các cầu chày sử dụng trong kĩ thuật có nhiều dạng, kiểu khác nhau nhưng nguyên lí làm việc hoàn toàn giống nhau.

Hình 3.2a là cầu chày loại nắp xoáy thường lắp ở tủ điện. Ống sứ 1 có dây chày 2 được hàn hai đầu vào hai nắp kim loại 3. Trong ống chứa dây cát thạch anh 11 để chống hổ quang khi dây chày cháy dứt. Ống 1 được nắp xoáy 4 ép vào đế 5. Một đầu dây chày sẽ từ vào tiếp điểm 6, thông điện ra vít bắt dây 7, đầu kia từ vào tiếp điểm 8, thông điện ra vít bắt dây 9 qua ren xoáy kim loại. Dây chày thường được chế tạo sẵn với các dòng định mức : 3, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 100A. Nắp xoáy 4 còn có miếng mi ca 10 trong suốt để quan sát dây chày có bị nổ dứt hay không vì khi đó cát 11 từ ống 1 bắn vào.



**Hình 3.2.** Cấu tạo một số loại cầu chày và kí hiệu

a) cầu chày loại nắp xoáy ; b) loại kẹp ; c) kí hiệu cầu chày.

Hình 3.2b là cầu chày loại kẹp thường lắp ở các mảng mạch điều khiển. Ống thủy tinh 1 trong có dây chày 2 được kẹp vào hai kẹp 3.

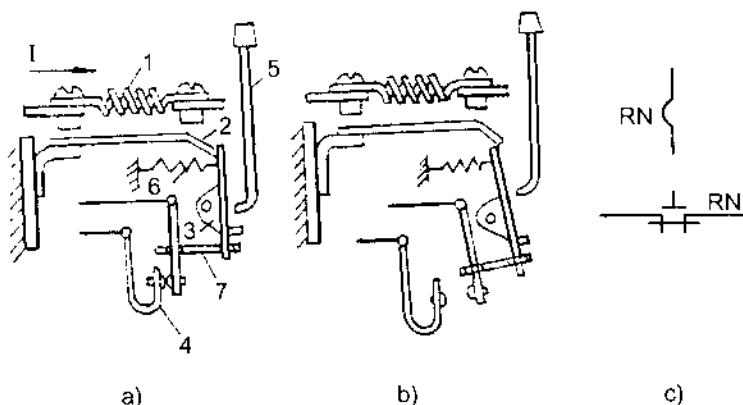
Kí hiệu cầu chày trên bản vẽ như hình 3.2c.

### 3.1.2. Rôle nhiệt

Rôle nhiệt là khí cụ dùng để bảo vệ các thiết bị điện (động cơ) khỏi bị quá tải.

Rôle nhiệt có dòng điện làm việc tới vài trăm ampe, điện áp một chiều tới 440V và điện áp xoay chiều tới 500V, tần số 50Hz.

Hình 3.3a trình bày nguyên lý cấu tạo của một rôle nhiệt. Mạch lực cần bảo vệ quá tải được mắc nối tiếp với phần tử đốt nóng 1.



**Hình 3.3.** Nguyên lý cấu tạo và làm việc của rôle nhiệt.

a) cấu tạo của rôle nhiệt ; b) trạng thái cắt mạch của rôle nhiệt ; c) kí hiệu các phần tử của rôle nhiệt

Khi dòng điện phụ tải chạy qua, phần tử đốt nóng 1 sẽ nóng lên và tỏa nhiệt ra xung quanh. Băng kép 2 bị hơ nóng sẽ cong lên trên. Nếu trong phạm vi nhiệt độ cho phép ứng với dòng phụ tải nào đó thì đòn xoay 3 vẫn từ đâu trên vào băng kép và mạch điều khiển làm việc bình thường. Nếu phụ tải (động cơ) bị quá tải, sau một thời gian bị hơ nóng cao hơn, băng kép 2 sẽ cong lên nữa và rời khỏi đầu trên của đòn xoay 3. Lò xo 6 sẽ kéo đòn xoay 3 quay ngược chiều kim đồng hồ. Đầu dưới đòn xoay 3 sẽ quay sang phải và kéo theo thanh kéo theo thanh kéo cách điện 7. Tiếp điểm thường đóng 4 mở ra, cắt mạch điều khiển và từ đó mạch lực bị cắt (hình 3.3b).

Khi sự cố quá tải đã được giải quyết, băng kép 2 nguội và cong xuống nhưng chỉ từ lén đầu trên của đòn xoay 3 (hình 3.3b) nên tiếp điểm 4 không thể tự đóng lại được. Muốn rôle trở về trạng thái ban đầu để tiếp tục nhiệm vụ bảo vệ quá tải, phải ấn nút phục hồi 5 để đẩy đòn xoay 3 quay thuận chiều kim đồng hồ. Đầu tự do của băng kép sẽ tụt xuống, chèn giữ đòn xoay 3 ở vị trí đóng tiếp điểm 4.

Rôle nhiệt có kí hiệu phần tử đốt nóng và tiếp điểm thường đóng như hình 3.3c. Kí hiệu nút ấn phục hồi trên tiếp điểm thường đóng chỉ rõ ý nghĩa : khi rôle nhiệt đã tác động và đã xử lí sự cố, muốn trở về trạng thái ban đầu, cần phải ấn nút phục hồi.

Rôle nhiệt có quán tính nhiệt lớn vì khi dòng tải qua phần tử đốt nóng 1 tăng lên thì cần phải một thời gian để nhiệt truyền tới băng kép, làm băng kép cong lên. Vì thế, rôle nhiệt không có tác dụng cắt mạch tức thời khi dòng tăng lên mạnh nghĩa là không bảo vệ được sự cố ngắn mạch.

Dòng điện quá tải càng lớn thì thời gian tác động của rôle nhiệt càng ngắn.

Trong sử dụng thực tế, dòng định mức của role nhiệt thường được chọn bằng dòng điện định mức của động cơ điện cần được bảo vệ quá tải, sau đó chỉnh giá trị của dòng điện tác động là :

$$I_{id} = (1,2 \div 1,3) I_{dm}$$

Vì role nhiệt tác động là nhờ băng kép bị nung nóng cong lên nên tác động của role nhiệt bị ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường xung quanh. Khi nhiệt độ môi trường xung quanh tăng, role nhiệt sẽ tác động sớm hơn nghĩa là dòng điện tác động bị giảm. Khi đó cần phải hiệu chỉnh lại  $I_{id}$  lớn hơn.

### 3.2. Các phần tử điều khiển có tiếp điểm

#### 3.2.1. Công tắc

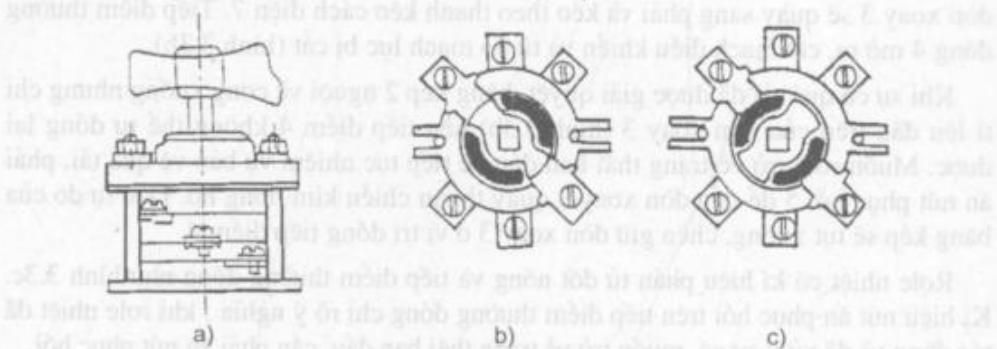
Công tắc là khí cụ đóng - cắt mạch điện hạ áp bằng tay hoặc bằng tác động cơ khí.

Công tắc có loại hở, loại kín, có loại dùng để đóng - cắt trực tiếp mạch chiếu sáng hay mạch động lực công suất nhỏ, có loại chỉ dùng trong mạch điều khiển.

Công tắc rất đa dạng về kiểu, loại, song nguyên lý đều có các tiếp điểm động và tĩnh. Mạch điện được nối thông khi tiếp điểm động tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh. Lúc này điện trở ở công tắc rất nhỏ ( $\approx 0$ ). Tiếp xúc càng tốt, điện trở càng nhỏ. Mạch điện bị cắt khi 2 tiếp điểm rời xa nhau. Điện trở ở công tắc lúc này rất lớn ( $\approx \infty$ ) và chính là điện trở không khí giữa 2 tiếp điểm. Hai tiếp điểm càng xa nhau, điện trở càng lớn. Số tiếp điểm của các loại công tắc cũng khác nhau tùy theo mục đích sử dụng. Việc đóng, ngắt các tiếp điểm cũng có thể theo các nguyên tắc cơ khí khác nhau : có loại dùng lẫy, có loại dùng lò xo...

Để dập tắt nhanh hồ quang khi thao tác, các công tắc đều có kết cấu lò xo xoắn hoặc lò xo lá nhằm hỗ trợ giảm ngắn thời gian đóng, ngắt các tiếp điểm.

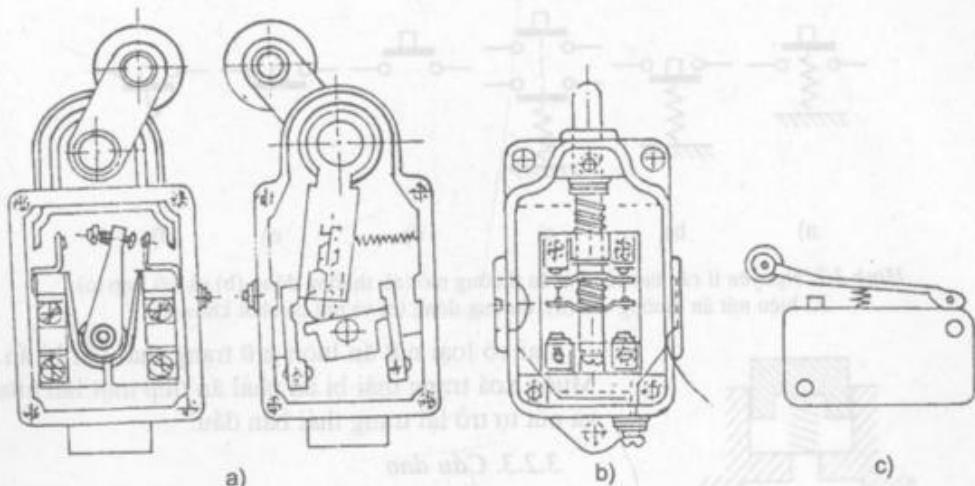
Hình 3.4 giới thiệu một kiểu công tắc xoay 3 pha.



Hình 3.4. Công tắc xoay 3 pha.

a) hình dáng chung ; b) mặt cắt vị trí đóng tiếp điểm ; c) mặt cắt vị trí ngắt tiếp điểm

Hình 3.5 là 2 kiểu công tắc hành trình. Công tắc hành trình được lắp đặt tại một vị trí nào đó trên hành trình trong một hệ TĐĐ để đóng, cắt mạch điều khiển. Nó được dùng để điều khiển TĐĐ theo vị trí hoặc để bảo vệ, đảm bảo an toàn cho một chuyển động ở cuối hành trình.



Hình 3.5. Công tắc hành trình  
a) kiểu gạt ; b, c) kiểu tì

Công tắc hành trình kiểu gạt (hình 3.5a) có cần gạt với bánh xe ở đầu cần. Khi bị gạt, cần gạt sẽ lật sang trái hoặc sang phải và từ đó, đóng hoặc ngắt tiếp điểm bên trong công tắc. Công tắc hành trình kiểu tì (hình 3.5b, c) sẽ chuyển đổi trạng thái tiếp điểm khi núm công tắc bị tì vào.

Kí hiệu tiếp điểm công tắc trên sơ đồ điện như hình 3.6.

### 3.2.2. Nút ấn

Nút ấn (hay nút bấm, nút điều khiển) dùng để đóng - cắt mạch ở lưới điện hạ áp.

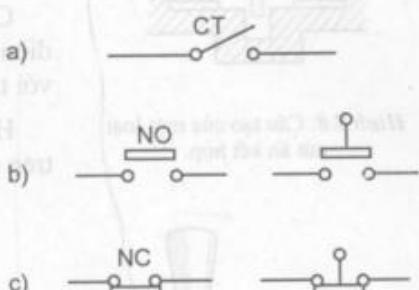
Nút ấn thường được dùng để điều khiển các role, công tắc tơ, chuyển đổi mạch tín hiệu, bảo vệ... Phổ biến nhất là dùng nút ấn trong mạch điều khiển động cơ để mở máy, dừng và đảo chiều quay.

Nút ấn có kiểu hở và kiểu kín để chống bụi, nước, phòng nổ... và có loại có cả đèn báo để báo trạng thái của nút ấn.

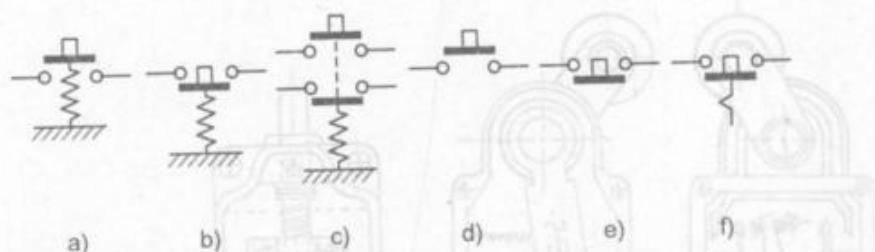
Hình 3.7 trình bày nguyên lý cấu tạo một số nút ấn và kí hiệu của chúng.

Hình 3.7a là nút ấn thường mở. Khi nút bị ấn thì mạch thông. Khi thõi ấn nút, lò xo đẩy nút lên và mạch bị cắt. Hình 3.7b là nút ấn thường đóng. Nó chỉ cắt mạch khi bị ấn. Hình 3.7c là nút ấn kết hợp cả thường mở và thường đóng. Hình 3.8 là cấu tạo của một loại nút ấn kết hợp.

Một số loại nút ấn thường đóng dùng trong mạch bảo vệ hoặc mạch dừng cùn cờ chốt khóa. Khi bị ấn, nút tự giữ trạng thái bị ấn. Muốn xóa trạng thái này, phải xoay nút di một góc nào đó.



Hình 3.6. Kí hiệu tiếp điểm công tắc (a) và công tắc hành trình (b, c)



Hình 3.7. Nguyên lý cấu tạo của nút ấn thường mở (a), thường đóng (b) và kết hợp (c). Kí hiệu nút ấn thường mở (d), thường đóng (e) và nút có chốt khóa (f).

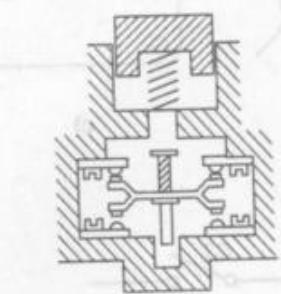
Lại có loại nút ấn luôn giữ trạng thái khi bị ấn. Muốn xoá trạng thái bị ấn phải ấn tiếp một lần nữa và nút tự trở lại trạng thái ban đầu.

### 3.2.3. Cầu dao

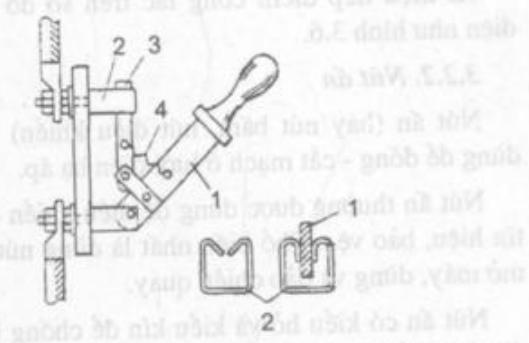
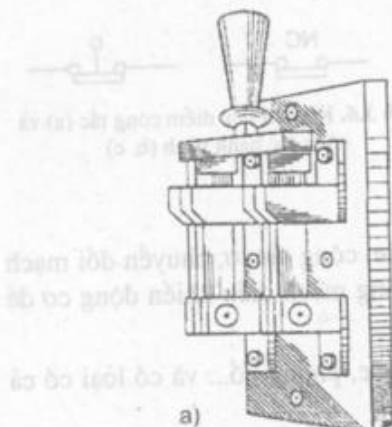
Cầu dao là khí cụ đóng - cắt mạch điện bằng tay ở lưới điện hạ áp.

Cầu dao được dùng rất phổ biến trong mạch điện dân dụng và công nghiệp ở dải công suất nhỏ với tần suất đóng - cắt bé.

Hình 3.9a cho kết cấu một cầu dao 2 cực lắp trên để cách điện.



Hình 3.8. Cấu tạo của một loại nút ấn kết hợp.



Hình 3.9. Cầu dao chỉ có lưỡi dao chính (a) và có lưỡi dao phụ (b).

1. Lưỡi dao chính ; 2. Má kẹp ; 3. Lưỡi dao phụ ; 4. Lò xo.

Để dập tắt hồ quang nhanh khi ngắt cầu dao, cần phải kéo nhanh lưỡi dao ra khỏi má kẹp. Tốc độ kéo tay không thể nhanh được nên người ta thêm lưỡi dao phụ (hình 3.9b). Lưỡi dao phụ 3 cùng lưỡi dao chính 1 bị kẹp trong kẹp 2 lúc đóng cầu dao. Khi ngắt, lưỡi dao chính bị kéo ra trước còn lưỡi dao phụ vẫn bị kẹp ở kẹp 2. Lò xo 4 bị kéo căng tới một mức nào đó sẽ bật nhanh, kéo lưỡi dao phụ 3 ra khỏi kẹp 2. Do vậy hồ quang bị kéo dài ra nhanh và bị dập tắt trong thời gian ngắn.

Cầu dao có thể là một cực (một lưỡi dao) hay nhiều cực và có thể đóng về 1 phía hay 2 phía. Kí hiệu cầu dao như trên hình 3.10.

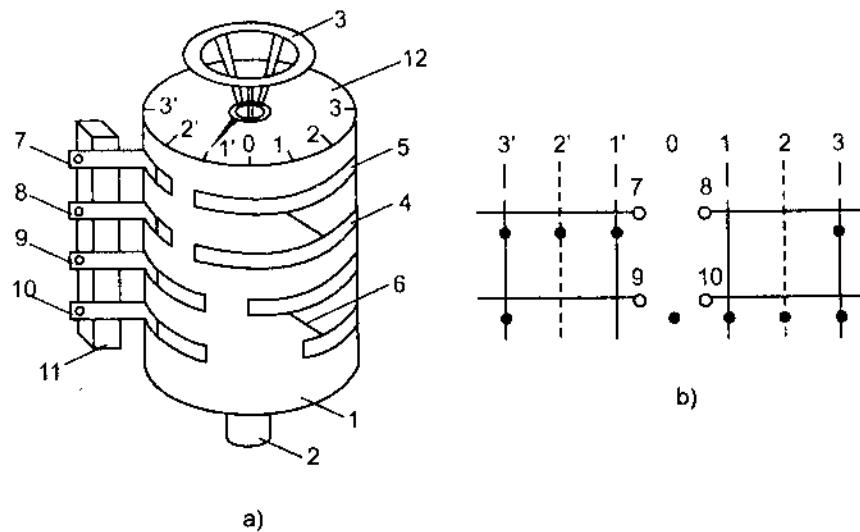
Cầu dao được phân loại theo điện áp (250V, 500V) và theo dòng điện (3A, 5A, 10A, 15A,..., 100A,...). Cầu dao có loại hờ và loại có hộp bảo vệ. Cầu dao thường kết hợp với cầu chày để bảo vệ khỏi ngắn mạch (hình 3.10b).

### 3.2.4. Bộ khống chế

Bộ khống chế là khí cụ dùng để điều khiển gián tiếp (qua mạch điều khiển) hoặc điều khiển trực tiếp (qua mạch động lực) các thiết bị điện.

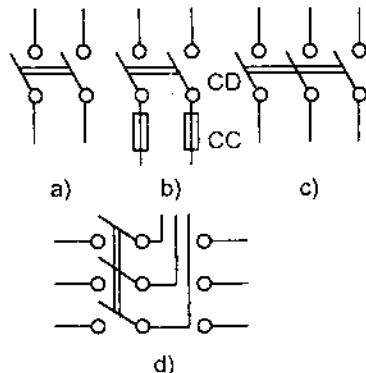
Bộ khống chế điều khiển gián tiếp còn gọi là bộ khống chế từ hay khống chế chỉ huy. Bộ khống chế điều khiển trực tiếp còn gọi là bộ khống chế động lực. Bộ khống chế là khí cụ đóng - cắt đồng thời nhiều mạch và tùy theo cấu tạo có thể chia ra : bộ khống chế hình trống và bộ khống chế hình cam.

Hình 3.11a trình bày nguyên lý cấu tạo một bộ khống chế hình trống. Tang trống 1 có trục quay 2 được quay cùng vị trí nhờ vỏ lồng 3. Trên tang trống có gắn các vành trượt 4, 5... (vành tiếp xúc động).



**Hình 3.11. Bộ khống chế hình trống**  
a) Cấu tạo ; b) Sơ đồ tiếp điểm.

Các vành trượt có thể được nối với nhau nhờ thanh nối 6. Do vậy mà các má đồng tiếp xúc tĩnh 7 và 8 gắn trên thanh cách điện 11 có thể được nối liền mạch qua 2 vành tiếp xúc động 4 và 5 ở một góc quay tương ứng nào đó. Vị trí quay được chỉ trên đĩa chia độ cố định 12.

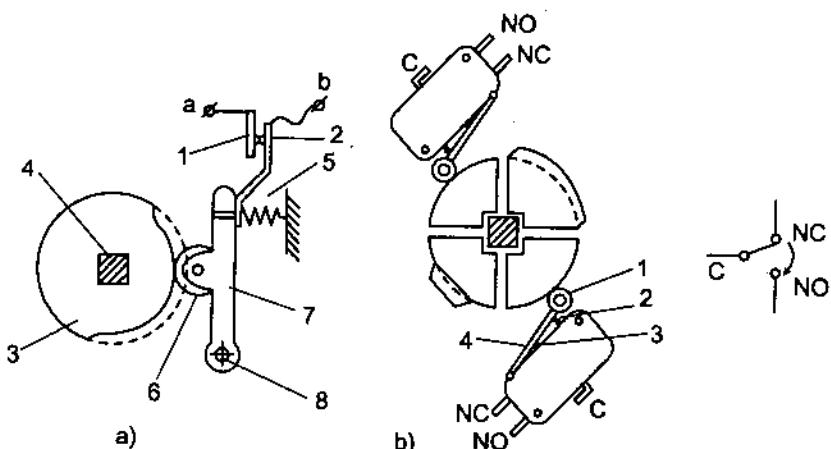


**Hình 3.10. Kí hiệu cầu dao**  
a) hai cực ; b) có cầu chày ;  
c) ba cực ; d) ba cực 2 ngá.

Sơ đồ nối tiếp điểm như trên hình 3.11b. Các dấu chấm chỉ rõ vị trí của bộ khống chế mà các tiếp điểm tương ứng được nối thông. Những vị trí không có dấu chấm thì tiếp điểm bị mở. Như hình 3.11b thì tiếp điểm 9-10 được nối thông tại các vị trí 3', 0, 1, 2 và 3 của bộ khống chế, còn tại các vị trí 2', 1' thì tiếp điểm 9 - 10 bị mở.

Bộ khống chế hình trống có kết cấu công kền, phức tạp và chương trình đóng - cắt tiếp điểm không thay đổi được. Bộ khống chế hình cam khắc phục được một phần nhược điểm trên.

Hình 3.12a cho kết cấu một bộ khống chế hình cam. Bộ khống chế hình cam là một chồng các đĩa cam 3 có cùng trục quay vuông 4. Các đĩa cam có các biên dạng cam khác nhau tùy theo chương trình đóng - cắt. Khi quay trục 4, bánh lăn 6 luôn tiếp xúc với đĩa cam 3 nhờ lò xo 5 thông qua cần 7 có trục quay 8.



**Hình 3.12.** Nguyên lý cấu tạo bộ khống chế hình cam.

Ở phần khuyết của cam 3 thì tiếp điểm động 2 tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh 1 và mạch a-b được nối thông. Ở phần lồi của cam 3 thì bánh lăn 6 bị đẩy sang phải, nên lò xo 5 và 2 tiếp điểm 1-2 rời xa nhau. Mạch a-b bị cắt.

Để tăng thêm độ linh hoạt cho bộ khống chế, người ta chia đĩa cam thành 4 phần (hình 3.12b) với các biên dạng cam khác nhau rồi ghép lại. Nhờ vậy, với một vòng quay của đĩa cam, ta có thể bố trí nhiều chương trình điều khiển khác nhau. Các công tắc nhỏ (mini) cũng được chế tạo riêng rồi gá lắp xung quanh đĩa cam. Ở phần lõm của cam, bánh xe 1 tì sát cam nhưng cần 4 không tì vào đầu ăn 3 của công tắc. Lúc này tiếp điểm chung C nối thông với tiếp điểm thường đóng NC mà không nối với tiếp điểm thường mở NO. Khi phần lồi của cam tì vào bánh lăn 1 thì cần 4 nén lò xo 2 và ăn vào đầu ăn 3 của công tắc. Tiếp điểm chung 4 sẽ đóng sang tiếp điểm thường mở NO và rời khỏi tiếp điểm thường đóng NC.

Bộ khống chế hình cam có tần suất đóng - cắt (vài ngàn lần/giờ) lớn hơn bộ khống chế hình trống (vài trăm lần/giờ) và thao tác dứt khoát hơn do lực tiếp xúc khỏe hơn.

Chọn bộ khống chế phải căn cứ vào điện áp của mạch thao tác và dòng điện cho phép qua các tiếp điểm. Trị số dòng điện của tiếp điểm bộ khống chế động lực thường được chọn với hệ số dự trữ 1,2 đối với dòng một chiều :

$$I = 1,2 \frac{P}{U} 10^3, \text{ (A)} \quad (3.1)$$

và 1,3 đối với dòng xoay chiều :

$$I = 1,3 \frac{P}{\sqrt{3} \cos \phi} 10^3, \text{ (A)} \quad (3.2)$$

trong đó : P - công suất động cơ điện (kW)

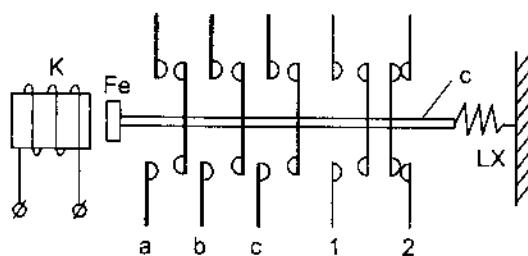
U - điện áp nguồn (V)

### 3.2.5. Công tắc tơ

Công tắc tơ là khí cụ điều khiển từ xa dùng để đóng - cắt các mạch động lực ở lưới điện hạ áp và dòng điện tới vài trăm, vài nghìn ampe.

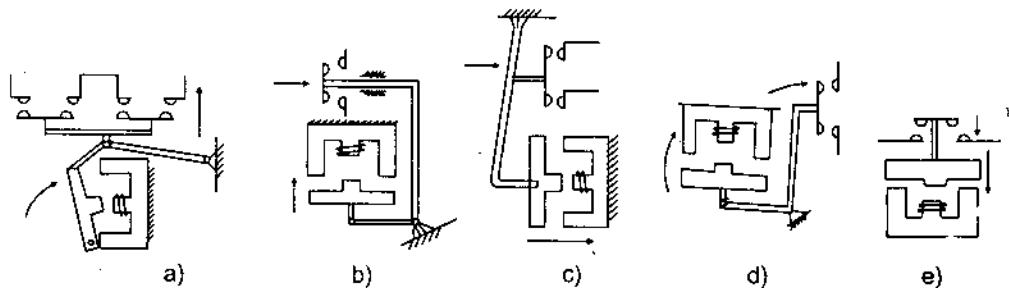
Công tắc tơ có loại một chiều và có loại xoay chiều.

Phân chính của một công tắc tơ là cuộn hút điện từ K (hình 3.13) và hệ thống các tiếp điểm. Khi cuộn K không có điện, lò xo LX kéo cần C mở các tiếp điểm động lực (tiếp điểm chính) a, b, c và tiếp điểm điều khiển 1 (tiếp điểm phụ), đồng thời đóng tiếp điểm điều khiển 2. Các tiếp điểm 1, a, b, c là các tiếp điểm thường mở (hở khi K không có điện), tiếp điểm 2 là tiếp điểm thường đóng (kín khi K không có điện). Khi cấp điện cho cuộn K, lõi sắt Fe bị hút, kéo căng lò xo LX và cần C sẽ đóng các tiếp điểm 1, a, b, c và mở tiếp điểm 2.



Hình 3.13. Nguyên lý cấu tạo của một công tắc tơ.

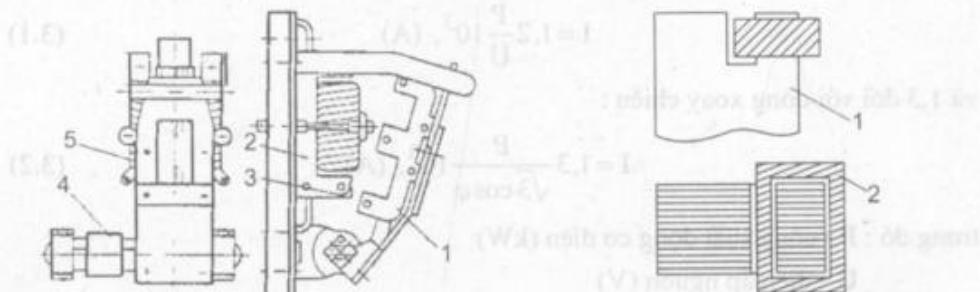
Tùy theo mục đích sử dụng mà các tiếp điểm được nối vào mạch lực hay mạch điều khiển một cách thích hợp.



Hình 3.14. Một vài kiểu cơ cấu truyền động đóng - mở các tiếp điểm của công tắc tơ

Một vài kiểu cơ cấu truyền động đóng - mở các tiếp điểm được trình bày trên hình 3.14.

Hình 3.15 trình bày kết cấu cụ thể của một loại công tắc tơ xoay chiều.



Hình 3.15. Một kiểu công tắc tơ xoay chiều.

1. nắp từ động ; 2. lõi từ tính ; 3. vòng ngắn mạch ;  
4. trục quay ; 5. cuộn hút điện từ

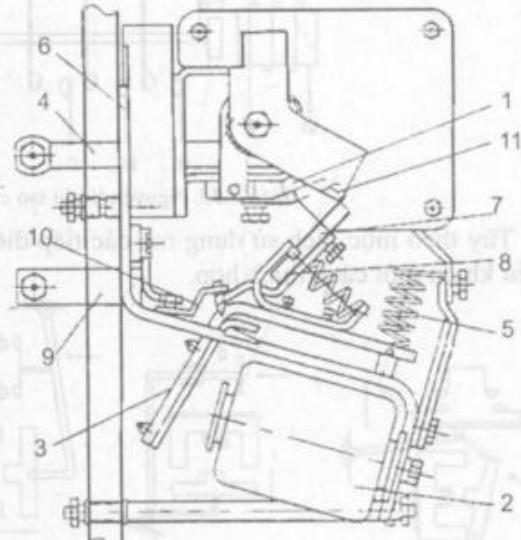
Hình 3.16. Vòng ngắn mạch ở đầu

cực lõi từ tính

Dòng xoay chiều qua cuộn hút sẽ tạo ra từ thông xoay chiều và từ thông chuyển qua giá trị không 100 lần trong 1 giây (tần số 50Hz). Lúc từ thông chuyển qua 0 thì lực hút nắp từ động bằng 0 và lò xo phản hồi làm nắp từ động rời khỏi lõi từ tính. Nhưng thời gian  $\Phi = 0$  rất ngắn và do quán tính cơ nên nắp từ động chưa kịp rời khỏi lõi từ tính thì đã bị hút lại. Kết quả là nắp từ động không bị hút chật, bị rung và phát tiếng kêu o o, cuộn dây bị nóng. Khắc phục hiện tượng này, người ta dùng một vòng ngắn mạch chống rung 2 (hình 3.16) bằng đồng ôm lấy một phần của đầu cực từ tính 1. Từ thông chính biến thiên qua vòng ngắn mạch sẽ làm xuất hiện một dòng điện cảm ứng. Từ thông của dòng cảm ứng lệch pha so với từ thông chính nên khi từ thông chính qua giá trị 0 thì từ thông của vòng ngắn mạch cực đại, tạo lực hút nắp từ động.

Công tắc tơ một chiều có mạch từ làm bằng chất sắt từ mềm và lõi thép ít bị nóng so với công tắc tơ xoay chiều. Lõi từ của công tắc tơ xoay chiều được ghép lại từ các lá tôn silic mỏng để hạn chế dòng xoáy Phu-cô sinh nhiệt.

Hình 3.17 là kết cấu của một công tắc tơ một chiều. Lõi thép 6 có gá cuộn điện từ 2. Khi được cấp điện, cuộn 2 hút lá thép động 3, nén lò xo 5 và tì tiếp điểm động 7 vào tiếp điểm tĩnh 1. mạch điện được nối thông theo đường : cọc đấu dây 9 - dây dẫn mềm nhiều sợi 10 - tiếp điểm



Hình 3.17. Kết cấu một công tắc tơ một chiều.

động 7 - tiếp điểm tĩnh 1 - cọc đấu dây 4. Lò xo 8 có tác dụng tăng cường lực ép giữa tiếp điểm động và tĩnh.

Công tắc tơ có dòng lớn cần phải dập hồ quang khi đóng - cắt, nhất là khi cắt. Hồ quang 11 phát sinh giữa 2 tiếp điểm sẽ làm dòng điện không bị ngắt ngay và khi cháy lâu sẽ làm hỏng các tiếp điểm. Yêu cầu là phải làm tắt nhanh hồ quang, hạn chế phạm vi cháy của hồ quang và tránh hiện tượng quá điện áp khi hồ quang tắt.

Hồ quang một chiều và xoay chiều có khác nhau nhưng các bộ phận dập hồ quang ở công tắc tơ thường dùng các biện pháp sau đây :

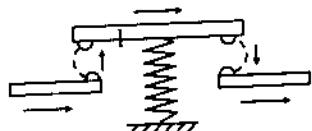
- *Kéo dài hồ quang bằng cơ khí.* Khi hồ quang bị kéo dài thì đường kính thân hồ quang giảm, điện trở hồ quang tăng, dòng hồ quang suy giảm nhanh, dễ tắt.
- *Tăng tốc độ chuyển động của tiếp điểm động.* Biện pháp này có tác dụng kéo dài nhanh hồ quang làm hồ quang tắt mau.

Hai biện pháp trên thường được sử dụng để dập hồ quang ở cầu dao (hình 3.9).

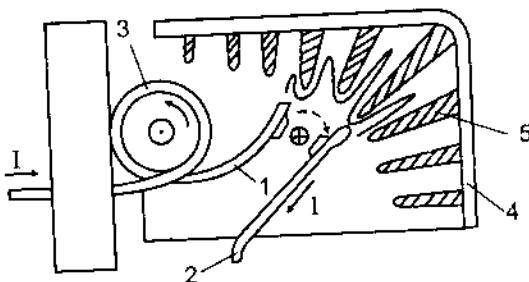
- *Dùng cuộn dây thổi từ (cuộn dây dập từ) và buồng dập hồ quang.* Cuộn dây thổi từ là cuộn dây đồng có vài vòng dây có lõi thép hở hoặc không có lõi thép. Cuộn này mắc nối tiếp với tiếp điểm và đặt ở gần tiếp điểm có hồ quang sao cho từ trường do cuộn dây tạo ra vuông góc với dòng điện hồ quang.

Như hình 3.18, khi tiếp điểm động 2 rời khỏi tiếp điểm tĩnh 1 thì dòng cảm ứng lúc ngắt mạch phong qua không gian giữa 2 tiếp điểm và gây hồ quang điện (mũi tên nét đứt). Dòng điện qua cuộn thổi từ sẽ tạo từ trường hướng ra khỏi hình vẽ vòng vào qua khu vực giữa 2 tiếp điểm. Từ trường này tác dụng vào dòng điện hồ quang một từ lực (theo quy tắc bàn tay trái) đẩy hồ quang vào các khe ngăn của buồng dập hồ quang. Do vậy, hồ quang dễ dàng bị dập tắt vì bị kéo dài trong các khe, bị phân chia thành nhiều đoạn ngắn và bị mất nhiệt do tiếp xúc với vách ngăn của buồng dập hồ quang.

- *Dùng tiếp điểm bắc cầu.* Với tiếp điểm kiểu này (hình 3.19) thì khi ngắt mạch sẽ có 2 hồ quang xuất hiện và hồ quang như được phân chia thành 2, kéo dài gấp đôi. Ngoài ra, 2 dòng điện hồ quang là song song ngược chiều nhau nên lực tương tác giữa chúng là lực đẩy, kéo hồ quang về 2 phía. Nhờ vậy hồ quang dễ bị dập tắt.



Hình 3.19. Tiếp điểm kiểu bắc cầu.

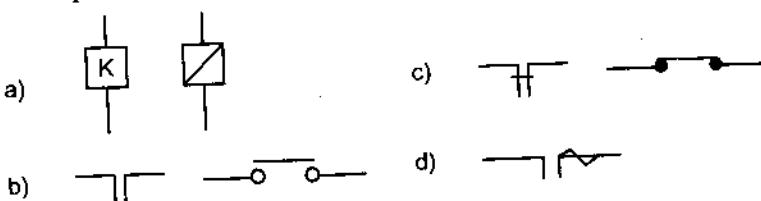


Hình 3.18. Tác dụng dập hồ quang của cuộn dây thổi từ.  
1. tiếp điểm tĩnh ; 2. tiếp điểm động ; 3. cuộn dây thổi từ ;  
4. buồng dập hồ quang ; 5. vách ngăn

Mạch cuộn hút và mạch tiếp điểm của công tắc tơ không liên quan với nhau nên việc cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực là rất cao. Điện áp cấp cho cuộn hút cần đảm bảo tối

thiểu 85% điện áp định mức của nó để cuộn hút đủ lực hút và không quá 105% điện áp định mức để cuộn hút không bị nóng quá nhiệt độ cho phép.

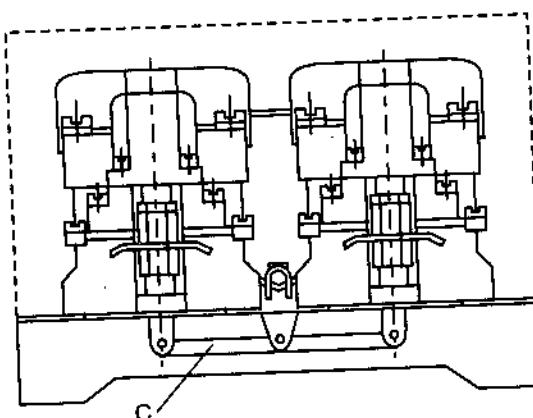
Kí hiệu các phần tử của một công tắc tơ trên bản vẽ như trên hình 3.20.



**Hình 3.20.** Kí hiệu các phân tử của một công tắc to  
a. cuộn hút điện từ ; b. tiếp điểm thường mở ; c. tiếp điểm thường đóng ;  
d. tiếp điểm thường mở có đập hồ quang.

### **3.2.6. Khởi động từ**

**3.2.6. Khởi động từ**  
Khởi động từ là một khí cụ kết hợp giữa công tắc tơ và role nhiệt để điều khiển động cơ và bảo vệ động cơ khỏi quá tải.



Hình 3.21 Hai công tắc tự có cần khóa chéo cơ khí.

Hình 3.21. Hai công tắc tơ có thể  
các pha. Để tránh sự cố 2 công tắc tơ cùng hút, người ta dùng mạch khóa chéo về  
điện hoặc về cơ đối với mạch các cuộn hút (sẽ đề cập sau). Ngoài ra, 2 công tắc tơ  
trong khởi động từ kép có thể còn có cần cơ khí C kiểu đòn bảy (hình 3.21) để đảm  
bảo công tắc tơ này hút thì công tắc tơ kia không thể hút được.

Khởi động từ đơn gồm một công tắc tơ kết hợp với 2 role nhiệt dùng để điều khiển động cơ xoay chiều ba pha quay một chiều.

Khởi động từ kép gồm hai công tắc tơ kết hợp với 2 role nhiệt dùng để điều khiển động cơ xoay chiều ba pha quay hai chiều. Hai công tắc tơ dùng để đảo chiều quay động cơ không được hút đồng thời vì sẽ gây chập mạch giữa

### 3.2.7. Ôtómát

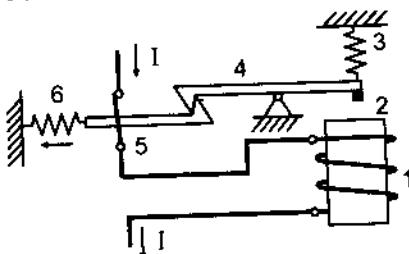
Ôtômát (ápтомат, máy ngắt tự động) là khí cụ điện đóng mạch bằng tay và cắt mạch tự động khi có sự cố như : ngắn mạch, quá dòng, quá áp, sụt áp v.v...

Đôi khi trong kĩ thuật cũng sử dụng ôtômát để đóng - cắt không thường xuyên các mạch điện làm việc ở chế độ bình thường.

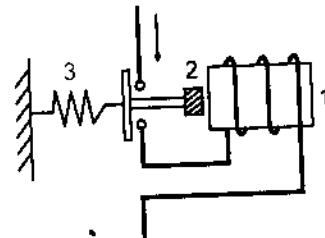
Kết cấu các ôtômát rất đa dạng và được chia theo các chức năng bảo vệ : ôtômát dòng điện cực đại, ôtômát dòng điện cực tiểu, ôtômát điện áp thấp, ôtômát công suất ngược v.v...

Hình 3.22 trình bày nguyên lý làm việc của một ôtômat dòng điện cực đại. Sau khi đóng ôtômat bằng tay, mạch điện cần bảo vệ được cấp điện. Lúc này 2 mấu ở cần 4 và đòn 5 móc vào nhau. Mạch được nối thông.

Khi dòng điện vượt quá trị số chỉnh định cho phép (qua lực căng của lò xo 3) thì cuộn điện từ 1 nối tiếp với mạch lực sẽ đủ lực, thăng lực cản của lò xo 3, hút nắp từ động 2, làm cần 4 quay nhàm chốt. Lò xo 6 kéo rời tiếp điểm ra khỏi tiếp điểm tĩnh để cắt mạch. Mạch sẽ được bảo vệ không bị quá dòng điện ở một giá trị nào đó.



Hình 3.22. Nguyên lý làm việc của ôtômat dòng điện cực đại.

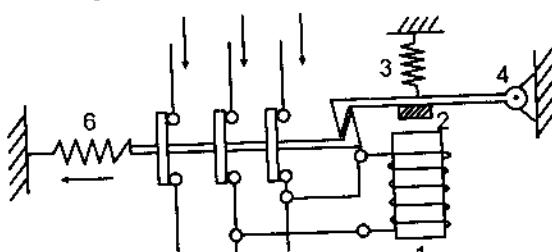


Hình 3.23. Nguyên lý làm việc của một ôtômat dòng điện cực tiêu.

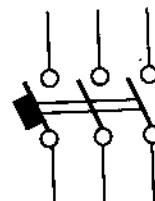
Hình 3.23 trình bày nguyên lý làm việc của một ôtômat dòng điện cực tiêu. Bình thường dòng điện làm việc lớn hơn dòng cắt (dòng nhà) nên cuộn 1 đủ lực hút để hút nắp từ động 2 ra và mạch được đóng kín.

Khi dòng giảm thấp hơn dòng cắt thì cuộn 1 không đủ từ lực nên bị lò xo 3 kéo nắp từ động 2 ra và tiếp điểm bị mở, dòng điện bị cắt.

Với ôtômat bảo vệ khởi động áp thấp (hình 3.24) thì sau khi đóng ôtômat bằng tay, cuộn hút 1 có đủ điện áp sẽ hút nắp từ 2 để chốt đầu cần 4 và đầu đòn 5 móc vào nhau, giữ các tiếp điểm nối liền mạch.



Hình 3.24. Nguyên lý làm việc của ôtômat điện áp thấp.



Hình 3.25. Kí hiệu của ôtômat trên sơ đồ điện.

Khi điện áp nguồn giảm thấp hơn mức chỉnh định, cuộn 1 không đủ điện áp sẽ có lực từ yếu và lò xo 3 kéo nắp từ 2 lên, nhàm chốt cắt mạch.

Thực tế còn nhiều loại ôtômat với các chức năng bảo vệ khác nhau.

Kí hiệu ôtômat như hình 3.25.

### 3.3. Các role

Role là khí cụ dùng để đóng - cắt mạch điều khiển hoặc mạch bảo vệ để liên kết giữa các khối điều khiển khác nhau nhằm thực hiện các thao tác logic theo một quá trình công nghệ nào đó.

Rôle có rất nhiều loại với các nguyên lí làm việc và chức năng khác nhau.

- Theo nguyên lí làm việc có : rôle điện từ, rôle từ điện, rôle điện động, rôle cảm ứng, rôle nhiệt, rôle bán dẫn, rôle quang...

- Theo đại lượng điện đầu vào có : rôle dòng điện, rôle điện áp, rôle tần số...

- Theo loại dòng điện có : rôle một chiều, rôle xoay chiều.

- Theo nguyên lí tác động của cơ cấu chấp hành có : rôle tiếp điểm, rôle không tiếp điểm.

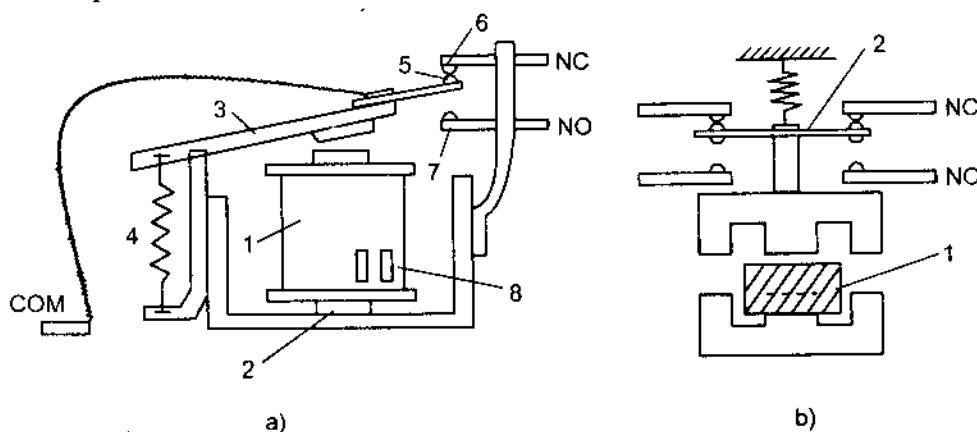
- Theo trị số và chiều đại lượng đầu vào có : rôle cực đại, rôle cực tiểu, rôle sai lệch...

Xét một số loại rôle dùng phổ biến trong các hệ TĐĐ tự động hiện nay.

### 3.3.1. Rôle điện từ

Rôle điện từ là loại rôle đơn giản nhất và được dùng rộng rãi nhất. Rôle làm việc trên nguyên lí điện từ và về kết cấu, nó tương tự như công tắc cơ nhưng chỉ dùng đóng - cắt mạch điều khiển, không trực tiếp dùng trong mạch lực.

Hình 3.26a trình bày nguyên lí cấu tạo một rôle điện từ một chiều kiểu bǎn lề. Cuộn dây 1 quấn quanh lõi sắt 2 và 2 đầu dây nối ra 2 chấu cảm 8. Nắp từ động 3 được lò xo 4 kéo bặt lên để tiếp điểm động 5 (tiếp điểm chung COM) tì vào tiếp điểm tĩnh 6 (tiếp điểm thường đóng NC), còn tiếp điểm tĩnh 7 bị hở (tiếp điểm thường mở NO). Khi cuộn điện từ được cấp điện, nó sẽ hút nắp từ động và tiếp điểm NO được nối với tiếp điểm COM, còn tiếp điểm NC bị ngắt khỏi tiếp điểm COM.



Hình 3.26. Nguyên lí cấu tạo rôle điện từ  
a. kiểu bǎn lề ; b. dạng piston

Hình 3.26b là nguyên lí cấu tạo của một rôle điện từ dạng piston với tiếp điểm động kiểu bắc cầu 2. Cuộn hút 1 là xoay chiều.

Qua cách làm việc của rôle điện từ, có thể thấy mỗi rôle có 3 phần chính :

- cơ cấu thu : là cuộn hút điện từ. Nó tiếp nhận tín hiệu vào (dòng điện, điện áp) và khi đạt một giá trị nào đó thì rôle tác động.

- *cơ cấu trung gian* : là mạch từ. Nó giúp tạo ra lực hút khi cuộn điện từ có điện và so sánh lực này với lực đặt trước bởi lò xo phản hồi. Kết quả tác động được truyền tới cơ cấu chấp hành.

- *cơ cấu chấp hành* : là hệ thống các tiếp điểm. Chúng tác động sẽ truyền tín hiệu cho mạch điều khiển.

Thời gian tác động  $t_{ld}$  của rôle là thời gian tính từ lúc cuộn hút được cấp điện cho đến khi tiếp điểm thường mở đóng lại hoàn toàn hoặc tiếp điểm thường đóng mở ra hoàn toàn.

Tùy thời gian  $t_{ld}$  mà rôle được chia ra :

- Rôle không quán tính :  $t_{ld} < 1 \text{ ms}$
- Rôle tác động nhanh :  $t_{ld} \approx (1 + 100) \text{ ms}$
- Rôle thời gian :  $t_{ld} > 100 \text{ ms}$

Thời gian tác động của rôle còn gọi là thời gian trễ.

### 3.3.2. Rôle trung gian

Nhiệm vụ của rôle trung gian là khuếch đại các tín hiệu điều khiển, liên kết giữa các phần tử điều khiển khác nhau.

Rôle trung gian thường là rôle điện từ. Số lượng tiếp điểm của rôle trung gian thường nhiều hơn các loại rôle khác. Rôle trung gian có độ phân cách về điện tốt giữa mạch cuộn hút và mạch tiếp điểm.

### 3.3.3. Rôle lưỡi gà

Rôle lưỡi gà (rôle reed hay contactron) cũng là một loại rôle điện từ có chức năng như một rôle trung gian nhưng kích thước rất nhỏ, tần số thao tác lớn.

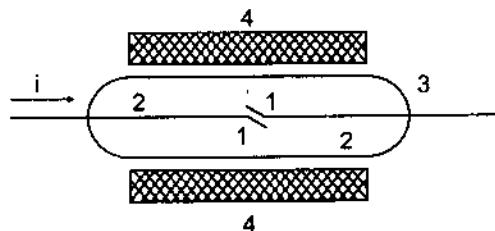
Rôle lưỡi gà hay được dùng trong các hệ điều khiển tự động.

Nguyên lý cấu tạo của rôle lưỡi gà như hình 3.27.

Hai tiếp điểm bằng platin 1 gắn ở đầu 2 thanh dẫn bằng thép lò xo 2 kiểu "lưỡi gà" được đặt trong ống thủy tinh 3 đã hút hết không khí hoặc chứa một ít khí trơ để dễ đập tắt hồ quang. Cuộn dây 4 ôm xung quanh ống 3. Khi cuộn này được cấp điện, một từ trường được tạo ra trong ống 3. Hai thanh dẫn 2 bị nhiễm từ, các tiếp điểm 1 hút nhau và nối mạch. Khi cuộn dây 4 bị cắt điện, lực đàn hồi của 2 thanh dẫn 2 sẽ mở hệ tiếp điểm.

Rôle lưỡi gà có nhiều ưu điểm :

- Tiếp điểm làm việc trong chân không hay khí trơ loãng nên hầu như không có hồ quang lúc đóng - cắt. Tiếp điểm không bị oxy hóa.



Hình 3.27. Nguyên lý cấu tạo của rôle lưỡi gà

- Khoảng cách 2 tiếp điểm nhỏ nên thời gian tác động nhanh ( $0,4 \div 2,0$ )ms và tần số thao tác lớn ( $500 \div 2500$  lần/s).

- Dòng đóng - cắt có thể ( $1 \div 5$ )A.

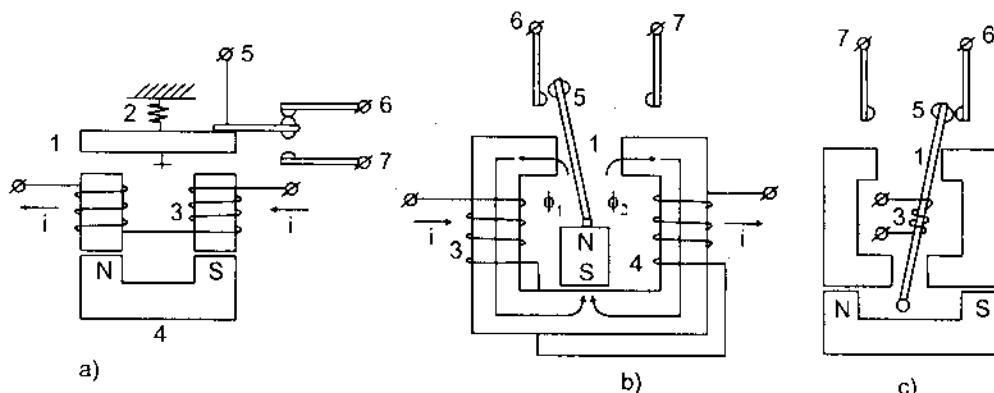
- Từ trường điều khiển nhỏ ( $F = (20 \div 200) \text{ Av} \cdot \text{g}$ )

Loại rơle lưỡi gà chỉ có 1 tiếp điểm thường mở.

### 3.3.4. Rơle phân cực

Rơle phân cực là loại rơle điện từ nhưng có thêm 1 nam châm vĩnh cửu để tạo ra từ trường phân cực. Do vậy, chiều chuyển động của nắp từ động phụ thuộc vào chiều dòng điện trong cuộn dây.

Rơle phân cực có thể có mạch từ nối tiếp, song song hay kiểu cầu tùy thuộc cách nối mạch từ của nam châm vĩnh cửu với mạch từ của cuộn dây điện từ (hình 3.28).



Hình 3.28. Nguyên lý làm việc của vài loại rơle phân cực.

a) rơle phân cực từ nối tiếp ; b) rơle phân cực từ song song ; c) rơle phân cực từ kiểu cầu

Ở rơle phân cực từ nối tiếp (hình 3.28a), nắp từ động 1 mang tiếp điểm chung 5 sẽ bị hút khi từ thông của cuộn điện từ 3 và của nam châm vĩnh cửu 4 cùng chiều. Lúc đó, tiếp điểm 5 - 6 mở, còn 5- 7 đóng. Khi hai từ trường ngược chiều nhau (dòng i có chiều ngược mũi tên ở hình vẽ) thì lò xo 2 sẽ kéo nắp từ động lên và trạng thái tiếp điểm đảo ngược lại. Loại rơle này ít được dùng vì khi hai từ trường của cuộn điện từ 3 và nam châm vĩnh cửu 4 ngược chiều nhau sẽ gây khử từ nam châm vĩnh cửu.

Ở rơle phân cực mạch từ song song (hình 3.28b), từ trường cuộn 3 hầu như không qua nam châm 4 vì mạch từ của nam châm 4 có từ trở lớn. Từ trường nam châm 4 qua nắp từ động sẽ chia ra hai phần :  $\Phi_1$  phía trái và  $\Phi_2$  phía phải. Giả thử nắp từ động như hình vẽ thì khe hở không khí bên phải lớn hơn nên  $\Phi_1 > \Phi_2$  và nắp từ động nằm ổn định phía trái. Nếu cuộn 3 có điện và dòng có chiều như hình vẽ thì từ trường tạo ra ngược chiều  $\Phi_1$ , cùng chiều  $\Phi_2$ . Từ thông khe hở bên trái ( $\Phi - \Phi_1$ ) sẽ nhỏ đi, còn ở bên phải ( $\Phi + \Phi_2$ ) sẽ lớn lên nên nắp từ động bị hút sang phải. Tiếp điểm 5 - 6 mở ra, 5 - 7 đóng lại. Vị trí của nắp từ động sẽ giữ nguyên ngay cả khi cuộn 3 mất điện. Muốn lật trạng thái, phải đảo chiều dòng điện i.

Ở role phân cực mạch từ kiểu cầu (hình 3.28c), từ trường cuộn điện từ 3 cũng không qua nam châm vĩnh cửu mà mọc vòng qua 2 nửa mạch từ ở phía trên. Khi cuộn 3 không có điện thì nắp từ động ở khe không khí phía trên hầu như không có lực tác dụng. Do vậy, chỉ cần một dòng điện nhỏ trong cuộn 3 cũng có thể thay đổi vị trí nắp từ động. Role loại này nhẹ hơn loại mạch song song.

### 3.3.5. Role dòng điện

Role dòng điện dùng bảo vệ mạch điện khi dòng điện trong mạch vượt quá hay giảm thấp hơn một trị số nào đó đã được chỉnh định trong role.

Một kiểu role dòng điện có cấu tạo như trên hình 3.29.

Mạch từ 1 có quấn cuộn dây dòng điện 2 nhiều dây ra. Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây 2 thì từ trường tạo ra sẽ tác động một từ lực lên nắp từ động hình Z bằng sắt. Nếu dòng điện vượt quá giá trị chỉnh định (qua lực căng lò xo 4) thì từ lực dù lớn sẽ thắng lực cản lò xo, hút nắp Z quay và đóng (hoặc mở) hệ tiếp điểm 5, 6.

Trị số dòng điện tác động có thể chỉnh định "tho" qua đổi nối song song hoặc nối tiếp hai cuộn 2, chỉnh "tinh" qua lực căng lò xo 4.

Role dòng điện loại này dùng để bảo vệ dòng điện cực đại. Cuộn dây role mắc nối tiếp với mạch cần bảo vệ.

### 3.3.6. Role điện áp

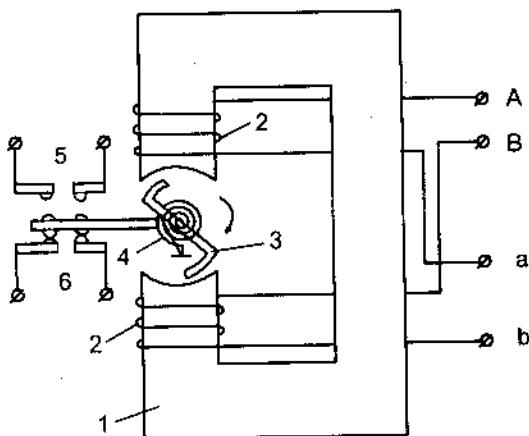
Role điện áp dùng để bảo vệ các thiết bị điện khi điện áp đặt vào thiết bị tăng quá hoặc giảm quá mức quy định.

Nguyên lý cấu tạo và làm việc của role điện áp tương tự như role dòng điện. Khác nhau là : cuộn dây role dòng điện ít vòng, thiết điện dây to còn cuộn dây role điện áp nhiều vòng, thiết điện dây nhỏ. Cuộn dây role dòng điện mắc nối tiếp với mạch điện của thiết bị cần bảo vệ còn cuộn dây role điện áp mắc song song với thiết bị cần bảo vệ.

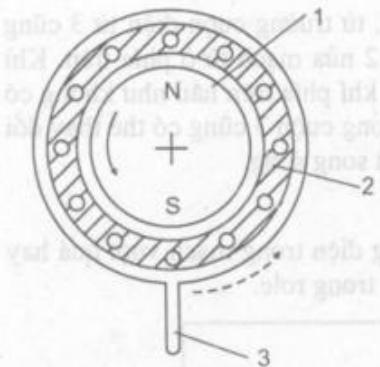
### 3.3.7. Role kiểm tra tốc độ

Role kiểm tra tốc độ được dùng để thay đổi chế độ làm việc của hệ TD (động cơ) ở mức tốc độ nào đó.

Đại lượng vào là tốc độ quay của động cơ điện (hoặc của máy công tác), đại lượng ra là vị trí của tiếp điểm. Khi tốc độ quay đạt một giá trị cho trước nào đó, role sẽ tác động, đóng - cắt tiếp điểm của nó trong mạch điều khiển hoặc bảo vệ.



Hình 3.29. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của role dòng điện cực đại.



Hình 3.30. Nguyên lý cấu tạo của rơle kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng.

tác dụng sẽ lớn. Tới một tốc độ nào đó, mômen tác động đủ lớn, thắng mômen cản ghìm giữ lóng sóc thì lóng sóc sẽ quay và cần 3 gắn với lóng sóc 2 sẽ quay để đóng - mở các tiếp điểm của rơle.

*Rơle kiểm tra tốc độ kiểu li tâm* (hình 3.31). Trục 1 quay cùng với động cơ và khi quay sẽ kéo theo 2 quả văng 2 cùng quay. Khi trục đứng yên, lò xo 3 kéo 2 quả văng tì vào đĩa cách điện 4, ép lò xo 5 để đóng tiếp điểm thường đóng 6 và mở tiếp điểm thường mở 7.

Nếu tốc độ động cơ lớn đến một giá trị nào đó được chỉnh định trước, lực li tâm sẽ thắng lực kéo của lò xo 3 làm hai quả văng 2 văng xa trục 1 và không tì vào đĩa 4. Lò xo 5 đẩy đĩa 4 sang phải làm tiếp điểm 6 mở ra, tiếp điểm 7 đóng lại.

Rơle loại này hay dùng để ngắt tụ điện mở máy của động cơ không đồng bộ một pha sau khi mở máy xong.

### 3.3.8. Rơle thời gian

Rơle thời gian là rơle tạo trễ đầu ra, nghĩa là khi có tín hiệu điều khiển ở đầu vào thì sau một thời gian nào đó, đầu ra mới có tác động (tiếp điểm rơle mới đóng hoặc mở).

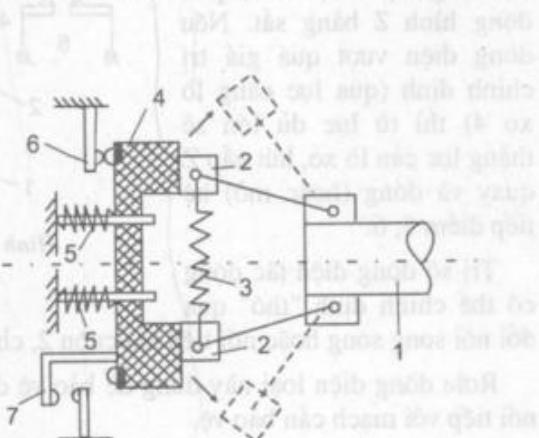
Thời gian trễ có thể từ vài phần giây đến hàng giờ hoặc lâu hơn nữa.

Rơle thời gian có nhiều kiểu, loại dùng ở cả mạch một chiều và xoay chiều. Xét một số loại thông dụng.

Hai kiểu rơle kiểm tra tốc độ thường dùng sẽ được trình bày sau đây.

*Rơle kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng* (hình 3.30).

Khi nam châm 1 quay (cùng với trục quay động cơ) sẽ tạo ra từ trường quay quét qua các thanh dẫn của lóng sóc 2. S.d.d. cảm ứng xuất hiện trong các thanh dẫn lóng sóc nối ngắn mạch sẽ tạo ra dòng điện. Từ trường quay của nam châm lại tác dụng vào dòng cảm ứng này một từ lực và tạo ra mômen có xu hướng làm quay lóng sóc theo chiều quay của từ trường. Nam châm quay nhanh thì dòng cảm ứng mạnh, mômen



Hình 3.31. Rơle kiểm tra tốc độ kiểu li tâm

### 3.3.8.1. Rôle thời gian kiểu điện từ

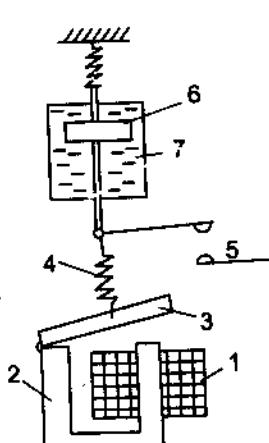
Loại này dùng ở mạch một chiều và thời gian trễ tối 3s.

Như hình 3.32, mạch từ trụ 3 và mạch từ chũ nhật dẹt 1 đều có vòng ngắn mạch 2 ôm xung quanh. Tiếp điểm rôle gắn trên nắp từ động 5. Khi đóng hay ngắt điện cuộn hút 4, từ thông trong lõi từ biến thiên làm xuất hiện dòng điện cảm ứng trong các vòng ngắn mạch. Từ trường của vòng ngắn mạch chống lại sự biến thiên của từ trường đã sinh ra nó nên tốc độ biến thiên của từ thông tạo ra bởi cuộn 4 bị chậm lại. Kết quả thời gian tác động của rôle cũng chậm lại.

Thời gian trễ của rôle có thể chỉnh định theo :

- Độ căng của lò xo nhả 6.
- Độ căng của lò xo 7 tạo ra lực tách nắp từ động 5 khỏi trụ từ 3.
- Khe hở phụ qua tấm đệm phi từ tính giữa nắp từ động 5 và trụ 3.

### 3.3.8.2. Rôle thời gian kiểu thủy khí



Hình 3.33. Rôle thời gian kiểu thủy lực.

Cuộn hút 1 quấn trên lõi từ 2 (hình 3.33) được cấp điện sẽ hút nắp từ động 3.

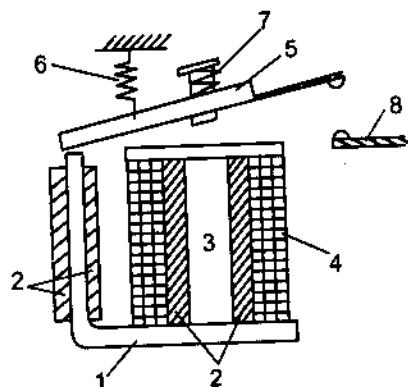
Lò xo 4 bị kéo căng nhưng tiếp điểm 5 không đóng ngay vì piston 6 chuyển động chậm trong xi lanh dầu nhớt. Do đó tiếp điểm bị đóng chậm (hoặc nhả chậm).

Khi cuộn hút 1 bị cắt điện thì quá trình nhả cũng diễn ra chậm và giải thích tương tự như trên.

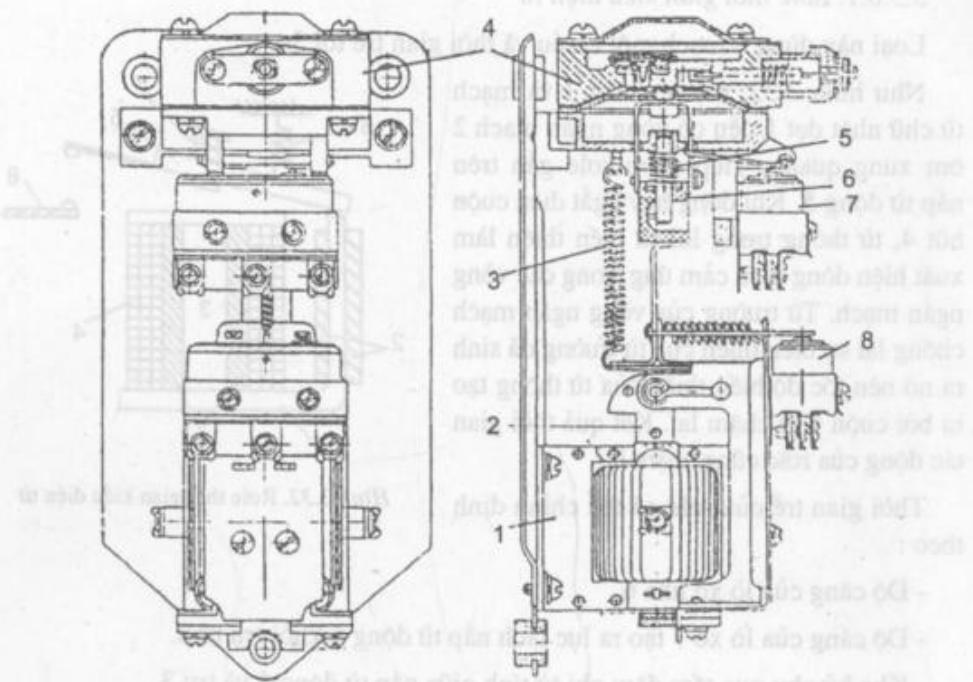
Rôle kiểu này dùng cả cho cuộn hút một chiều và xoay chiều.

Hình 3.34 là một rôle thời gian kiểu khí. Thời gian trễ ( $0,4 + 180$ )s. Khi nạm châm 1 có điện, nắp từ động 2 bị hút và tấm kẹp 6 được tự do. Lò xo 5 đẩy tấm kẹp xuống với tốc độ tùy theo lượng khí ở buồng 4 thoát ra qua một lỗ nhỏ.

Thay đổi độ mở lỗ khí nhờ một van sẽ thay đổi được tốc độ hạ xuống của tấm 6. Đến vị trí cuối cùng, nhờ một đòn ngang, tấm kẹp 6 sẽ tác động vào 1 công tắc nhỏ 7 để đóng hoặc cắt mạch. Khi cắt điện cuộn 1, rôle trở lại trạng thái ban đầu nhanh, không có trễ nhờ lò xo 3. Lúc này không khí được nạp lại vào buồng khí nhanh qua van 1 chiều.

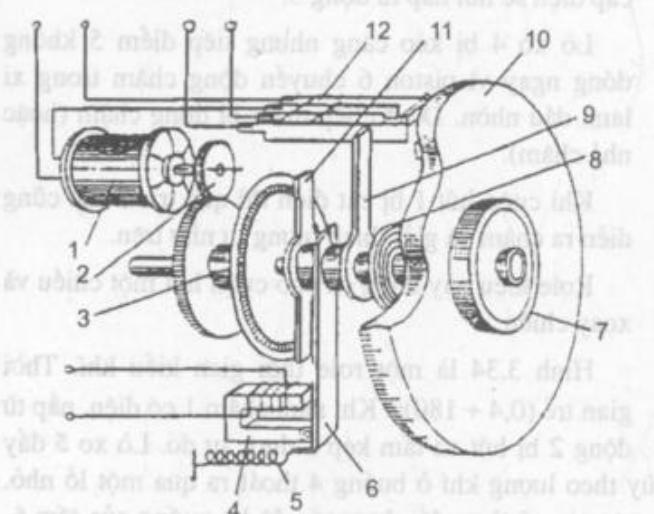


Hình 3.32. Rôle thời gian kiểu điện từ



Hình 3.34. Rơle thời gian kiểu khí.

### 3.3.8.3. Rơle thời gian kiểu động cơ



Hình 3.35. Sơ đồ động của rơle thời gian kiểu động cơ.

và sau một thời gian sẽ tìm vào hệ tiếp điểm 12 để đóng hoặc mở tiếp điểm, đồng thời cắt mạch động cơ 1.

Sơ đồ động của một rơle thời gian kiểu động cơ như trên hình 3.35. Khi động cơ động bộ nhỏ một pha 1 được cấp điện, nó sẽ quay và qua hộp giảm tốc có tốc độ chậm = 2 vòng/phút. Chuyển động quay được truyền qua cặp bánh răng 2 tới bánh xe con cóc có các răng ở mép trong. Lúc đóng điện cho nam châm điện 4, cần 6 bị hút sẽ ép thanh bánh cóc 11 khớp vào bánh 3. Đòn 9 liên kết cứng với thanh 11 sẽ quay cùng với thanh 11

Chỉnh định thời gian trễ nhờ thang chia độ 10 nối cung trực với đòn 9 qua ốc hầm 7. Đòn 9 càng gần hệ tiếp điểm 12 thì thời gian trễ càng nhỏ.

Trả role về vị trí và trạng thái ban đầu nhờ lò xo 5 và 8 sau khi cắt điện nam châm 4.

Kí hiệu các phần tử role như trên bảng 3.1.

Bảng 3.1.

Kí hiệu	Ý nghĩa	Kí hiệu	Ý nghĩa
	Cuộn hút điện từ		Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở ngay
	Cuộn điện áp		Tiếp điểm thường mở, đóng ngay, mở chậm
	Cuộn dòng điện		Tiếp điểm thường mở, đóng chậm, mở chậm
	Máy biến dòng		Tiếp điểm thường đóng, mở ngay, đóng chậm
	Tiếp điểm thường mở		Tiếp điểm thường đóng, đóng ngay, mở chậm
	Tiếp điểm thường đóng		Tiếp điểm thường đóng, mở chậm, đóng chậm

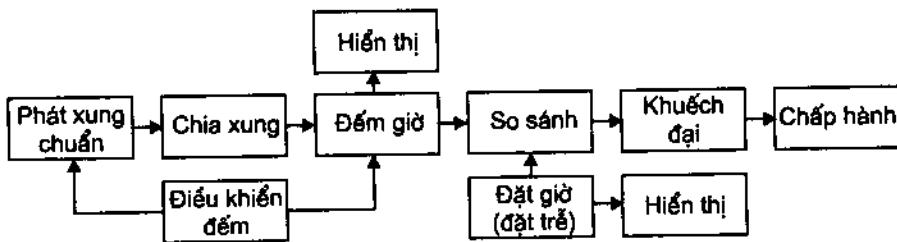
#### 3.3.8.4. Role thời gian bán dẫn

Hiện nay việc làm trễ thời gian tác động phần lớn là nhờ các mạch bán dẫn vì có các ưu điểm nổi trội như : bền, gọn, tiêu tốn năng lượng ít, tác động nhanh, tin cậy, dài thời gian trễ lớn (từ vài phần giây đến hàng trăm giờ hoặc hơn).

Mạch làm trễ thời gian bán dẫn rất đa dạng nhưng về nguyên lý có thể phân ra :

- Mạch trễ nhờ sự phỏng hoặc nạp của tụ điện (mạch R-C). Thời gian trễ điều chỉnh qua R, Trị số R, C càng lớn thì thời gian trễ càng lớn. Mạch này cho thời gian trễ không quá vài giờ.

- Mạch trễ nhờ các bộ đếm. Đây là mạch trễ logic theo nguyên tắc đồng hồ. Thời gian trễ xác định bởi số đếm và tần số xung đếm. Thời gian trễ tăng lên khi số đếm tăng lên và tần số xung đếm giảm. Mạch này có thể cho thời gian trễ rất lớn. Hình 3.36 là sơ đồ khối chức năng của một bộ trễ đếm giờ. Bộ đếm giờ thực chất là đồng hồ. Thời gian này được so sánh với tín hiệu đặt giờ.



Hình 3.36. Sơ đồ khối chức năng một bộ trễ.

Nếu 2 tín hiệu đếm và đặt bằng nhau thì đầu ra bộ so sánh sẽ có tín hiệu và sau khi qua khâu khuếch đại sẽ tác động vào bộ chấp hành : đóng mở các hệ tiếp điểm.

### 3.4. Thiết bị đóng-cắt không tiếp điểm

Tiếp điểm đóng - cắt trong các thiết bị điều khiển thường kém bền do va đập cơ, do phóng điện hồ quang làm cháy, rò bê mặt và tần số đóng - cắt nhỏ do quán tính cơ. Ngoài ra độ tin cậy của thiết bị điều khiển có tiếp điểm kém hơn vì có thể đóng - cắt không dứt khoát (bị hở, bị dính...).

Thiết bị đóng - cắt không tiếp điểm khi tác động không có chuyển động của tiếp điểm đóng và không có tiếp xúc về mặt cơ học. Các thiết bị không tiếp điểm làm việc trên nguyên lý là : khi có tín hiệu đầu vào thì đầu ra tác động lên mạch bị điều khiển bằng cách thay đổi đột ngột các tham số của mạch (như điện trở, điện cảm, điện dung...).

Ví dụ, ở thiết bị không tiếp điểm, khi điện trở đầu ra rất nhỏ sẽ tương ứng với trạng thái đóng của tiếp điểm của thiết bị có tiếp điểm, còn khi điện trở đầu ra rất lớn sẽ tương ứng với trạng thái mở của tiếp điểm.

So với thiết bị có tiếp điểm, thiết bị không có tiếp điểm có ưu điểm :

- không có tiếp điểm cơ khí nên bền hơn ;
- thông số đầu ra ( $U$ ,  $I$ , ...) không phụ thuộc vào tác động cơ học ;
- tuổi thọ lớn ;
- tác động nhanh, tần số thao tác lớn.

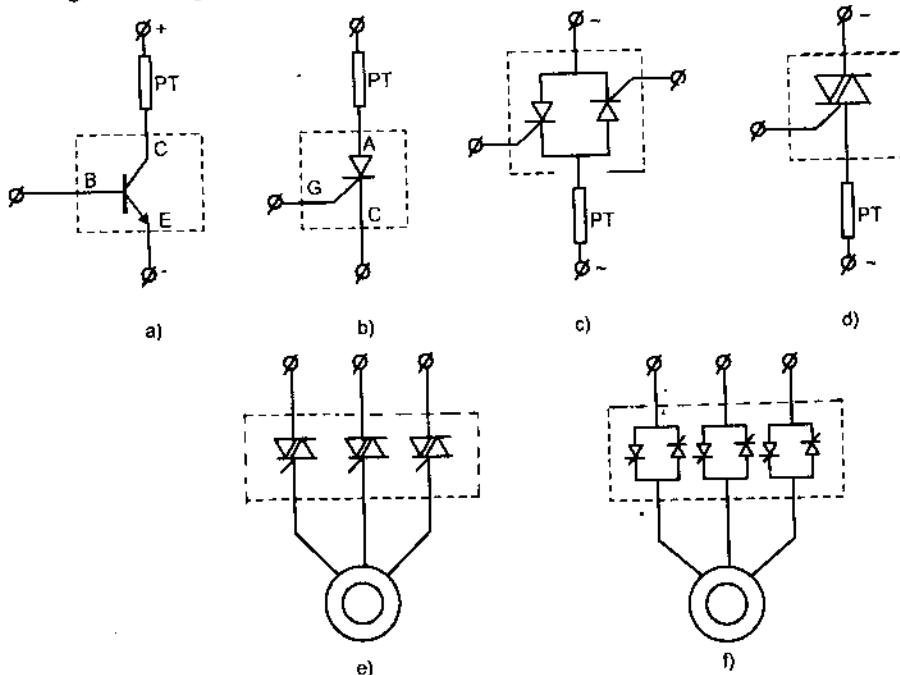
Nhược điểm là :

- nhạy cảm với nhiễu điện hơn so với loại có tiếp điểm ;
- chịu ảnh hưởng của nhiệt độ ;
- số phần tử cấu thành thiết bị thường nhiều hơn nên phức tạp hơn.

Thiết bị đóng - cát không tiếp điểm được nghiên cứu chế tạo để thay thế các role chiu dòng lớn, các công tắc tơ dùng trong mạch lực. Sự phát triển của kĩ thuật bán dẫn hiện nay đã cho phép chế tạo ra những thiết bị đóng - cát không tiếp điểm ở điện áp cao (vài kV) với dòng điện lớn (vài kA). Phần tử chủ yếu trong các thiết bị đóng - cát không tiếp điểm là tranzito công suất (mạch một chiều), thyristo (mạch một chiều và xoay chiều), triac (mạch xoay chiều). Các phần tử đóng - cát không tiếp điểm đã được đề cập ở các mục 2.3 và 2.4.

Vì các thiết bị đóng - cát không tiếp điểm chỉ làm nhiệm vụ thông - khóa mạch nên đối với tranzito chỉ làm việc ở chế độ role, đối với thyristo và triac chỉ làm việc ở chế độ góc mở bằng 0. Các thiết bị đóng - cát không tiếp điểm không có phần chuyển động khi làm việc, không gây ôn nên còn gọi là các thiết bị đóng - cát tĩnh, có tuổi thọ cao.

Thiết bị đóng - cát dùng tranzito sử dụng trong mạch một chiều (hình 3.37a) thì tranzito luôn làm việc ở chế độ role (xem mục 5 Phụ lục 1) : khóa hoàn toàn (cắt mạch) và thông bao hòa (đóng mạch). Thiết bị làm việc như một bộ khóa điện từ một hướng và thường được sử dụng ở mạch công suất nhỏ.



Hình 3.37. Các thiết bị đóng - cát không tiếp điểm.

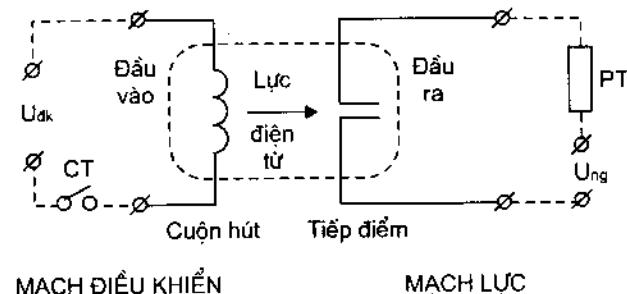
- a) dùng tranzito ở mạch một chiều ; b) dùng thyristo ở mạch một chiều hoặc xoay chiều ;  
c, d, e, f - dùng thyristo hoặc triac trong mạch xoay chiều

Hình 3.37b là thiết bị đóng - cắt dùng thyristo sử dụng ở mạch một chiều hoặc xoay chiều. Phụ tải là một chiều. Góc mở của thyristo trong thiết bị này luôn bằng 0.

Trong mạch xoay chiều (hình 3.37c, d, e, f), các thiết bị đóng - cắt mỗi pha là 2 thyristo mắc song song ngược hoặc triac. Sự làm việc của các thiết bị này tương tự bộ điều chỉnh dòng điện xoay chiều nhưng với góc mở luôn bằng 0. Chúng thường tự khóa theo điều kiện chuyển mạch tự nhiên.

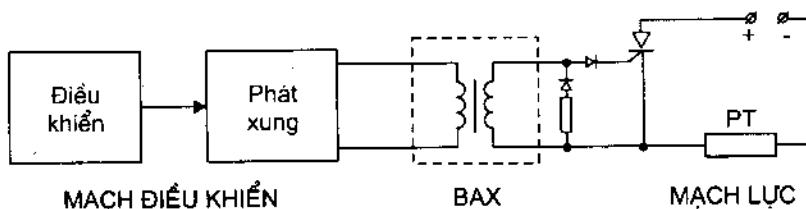
#### Vấn đề cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực trong các thiết bị đóng - cắt không tiếp điểm.

Ở công tắc tơ điện từ, khi cuộn hút điện từ có điện sẽ hút nắp từ động, từ đó đóng hoặc mở tiếp điểm của nó (hình 3.38) trong mạch lực. Sự cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực là rất cao. Nhờ vậy, điện áp cao và dòng điện lớn ở mạch lực không gây ảnh hưởng tới điện áp thấp và dòng điện nhỏ ở mạch điều khiển, tạo điều kiện thuận lợi, an toàn cho người thao tác.



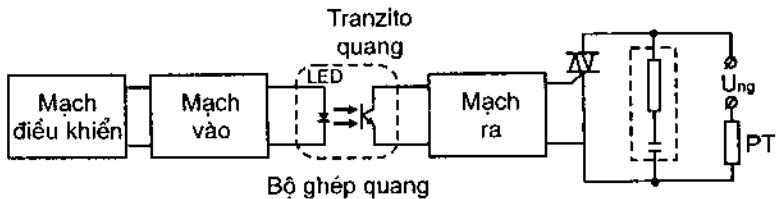
Hình 3.38. Cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực trong công tắc tơ

Ở công tắc bán dẫn (thiết bị đóng - cắt không tiếp điểm) dùng thyristo hoặc triac, việc cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực được thực hiện qua biến áp xung như trên hình 3.39. Biến áp xung còn có nhiệm vụ tạo điện áp và dòng điện điều khiển phù hợp với thyristo hoặc triac.



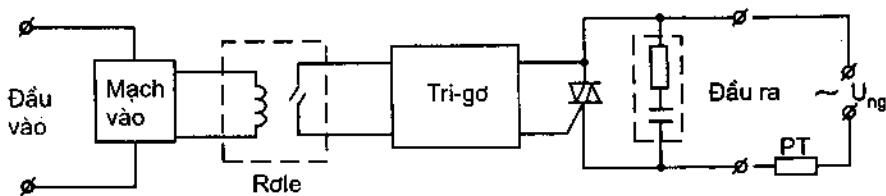
Hình 3.39. Cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng biến áp xung.

Ngoài ra, còn thực hiện cách ly giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng một bộ ghép quang (còn gọi là ôptô cúp plo hay photô cúp plo) như trên hình 3.40. Phía đầu vào của bộ ghép quang là một diode phát quang (còn gọi là LED) mà khi được cấp dòng sẽ phát sáng (ánh sáng trong thấy hoặc ánh sáng hồng ngoại). Phía đầu ra của nó là một phần tử cảm quang (điện trở quang, tranzito quang, thyristo quang, triac quang). Khi LED phát sáng, phần tử cảm quang sẽ phản ứng, dẫn thông và mạch tải đầu ra được cấp điện.



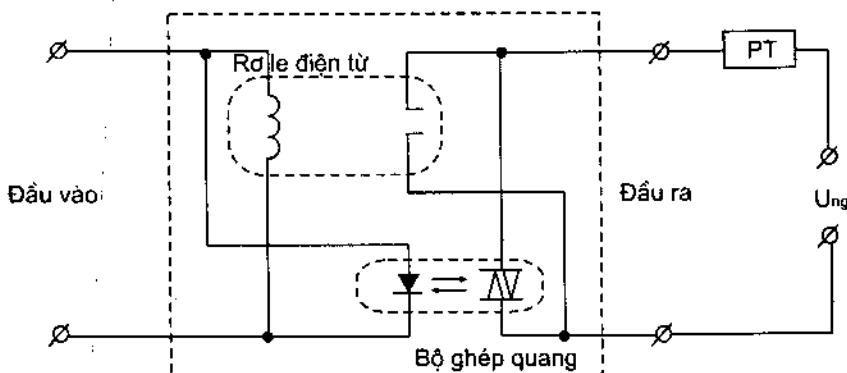
Hình 3.40. Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng bộ ghép quang

Cũng có thể phần tử cách li là một role (hình 3.41). Số đó có xen một mạch có tiếp điểm nên thiết bị được gọi là thiết bị đóng - cắt tĩnh lai.



Hình 3.41. Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng role

Đôi khi thiết bị đóng - cắt tĩnh lai lại có cả role tĩnh lẫn role điện từ (hình 3.42). Trường hợp này, role tĩnh dùng để đóng, cắt (đóng trước và cắt sau so với role điện từ), còn role điện từ dùng để cấp nguồn tiêu thụ cho phụ tải. Nhờ vậy, tiếp điểm cơ khí đỡ bị hở quang làm hỏng và tiếp điểm bán dẫn đỡ phải chịu dòng tải lâu dài.



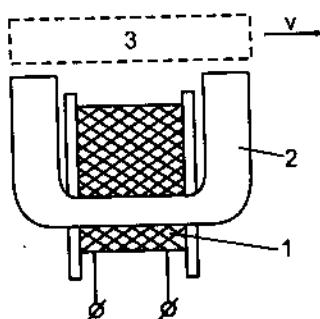
Hình 3.42. Cách li giữa mạch điều khiển và mạch lực bằng thiết bị đóng - cắt tĩnh lai

### 3.5. Công tắc hành trình không tiếp điểm

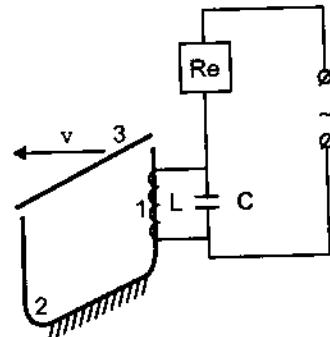
Các công tắc hành trình như trên hình 3.5 cần có tác dụng cơ học trực tiếp (tì, ấn, gạt...) từ bên ngoài để tác động. Do vậy, dễ gây va đập mạnh và hỏng hóc hoặc không tác động được khi bị dơ, rao. Các công tắc hành trình không tiếp điểm không cần tác động cơ học trực tiếp nên tránh được va đập, vận hành tin cậy, an toàn hơn. Phân quan trọng của các công tắc hành trình là các bộ cảm biến vị trí, được chế tạo theo nhiều kiểu : điện từ (hay cảm ứng), quang điện (hay quang học), sợi quang, điện dung, siêu âm...

### 3.5.1. Cảm biến vị trí kiểu cảm ứng

Cảm biến vị trí kiểu cảm ứng (hay cảm biến lân cận kiểu cảm ứng) là một mạch từ hở 2 (hình 3.43) có cuộn dây xoay chiều 1. Khi cuộn dây được cấp điện, từ trường của nó sẽ khép kín trong lõi 2 và phần không khí phía trên. Vì mạch từ hở nên từ trở rất lớn, độ tự cảm nhỏ, điện kháng ( $X_L = \omega L$ ) nhỏ nên dòng điện qua cuộn dây lớn.

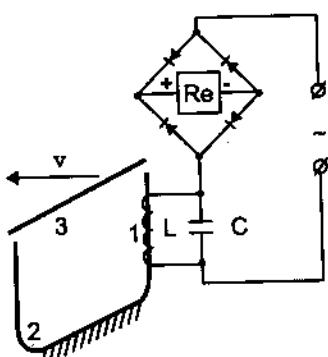


Hình 3.43. Cảm biến vị trí kiểu cảm ứng



Hình 3.44. Công tắc hành trình không tiếp điểm cộng hưởng dòng.

Khi miếng sắt 3 gắn với vật chuyển động lướt qua mạch từ, mạch từ được khép kín hơn. Lúc đó từ trở giảm và từ thông tăng mạnh, điện kháng cuộn dây tăng và dòng điện qua cuộn dây giảm. Từ đó, nếu mắc nối tiếp với cuộn dây một rôle thì ta có một công tắc hành trình không tiếp điểm cộng hưởng dòng (hình 3.44).



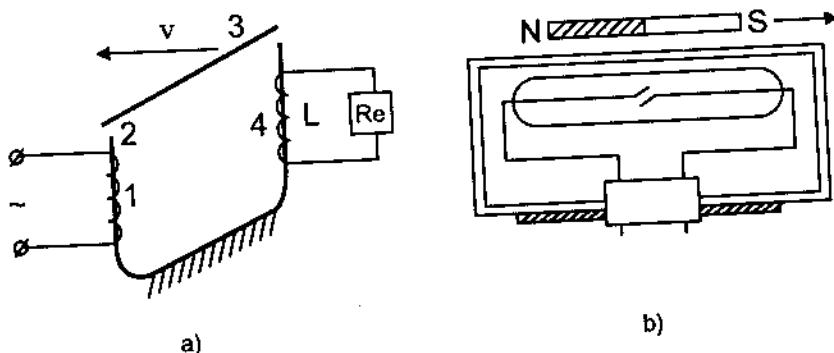
Hình 3.45. Công tắc hành trình không tiếp điểm cảm ứng với rôle một chiều.

Để nâng cao độ tin cậy cho tác động của rôle, cuộn dây 2 được mắc song song với một tụ điện C sao cho mạch LC tạo ra cộng hưởng dòng điện khi miếng sắt 3 khép kín mạch từ 2.

Như vậy, khi mạch từ của cảm biến hở, dòng điện qua cuộn dây rôle Re dù lớn làm cho nó tác động. Khi mạch từ kín, dòng điện qua rôle giảm xuống gần bằng 0 và rôle không tác động.

Nếu rôle dùng là loại một chiều thì nó được mắc với đầu cảm biến qua một cầu diốt (hình 3.45).

Hình 3.46a trình bày một công tắc hành trình cảm ứng dạng khác. Bình thường, mạch từ hở, từ trở lớn, từ thông móc vòng từ cuộn dây 1 qua cuộn dây 4 nhỏ và s.d.d. cảm ứng của cuộn dây 4 nhỏ, rôle không tác động. Khi có miếng sắt động lướt qua, khép kín mạch từ, từ thông tăng mạnh và do đó s.d.d. cảm ứng ở cuộn 4 tăng mạnh. Rôle tác động.



Hình 3.46. Hai loại cảm biến vị trí kiểu cảm ứng.

a) công tắc hành trình mạch từ hở ; b) công tắc hành trình dùng role lưỡi gà.

Cảm biến vị trí kiểu điện từ chỉ có tác dụng đối với các vật liệu sắt từ.

Hình 3.45b là công tắc hành trình dùng role lưỡi gà. Role sẽ đóng mạch khi thanh nam châm NS tới gần.

### 3.5.2. Cảm biến vị trí kiểu quang học

Cảm biến vị trí kiểu quang học hay cảm biến lân cận kiểu quang điện bao gồm

2 phần :

- Nguồn phát sáng (hay bộ phát) E.
- Bộ nhận sáng R.

Bộ phát sẽ phát ra ánh sáng, hướng ánh sáng tới bộ nhận. Phần tử chủ yếu của bộ phát là một bóng đèn nhỏ hay một LED. Ánh sáng phát ra có thể là ánh sáng trông thấy hay ánh sáng hồng ngoại không trông thấy. Ánh sáng thường được tập trung qua hệ thấu kính bên ngoài hay ở ngay đầu LED rồi hướng tới bộ nhận.

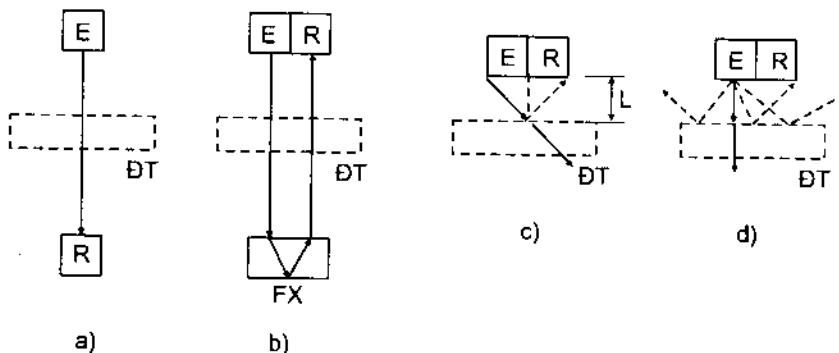
Phần tử chủ yếu của bộ nhận là diốt quang, hoặc điện trở quang, hoặc tranzistor quang, hoặc thyristor quang v.v... Khi các phần tử này bị ánh sáng chiếu vào, điện trở của chúng thay đổi hoặc chúng làm thông mạch và từ đó tác động đến mạch ngoài.

Bộ phát E và bộ nhận R trong cảm biến quang học có thể tách rời nhau (hình 3.47a) hoặc ghép trong cùng một khối (hình 3.47b, c, d). Hình 3.47 trình bày bốn cách bố trí bộ phát và bộ nhận thường dùng.

- Kiểu bố trí ánh sáng xuyên (hình 3.47a) : bộ nhận luôn nhận được ánh sáng. Khi đối tượng ĐT cần nhận biết chắn sáng, lượng ánh sáng tới bộ nhận thay đổi sẽ làm bộ nhận phản ứng và tác động vào mạch.

- Kiểu bố trí ánh sáng phản xạ ngược (hình 3.47b) : cách làm việc tương tự kiểu ánh sáng xuyên.

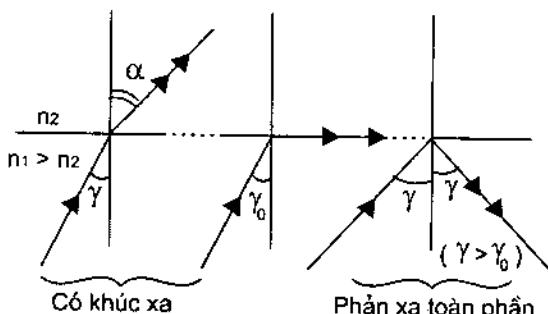
- Kiểu bố trí ánh sáng phản xạ (hình 3.47c) : bình thường, bộ nhận không nhận được ánh sáng. Khi có đối tượng cần nhận biết, ánh sáng bị phản xạ từ đối tượng và bộ nhận nhận được ánh sáng và mạch bị thay đổi trạng thái.



Hình 3.47. Các cách bố trí bộ phát và bộ nhận.

- Kiểu bố trí ánh sáng phản xạ khuếch tán (hình 3.47d) : bộ nhận sẽ tác động khi có ánh sáng phản xạ khuếch tán từ đối tượng cần nhận biết hắt lại.

Các công tắc quang điện dùng cảm biến quang điện được sử dụng khá rộng rãi vì nó có thể phát hiện cả vật thể phi kim loại, không cần tiếp xúc với vật, tuổi thọ cao, không rung động và tác động nhanh. Nhược điểm của các công tắc loại này là độ chính xác của tác động sẽ bị hạn chế khi môi trường làm việc gây ra ảnh hưởng tới luồng ánh sáng (bụi, khói...), khi vật cần nhận biết là trong suốt đối với ánh sáng (trong cách bố trí hình 3.47a, b), khi vật cần nhận biết có màu tối (trong cách bố trí hình 3.47c, d) v.v...

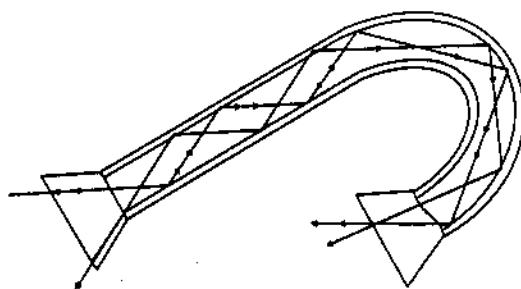


Hình 3.48. Hiện tượng phản xạ toàn phần

toàn phần nếu góc tới  $\gamma$  (hình 3.48) lớn hơn góc giới hạn phản xạ toàn phần  $\gamma_0$ .

Nguyên lý này được ứng dụng trong sợi quang. Sợi quang thông thường có dạng trụ với lõi bằng vật liệu thạch anh hoặc thủy tinh đa thành phần hoặc bằng nhựa tổng hợp trong suốt với chiết suất lớn hơn nhiều so với không khí. Bên ngoài lõi là một màng vỏ làm bằng chất có chiết suất nhỏ hơn. Như trên hình 3.49, ánh

Gần đây, trong kỹ thuật đã sử dụng nhiều cảm biến quang điện dùng sợi quang. Khi ánh sáng được chiếu từ một môi trường trong suốt có hệ số chiết quang  $n_1$  lớn (như nước, thủy tinh, chất dẻo trong suốt...) qua mặt phân cách sang một môi trường trong suốt khác có chiết suất  $n_2$  nhỏ hơn (như không khí) thì ánh sáng sẽ bị phản xạ



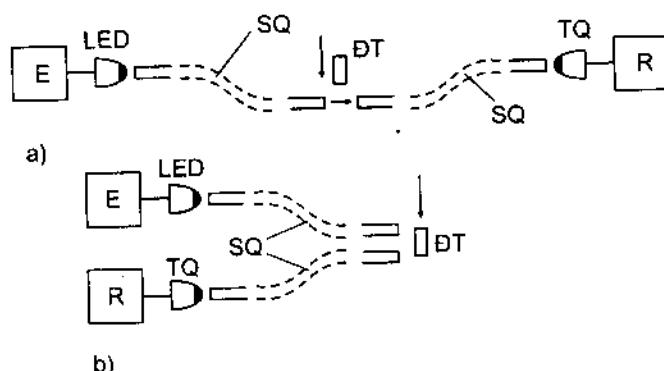
Hình 3.49. Truyền ánh sáng trong sợi quang.

sáng đi vào sợi quang qua mặt đầu của sợi và phản xạ toàn phần liên tục giữa mặt phân cách lõi và màng vỏ rồi ra ngoài ở mặt đầu kia của sợi.

Những tia sáng không phản xạ toàn phần được thì xuyễn ra ngoài sợi quang và gây ra tổn hao năng lượng ánh sáng truyền.

Các sợi quang được chế tạo để sợi có bị uốn thì phân tán ánh sáng vẫn truyền được theo sợi.

Hình 3.50 là sơ đồ lắp cảm biến quang điện dùng sợi quang.



Hình 3.50. Cảm biến quang điện dùng sợi quang kiểu ánh sáng xuyên (a) và ánh sáng phản xạ (b)  
(SQ : sợi quang ; DT : đối tượng ; TQ : tranzistor quang)

Đường kính sợi quang cỡ 1mm. Ưu điểm của cảm biến loại này là có thể nhận biết được những vật nhỏ tới 1mm (đường kính sợi quang chính là giới hạn nhận biết đối tượng nhỏ nhất). Cảm biến chịu tốt mọi rung động, va đập vì đầu sợi quang không có mạch điện, thiết bị nào cả và do sợi quang có đường kính nhỏ nên có thể luôn lách và đặt được ở những nơi rất hẹp.

### 3.6. Các phần tử điện từ

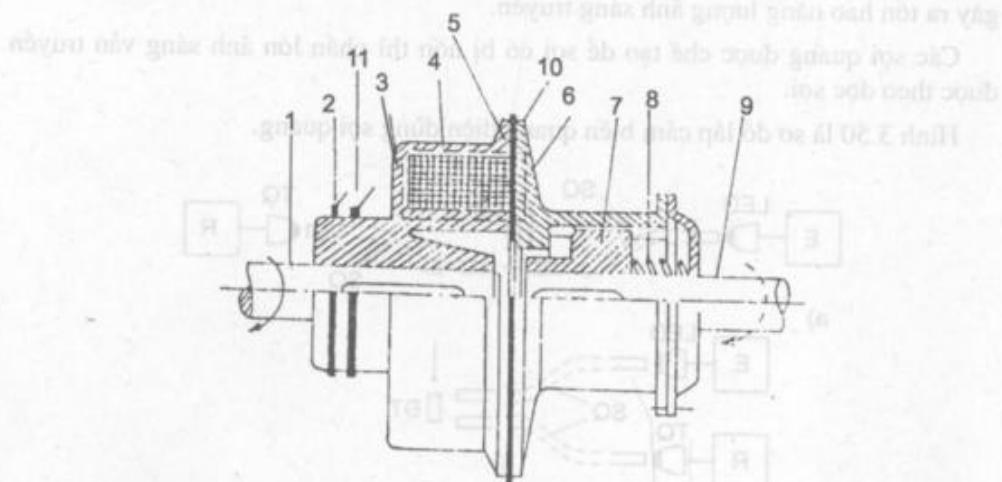
Trong TĐĐ, các phần tử điện từ được sử dụng rất phổ biến, trong đó thường gặp là các phần tử điện từ tạo ra từ lực, tức là các nam châm điện. Các cuộn hút điện từ trong các khí cụ điện đã xét đều là các nam châm điện. Nam châm điện có thể dùng dòng điện một chiều hoặc xoay chiều. Đó là một cuộn dây quấn xung quanh một lõi sắt đặc (khi dùng dòng một chiều) hay lõi được ghép từ những lá thép Si mỏng (khi dùng dòng xoay chiều).

Nam châm điện không chỉ được dùng trong các khí cụ điện như một bộ biến đổi điện năng thành cơ năng mà còn được dùng rất rộng rãi trong tự động hóa như những phần tử chấp hành: đầu nam châm trong cần trực từ, các van điện từ, các bộ li hợp điện từ v.v...

Li hợp điện từ là cơ cấu li hợp dùng lực điện từ để truyền mômen cơ từ trực dẫn động (phía động cơ điện) sang trực bị dẫn (phía máy sản xuất). Li hợp điện từ còn có thể được dùng để thay đổi tốc độ quay của trực bị dẫn. Li hợp điện từ được chia ra các kiểu theo nguyên lý làm việc: kiểu ma sát, kiểu bám. Mỗi kiểu lại có nhiều kết cấu khác nhau.

### 3.6.1. Li hợp điện từ kiểu ma sát

Göng từ 3 (hình 3.51) nối cứng với trục chủ động 1 nhờ liên kết then. Bánh răng 7 nối cứng với trục bị dẫn 9 cũng nhờ liên kết then.



Hình 3.51. Cấu tạo li hợp điện từ kiểu ma sát.

1. trục chủ động ; 2, 11. chổi than ; 3. göng từ ; 4. cuộn dây ; 5, 10. đĩa ma sát ;
6. phản ứng ; 7. bánh răng ; 8. lò xo ; 9. trục bị dẫn.

Bình thường, lò xo 8 đẩy phản ứng 6 (phản ứng) sang phải làm hai đĩa ma sát 5 và 10 tách rời nhau. Chuyển động quay của trục chủ động 1 không truyền được sang trục bị dẫn 9. Göng từ 3 mang cuộn dây 4 quay theo trục 1.

Khi cuộn dây 4 được cấp điện qua hệ vòng trượt - chổi than 2 và 11, phản ứng 6 sẽ bị hút trượt dọc theo các rãnh răng của bánh răng 7 sang trái, ép chặt đĩa ma sát 10 vào đĩa ma sát 5 và mạch từ được khép kín (đường nét đứt). Lúc này lò xo 8 bị nén lại. Do ma sát của hai đĩa 5 và 10, mômen quay từ trục 1 được truyền qua trục 9 và trục 9 quay theo trục 1 với cùng một tốc độ.

Nếu ngắt điện cuộn 4, lực lò xo 8 sẽ đẩy phản ứng 6 sang phải, tách rời hai đĩa ma sát, trục bị dẫn 9 sẽ không quay theo trục chủ động 1.

Loại li hợp này không điều chỉnh được tốc độ quay của trục bị dẫn vì nếu giảm điện áp đặt vào cuộn 4, lực điện từ giảm sẽ làm hai đĩa ma sát trượt trên nhau và bị hỏng.

### 3.6.2. Li hợp điện từ kiểu bám

Phản ứng 2 được cố định với trục dẫn 1 bằng then (hình 3.52). Phản ứng 6 hình đĩa được gắn chặt với phản ứng 2 qua đĩa đệm phi từ tính 5. Các phản ứng 2 và 6 quay cùng với trục 1.

Phản ứng 7 được liên kết cố định với trục bị dẫn 8 bằng then. Cuộn 4 quấn trên lõi 3 cố định và không quay theo trục 1. Lõi 3 cách các phản ứng 2 và 6 một khe hở  $\delta_3$ .

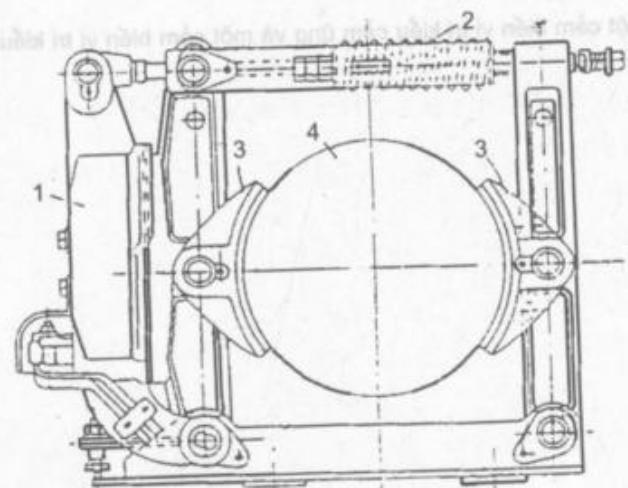
Trong các khe hở  $\delta_2$  và  $\delta_1$  có đỗ một hòn hợp bột sắt trộn lăn bột than và dầu nhòn. Khi cuộn dây nam châm cố định 4 được cấp điện, từ thông  $\Phi$  sinh ra móc vòng qua lõi từ 3, phân mạch từ 2, 6 và 7. Từ trường qua khe hở  $\delta_2$  và  $\delta_1$  làm lớp bột trong khe hở bị từ hóa, hút (bám) chặt với nhau. Nhờ vậy, phân mạch từ 7 cùng trục bị dẫn 8 quay theo phân mạch từ 2, 6 cùng với trục dẫn động 1.

Nếu giảm dòng điện cấp (giảm áp) cho cuộn 4, lực điện từ sẽ yếu hơn và khả năng bám của trục 8 theo trục 1 bị giảm, nghĩa là đã điều chỉnh giảm tốc độ quay của trục bị dẫn.

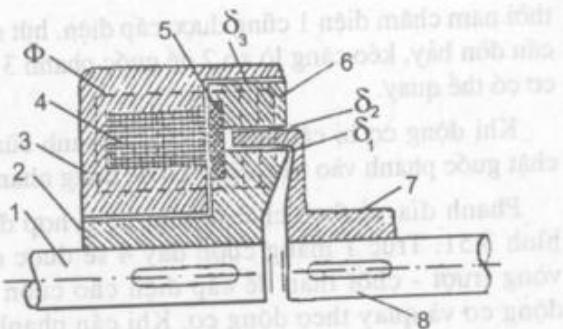
Tốc độ quay của trục bị dẫn cũng có thể bị giảm khi momen cản của trục bị dẫn tăng lên. Đây là sự giảm tốc độ do tải. Muốn giữ ổn định tốc độ, cần phải có mạch phản hồi âm tốc độ để trong trường hợp này, tự động tăng điện áp (dòng điện) đặt vào cuộn hút 4, do đó tăng lực bám của trục 8 theo trục 1 và tốc độ trục 8 được tăng lên.

Li hợp điện từ kiểu bám có các phần quay 7 và 2, 6 không tiếp xúc với nhau nên li hợp ít bị nóng do ma sát.

### 3.6.3. Phanh hãm điện từ (hình 3.53)



Hình 3.53. Trình bày cấu tạo của một phanh guốc lò xo.  
1. nam châm điện ; 2. lò xo ; 3. guốc phanh ; 4. trục động cơ



Hình 3.52. Li hợp điện từ kiểu bám.

1. trục dẫn động ; 2. phân mạch từ quay ; 3. lõi cố định ;
4. cuộn dây ; 5. đĩa đệm phi từ tính ; 6. mạch từ hình đĩa ;
7. mạch từ bị dẫn ; 8. trục bị dẫn

Phanh hãm điện từ có cơ cấu điện từ dùng để hãm các chuyển động trong một hệ truyền động mà thông thường là hãm cổ trục động cơ truyền động. Phanh hãm điện từ có nhiều kiểu như : phanh guốc, phanh đĩa...

Bình thường, nam châm điện 1 không có điện. Lò xo 2 sẽ tác động vào cơ cấu đòn bảy để guốc phanh 3 ép vào trục 4 của động cơ. Khi động cơ được đóng điện để quay thì đồng

thời nam châm điện 1 cũng được cấp điện, hút nắp từ động, gây chuyển động các cơ cầu đòn bảy, kéo căng lò xo 2 để guốc phanh 3 nối lỏng trực động cơ 4. Do đó động cơ có thể quay.

Khi động cơ bị cắt điện thì cuộn phanh cũng mất điện, lò xo 2 sẽ tác động ép chặt guốc phanh vào trực động cơ để dừng nhanh.

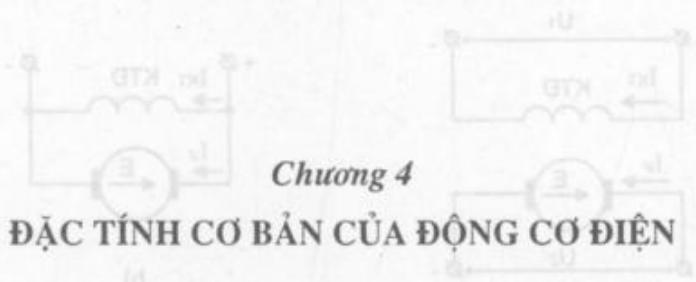
Phanh đĩa về thực chất là một bộ li hợp điện từ với các đĩa ma sát như trên hình 3.51. Trục 1 mang cuộn dây 4 sẽ được cố định lại và không cần hệ thống vòng trượt - chổi than để cấp điện cho cuộn 4. Trục 9 được nối cứng với trực động cơ và quay theo động cơ. Khi cần phanh, cuộn 4 được cấp điện. Phản ứng quay cùng trực động cơ sẽ bị hút để ép các đĩa ma sát vào nhau. Chuyển động quay của động cơ sẽ bị hãm.

### CÂU HỎI CHƯƠNG 3

1. Phân biệt tác dụng bảo vệ của cầu chì và rơle nhiệt.
2. Vì sao có hồ quang ở tiếp điểm các thiết bị đóng - cắt ? Biện pháp hạn chế ?
3. Nguyên lý làm việc của các ôtômát dòng điện, điện áp. Công dụng ?
4. Nói về các loại rơle đã học.
5. So sánh ưu, khuyết điểm của các thiết bị đóng - cắt có tiếp điểm và không tiếp điểm.
6. Li hợp điện từ dùng để làm gì ? Nguyên lý ra sao ?
7. So sánh ưu, khuyết điểm của công tắc hành trình có tiếp điểm và không tiếp điểm.

### THỰC TẬP

1. Nối dây cho một công tắc tơ tác động. Tương tự, nối dây cho một rơle thời gian, một ôtômát.
2. Nối dây cho một li hợp điện tử làm việc.
3. Nối mạch và cho hoạt động một cảm biến vị trí kiểu cảm ứng và một cảm biến vị trí kiểu quang học.

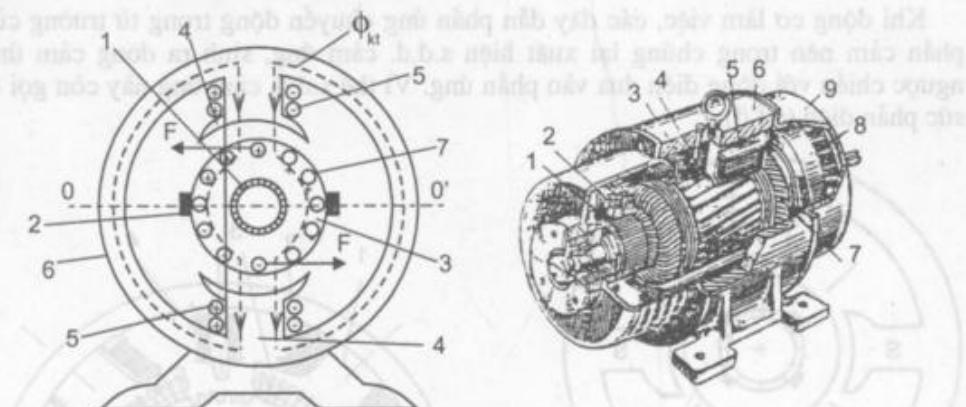
**Chương 4****ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN****A - ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU**

Ta đã biết trong giáo trình Máy điện, động cơ điện một chiều bao gồm 2 phần chính :

**1. Phần cảm :** để tạo ra từ trường một chiều. Đó là các cuộn dây 5 (cuộn cảm hay cuộn kích từ) quấn quanh các cực từ 4 bằng thép đúc (hình 4.1). Phần cảm thường đặt ở stator.

**2. Phần ứng :** là cuộn dây 7 có dòng điện một chiều chạy qua, đặt trong từ trường của phần cảm. Từ đó các dây dẫn phần ứng bị một từ lực tác dụng và nếu phần ứng đặt ở rotor thì rotor sẽ quay. Do rotor quay nên dòng một chiều cấp cho phần ứng phải đưa vào qua hệ chổi than - cổ góp.

Động cơ điện là thiết bị biến đổi điện năng thành cơ năng.



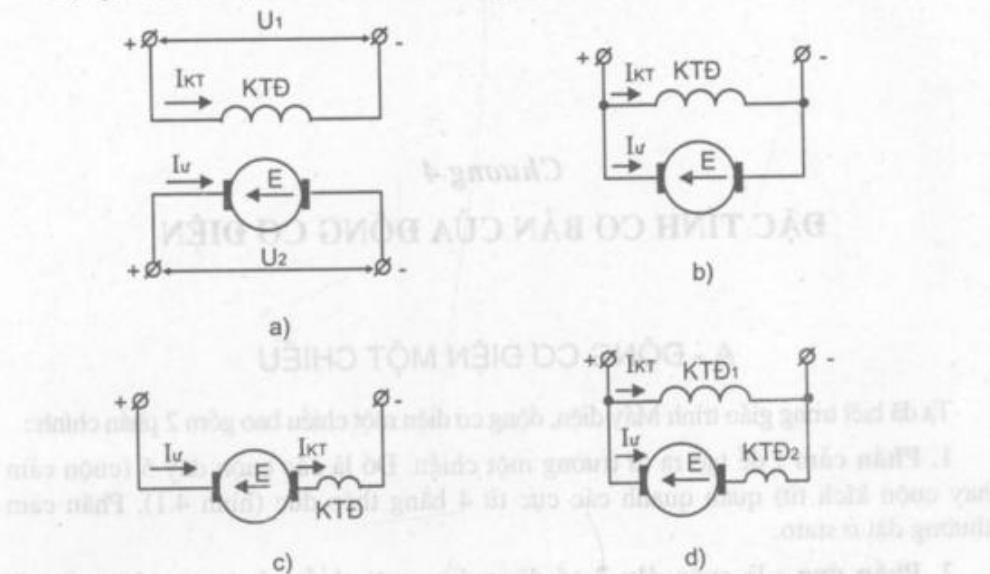
Hình 4.1. Cấu tạo của động cơ điện một chiều

1. cổ góp điện ; 2. chổi than ; 3. rotor ; 4. cực từ ; 5. cuộn cảm (cuộn kích từ) ;  
6. stator ; 7. cuộn ứng ; 8. quạt làm mát ; 9. nắp

Tùy theo cách mắc mạch kích từ so với mạch phần ứng mà động cơ điện một chiều được chia ra :

- Động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hình 4.2a)
- Động cơ điện một chiều kích từ song song (hình 4.2b)
- Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp (hình 4.2c)

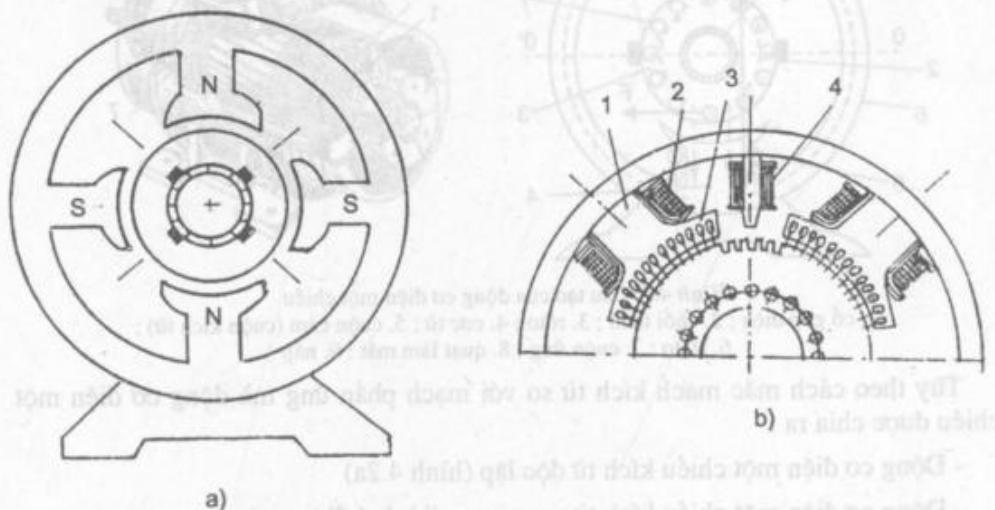
- Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp (hình 4.2d)



Hình 4.2. Sơ đồ nguyên lý nối dây động cơ điện một chiều kích từ độc lập (a), song song (b), nối tiếp (c) và hỗn hợp (d)

Cuộn kích từ nối tiếp có dòng điện như phần ứng nên dây có thiết diện lớn và ít vòng, còn cuộn kích từ song song chịu điện áp lớn nên dây có thiết diện nhỏ và nhiều vòng.

Khi động cơ làm việc, các dây dẫn phản ứng chuyển động trong từ trường của phần cảm nên trong chúng lại xuất hiện s.d.d. cảm ứng, sinh ra dòng cảm ứng ngược chiều với dòng điện đưa vào phần ứng. Vì thế s.d.d. cảm ứng này còn gọi là sức phản điện (s.f.d).



Hình 4.3. Động cơ có hai đòn cực từ,  $p = 2$  (a) và cách bố trí các cuộn dây ở stator (b).

Dòng điện trong cuộn dây phản ứng tạo ra một từ trường riêng, gây ảnh hưởng tới từ trường của cuộn dây phản cảm và tạo ra hiện tượng gọi là phản ứng phản ứng. Phản ứng phản ứng là một trong những nguyên nhân gây ra tia lửa điện giữa chổi than và cổ góp cũng như giữa các lá thép trong cổ góp. Cục từ phụ đặt xen giữa các cực từ chính dùng để hạn chế phản ứng phản ứng. Cuộn dây cục từ phụ mắc nối tiếp với cuộn dây phản ứng.

Ở động cơ công suất trung bình và lớn, người ta còn dùng biện pháp tăng khe hở không khí giữa stator và rotor và đặt thêm trong các rãnh ở cực từ chính một cuộn dây gọi là cuộn bù. Cuộn bù cũng mắc nối tiếp với cuộn ứng.

Động cơ điện một chiều có 2 cực từ chính (hình 4.1) gọi là có 1 cặp cực ( $p = 1$ ). Hình 4.3a là động cơ có 2 cặp cực ( $p = 2$ ).

#### 4.1. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song

Ở động cơ điện một chiều kích từ độc lập, cuộn kích từ KTD được cấp điện từ một nguồn điện tách biệt với nguồn điện cấp cho cuộn ứng (hình 4.2a). Ở động cơ điện một chiều kích từ song song thì cuộn kích từ và cuộn ứng được cấp điện bởi cùng một nguồn (hình 4.2b). Trường hợp này mà nguồn điện có công suất lớn hơn nhiều so với công suất động cơ thì tính chất động cơ sẽ tương tự động cơ kích từ độc lập.

##### 4.1.1. Phương trình đặc tính cơ

Như hình 4.4, về điện áp ở mạch rotor, ta có phương trình:

$$U = E + I_u R_{u\Sigma} \quad (4.1)$$

trong đó :

$U$  - điện áp đặt vào phản ứng, V ;

$E$  - s.d.đ. của động cơ, V ;

$I_u$  - dòng điện phản ứng của động cơ, A ;

$R_{u\Sigma}$  - điện trở toàn bộ mạch phản ứng,  $\Omega$  ;

$$R_{u\Sigma} = R_u + R_p \quad (4.2)$$

$R_p$  - điện trở phụ thêm vào mạch phản ứng,  $\Omega$  ;

$R_u$  - điện trở mạch phản ứng,  $\Omega$  ;

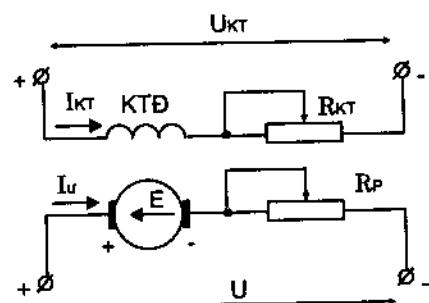
$$R_u = r_u + r_{ct} + r_{cb} + r_{cp} \quad (4.3)$$

$r_u$  - điện trở cuộn dây phản ứng,  $\Omega$  ;

$r_{ct}$  - điện trở tiếp xúc giữa chổi than và cổ góp,  $\Omega$  ;

$r_{cb}$  - điện trở cuộn bù,  $\Omega$  (nếu có) ;

$r_{cp}$  - điện trở cuộn phụ,  $\Omega$  (nếu có) ;



Hình 4.4. Sơ đồ nguyên lý nối dây động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

Sức điện động ở phần ứng tỉ lệ thuận với tốc độ quay của rôto :

$$E = k\Phi\omega \quad (4.4)$$

trong đó :  $\Phi$  - từ thông qua một cực từ, Wb ;

$\omega$  - tốc độ góc của rôto, rad/s ;

$k$  - hệ số, phụ thuộc vào kết cấu động cơ.

Trong công thức (4.4), nếu tốc độ được tính theo  $n$  (vòng/ph) thì vì :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} = \frac{n}{9,55} = 0,105n \quad (4.5)$$

nên :

$$E = k_e \Phi n \quad (4.6)$$

với

$$k_e = \frac{k}{9,55} = 0,105k \quad (4.7)$$

Lực từ trường tác dụng vào dây dẫn rôto lúc có dòng điện sẽ gây ra mômen quay :

$$M = k \Phi I_u \quad (4.8)$$

Từ hệ 3 phương trình (4.1), (4.4) và (4.8) có thể tìm được phương trình biểu thị mối quan hệ giữa tốc độ và mômen quay  $\omega = f(M)$ . Rút  $I_u$  từ (4.8) rồi thay vào (4.1) cùng với (4.4), ta được :

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{R_{u\Sigma}}{(k\Phi)^2} M \quad (4.9)$$

Phương trình (4.9) biểu thị quan hệ tốc độ  $\omega$  là một hàm của mômen  $M$  được gọi là *phương trình đặc tính cơ* của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

Nếu dùng đơn vị tốc độ là vòng/phút thì (4.9) trở thành :

$$n = 9,55 \left( \frac{U}{k\Phi} - \frac{R_{u\Sigma}}{(k\Phi)^2} M \right) \quad (4.10)$$

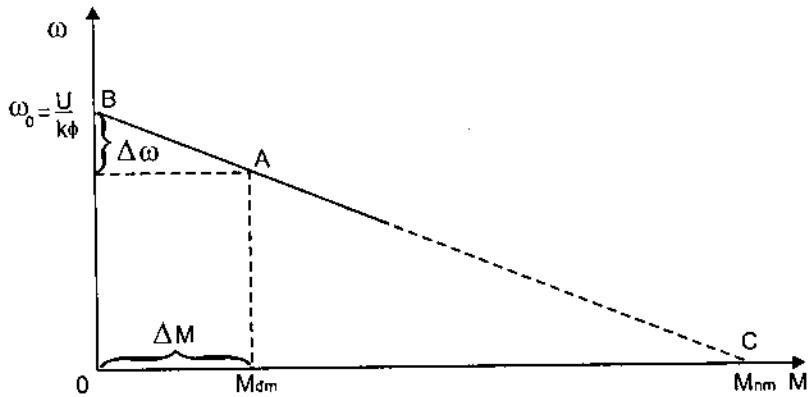
#### 4.1.2. Đường đặc tính cơ

Phương trình đặc tính cơ (4.9) hay (4.10) có dạng hàm bậc nhất  $y = B + Ax$  nên đường biểu diễn trên hệ trực toạ độ  $M\omega$  (hình 4.5) sẽ là một đường thẳng với độ dốc âm.

Đường đặc tính cơ cắt trục tung  $O\omega$  tại điểm có tung độ :

$$B = \omega_0 = \frac{U}{k\Phi} \quad (4.11)$$

Tốc độ  $\omega_0$  là tốc độ ứng với mômen cản trên trục động cơ  $M_c = 0$  nghĩa là khi không có lực cản nào cả. Đó là tốc độ lớn nhất của động cơ mà không thể đạt được ở chế độ động cơ vì không bao giờ xảy ra  $M_c = 0$  (vì khi động cơ quay, dù không kéo tải, cũng luôn có lực cản ma sát). Tốc độ  $\omega_0$  được gọi là *tốc độ không tải lý tưởng*.



Hình 4.5. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Khi toàn bộ các thông số điện của động cơ có giá trị định mức theo thiết kế (được ghi trên nhãn động cơ) và mạch nối động cơ không mắc thêm điện trở phụ và không can thiệp vào mạch động cơ thì  $R_{u\Sigma} = R_u$  và phương trình đặc tính cơ sẽ là :

$$\omega = \frac{U_{dm}}{k\Phi_{dm}} - \frac{R_u}{(k\Phi_{dm})^2} M \quad (4.12)$$

Đường đặc tính cơ lúc này gọi là *đường đặc tính cơ tự nhiên* (do nhà chế tạo tạo ra).

Khi phụ tải tăng dần từ  $M_c = 0$  tới  $M_c = M_{dm}$  ( $\Delta M = M_{dm} - 0$ ) thì tốc độ động cơ giảm dần từ  $\omega_0$  xuống  $\omega_{dm}$  ( $\Delta\omega = \omega_{dm} - \omega_0 < 0$ ). Điểm A ( $M_{dm}, \omega_{dm}$ ) gọi là *điểm làm việc định mức*.

Phương trình (4.9) có thể viết lại dưới dạng

$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega \quad (4.13)$$

với độ sụt tốc tỉ lệ với mômen tải

$$\Delta\omega = \frac{R_u}{(k\Phi_{dm})^2} M \quad (4.14)$$

Đường đặc tính cơ tự nhiên cắt trục hoành tại điểm C ( $M = M_{nm}, \omega = 0$ ). Hoành độ suy từ (4.12)

$$M = M_{nm} = k\Phi_{dm} \frac{U_{dm}}{R_u} = k\Phi_{dm} I_{nm} \quad (4.15)$$

trong đó :  $I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_u}$  (4.16)

Mômen  $M_{nm}$  gọi là *mômen ngắn mạch* và dòng điện  $I_{nm}$  gọi là *dòng điện ngắn mạch*. Dòng điện ngắn mạch là dòng điện động cơ có khi bắt đầu đóng điện mở

máy (lúc đó tốc độ động cơ còn chưa có) hoặc khi động cơ đang chạy bị kẹt hoặc tải quá lớn không kéo được mà dừng lại. Đòng điện  $I_{nm}$  lớn và thường bằng :

$$I_{nm} = (10 \div 20) I_{dm} \quad (4.17)$$

$I_{nm}$  có thể gây cháy hỏng động cơ nếu hiện tượng tồn tại lâu dài. Do vậy, khi mở máy phải hạn chế  $I_{nm}$  và khi động cơ đang chạy mà bị dừng lại thì phải nhanh chóng cắt điện.

#### 4.2. Ảnh hưởng của các thông số điện tới đặc tính cơ

Phương trình (4.9) cho thấy đường đặc tính cơ  $\omega = f(M)$  phụ thuộc vào các hệ số của phương trình, trong đó có chứa các thông số điện  $U$ ,  $R_{u\Sigma}$  và  $\Phi$ .

##### 4.2.1. Ảnh hưởng của điện áp phản ứng

$$U = \text{var} ; R_{u\Sigma} = \text{invar} ; \Phi = \text{invar}$$

Vì điện áp đặt vào phản ứng không thể vượt quá  $U_{dm}$  nên chỉ có thể thay đổi về phía giảm. Trường hợp này độ dốc đặc tính cơ không bị ảnh hưởng :

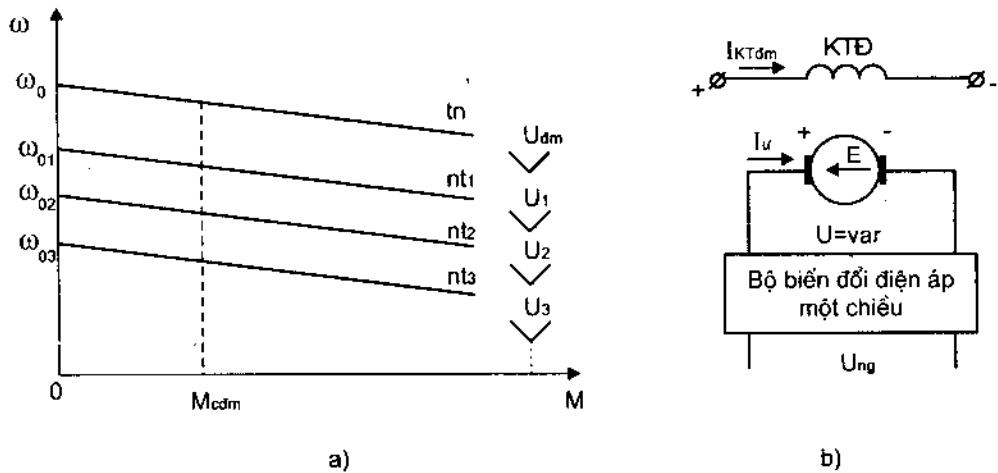
$$A = -\frac{R_{u\Sigma}}{(k\Phi)^2} = \text{invar}$$

còn tốc độ không tải lý tưởng  $\omega_0$  thay đổi tỉ lệ thuận với điện áp :

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi} = \text{var}$$

Như vậy, khi giảm điện áp đặt vào phản ứng, ta được một họ các đường đặc tính cơ, song song và thấp hơn so với đường đặc tính tự nhiên ( $tn$ ).

Các đặc tính cơ này gọi là các đường *đặc tính cơ nhân tạo* ( $nt$ ) (do người sử dụng tạo ra).



Hình 4.6. Họ đặc tính cơ nhân tạo của động cơ điện một chiều kích từ độc lập khi thay đổi điện áp (a) và sơ đồ nguyên lý nối dây (b)

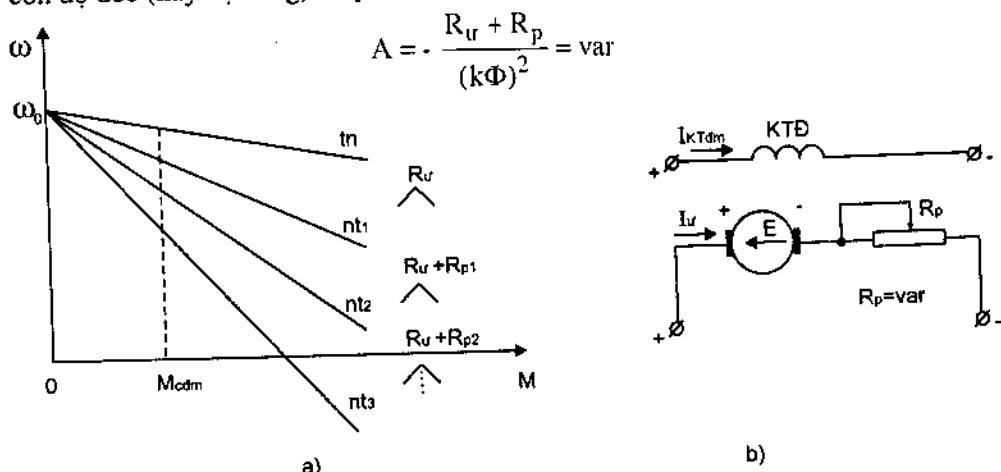
#### 4.2.2. Ảnh hưởng của điện trở mạch phản ứng

$$U = \text{invar} ; R_{u\Sigma} = \text{var} ; \Phi = \text{invar}$$

Vì  $R_{u\Sigma} = R_u + R_p$  nên điện trở mạch phản ứng chỉ có thể thay đổi về phía tăng  $R_p$  (hình 4.7b). Trường hợp này tốc độ không tải lí tưởng không bị ảnh hưởng

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi} = \text{in var}$$

còn độ dốc (hay độ cứng) thay đổi tỉ lệ thuận với  $R_{u\Sigma}$ .



Hình 4.7. Hỗn hợp đặc tính cơ nhân tạo của động cơ điện một chiều kích từ độc lập khi thay đổi điện trở mạch phản ứng (a) và sơ đồ nguyên lý nối dây (b)

Như vậy, khi tăng điện trở  $R_p$  trong mạch phản ứng, ta được một hỗn hợp các đường đặc tính cơ nhân tạo cùng có tốc độ không tải  $\omega_0$  và độ dốc lớn hơn. Điện trở  $R_p$  càng lớn thì đường đặc tính cơ càng dốc (càng mềm).

#### 4.2.3. Ảnh hưởng của từ thông

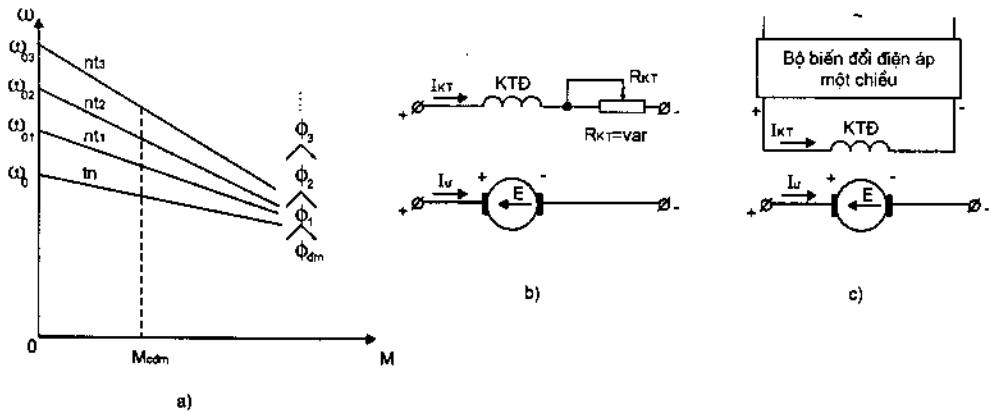
$$\Phi = \text{var} ; R_{u\Sigma} = \text{invar} ; U = \text{invar} ;$$

Thay đổi từ thông có thể thực hiện nhờ biến trở ở mạch kích từ (hình 4.8b) hoặc một bộ biến đổi điện áp (hình 4.8c). Vì chỉ có thể giảm từ thông xuống dưới định mức nên chỉ hoặc tăng điện trở  $R_{KT}$  ở mạch kích từ hoặc giảm điện áp  $U_{KT}$ .

Trường hợp này cả tốc độ không tải lí tưởng và độ dốc của đường đặc tính cơ đều thay đổi ( $\omega_0$  tăng, độ dốc tăng mạnh hơn).

$$A = \frac{R_{u\Sigma}}{(k\Phi)^2} = \text{var}$$

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi} = \text{var}$$



Hình 4.8. Họ đặc tính cơ nhân tạo của động cơ điện một chiều kích từ độc lập khi thay đổi từ thông (a) và sơ đồ nguyên lý nối dây (b, c)

### 4.3. Vận hành động cơ điện một chiều kích từ độc lập

#### 4.3.1. Mở máy (khởi động)

Như mục 4.1.2. đã nêu, lúc bắt đầu dòng điện cấp cho động cơ, tốc độ còn bằng 0, s.d.d.  $E = k\Phi\omega = 0$  nên dòng điện phản ứng động cơ lúc mở máy  $I_{mm}$  rất lớn.

$$I_{mm} = I_{nm} = \frac{U - E}{R_{u\Sigma}} = \frac{U}{R_u} = (10 + 20)I_{dm}$$

Động cơ có công suất càng lớn thì  $R_u$  càng nhỏ (dây to) nên  $I_{mm}$  càng lớn. Điều này làm xáu chế độ chuyển mạch trong động cơ, đốt nóng mạnh động cơ và gây sụt áp cho lưới điện. Tình trạng càng tồi tệ nếu hệ TĐĐ thường phải mở máy, đảo chiều và h้าm điện thường xuyên như ở máy trực, máy cán đảo chiều, thang máy lên xuống...

Dòng điện mở máy lớn gây ra mômen mở máy lớn :

$$M_{mm} = M_{nm} = k\Phi_{dm} I_{mm}$$

và tạo ra các xung lực động làm hệ TĐ bị giật, lắc, gây hâu quả xáu về mặt cơ học, hại máy và có thể gây ra nguy hiểm như : gãy trực, vỡ bánh răng, đứt cáp, đứt xích v.v...

Vậy, để đảm bảo an toàn cho động cơ và các cơ cấu truyền động cũng như tránh ảnh hưởng xáu tới lưới điện, cần phải hạn chế dòng điện khi mở máy sao cho :

$$I_{mm} = (1,5 \div 2,5) I_{dm}$$

##### 4.3.1.1. Phương pháp mở máy động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hay song song) bằng điện trở phụ ở mạch phản ứng

Sơ đồ như hình 4.9a. Điện trở phụ  $R_p$  cần chọn sao cho :

$$I_{mm} = I_{nm} = \frac{U_{dm}}{R_u + R_p} = \frac{U_{dm}}{R_{u\Sigma}} \leq (1,5 + 2,5) I_{dm}$$

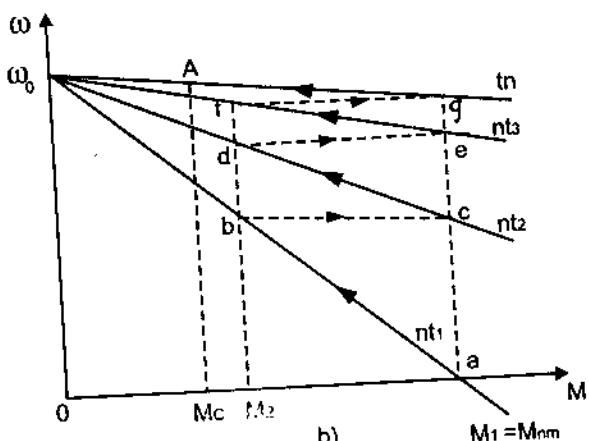
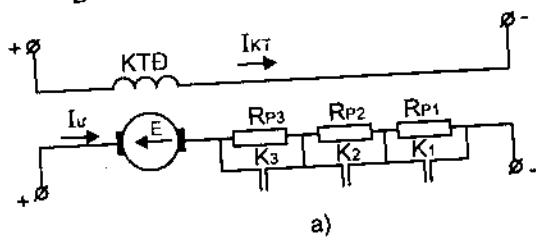
Công suất động cơ lớn thì chọn  $I_{mm}$  nhỏ.

Trong quá trình mở máy, tốc độ động cơ tăng dần, s.d.d. của động cơ  $E = k\Phi\omega$  cũng tăng dần và dòng điện động cơ bị giảm

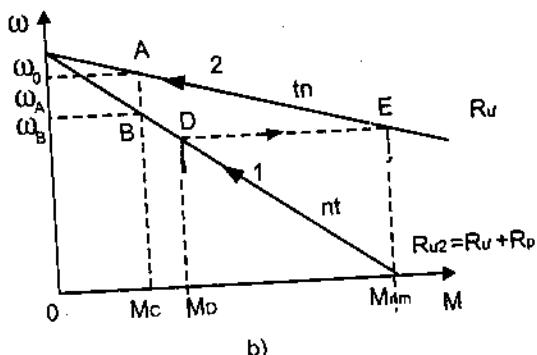
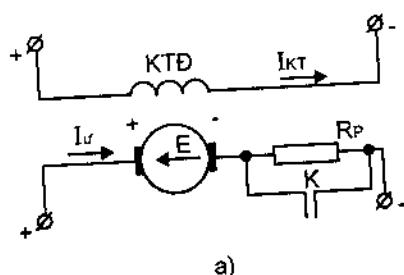
$$I = \frac{U - E}{R_u + R_p}$$

do đó mômen động cơ cũng giảm. Động cơ mở máy và tăng tốc theo mũi tên trên đường đặc tính cơ mũi tên trên đường đặc tính cơ nhau tạo 1 (hình 4.9b). Lúc này nếu giữ nguyên  $R_p$ , thì khi tới điểm B, mômen động cơ cân bằng với mômen cản  $M_c$ , động cơ sẽ quay ổn định với tốc độ  $\omega_B$  nhỏ. Do vậy, khi mômen động cơ giảm tới mức nào đó, thường là :

$$M_D = (1,1 \div 1,3) M_{dm}$$



Hình 4.9. Sơ đồ mở máy động cơ điện một chiều qua một cấp điện trở phụ (a) và đặc tính cơ lúc mở máy (b).



Hình 4.10. Sơ đồ mở máy động cơ một chiều kích từ độc lập qua 3 cấp điện trở (a) và đặc tính cơ lúc mở máy.

thì phải cắt điện trở  $R_p$  ra khỏi mạch rôto nhờ đóng tiếp điểm của công tắc to K. Động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính tự nhiên 2 tại điểm E. Lúc này mômen động cơ lại tăng lên và động cơ tiếp tục tăng tốc nhanh theo đặc tính 2. Tới điểm A thì  $M_D = M_C$  và động cơ chạy ổn định với tốc độ  $\omega_A$ . Quá trình mở máy kết thúc.

Lưu ý rằng, khi tiếp điểm K đóng để cắt  $R_p$ , ngay lập tức động cơ chuyển điểm làm việc từ đường đặc tính cơ 1 sang 2. Do quán tính cơ, tốc độ động cơ không kịp thay đổi trong một thời gian cực ngắn nên  $\omega_D = \omega_E$ : đoạn DE là nằm ngang.

Mở máy theo sơ đồ hình 4.9a là mở máy qua 1 cấp điện trở phụ. Thực tế, để giảm sự biến động mômen lúc mở máy, động cơ thường được mở máy qua vài cấp điện trở phụ. Hình 4.10 trình bày một sơ đồ mở máy qua 3 cấp điện trở với các đặc tính cơ mở máy tương ứng.

Các điện trở phụ được tính chọn sao cho :

$$M_1 = (1,5 + 2,5) M_{dm}$$

$$M_2 = (1,1 + 1,3) M_{dm} \quad (4.18)$$

Với động cơ công suất nhỏ, có thể mở máy trực tiếp vì :

- Dây quấn có thiết diện nhỏ, điện trở  $R_u$  lớn, dòng  $I_{mm}$  nhỏ, không gây sụt áp cho lưới.

- Tài nhỏ, mômen quán tính của hệ nhỏ nên thời gian mở máy (tăng tốc) ngắn, quá trình phát nhiệt bị hạn chế, động cơ không sợ bị quá nóng.

**Quan trọng :** Khi mở máy động cơ điện một chiều luôn phải đảm bảo động cơ có kích từ mới được cấp điện cho phản ứng. Nếu không, động cơ không chạy và bị phát nhiệt quá mức, gây cháy hỏng.

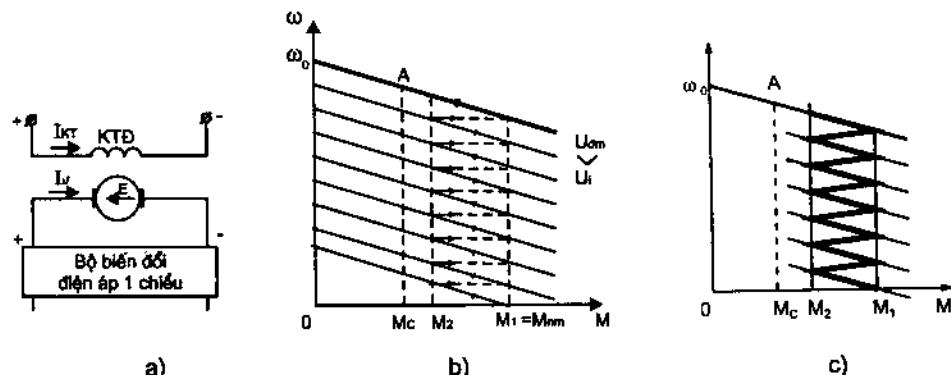
Động cơ đang chạy mà mất kích từ thì phải (tự động) cắt điện phản ứng ngay.

Khi tắt máy, phải cắt điện phản ứng trước rồi mới cắt điện kích từ.

Cũng có thể cấp điện (hoặc cắt điện) phản ứng đồng thời với phản kích từ.

#### 4.3.1.2. Phương pháp mở máy động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng thay đổi điện áp phản ứng

Sơ đồ nguyên lý như hình 4.11a. Sau khi cấp kích từ, ta tăng dần điện áp phản ứng động cơ.



**Hình 4.11.** Sơ đồ mở máy động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng phương pháp thay đổi (tăng dần) điện áp phản ứng (a) và đặc tính mở máy (b, c).

Động cơ sẽ mở máy với mômen  $M_1$  và chuyển đổi đặc tính ứng với mômen  $M_2$  (hình 4.11b). Khi điện áp đạt giá trị định mức thì động cơ chuyển sang làm việc tại điểm A trên đặc tính tự nhiên. Khi điện áp thay đổi liên tục hơn (hình 4.11c) thì

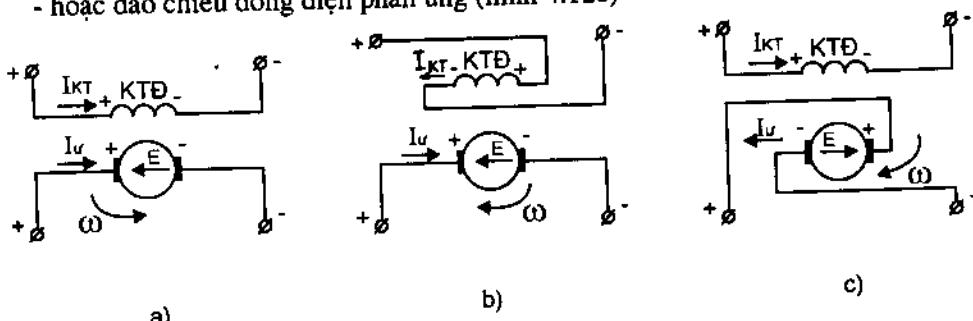
biến động mômen lúc chuyển đổi càng ít. Đặc tính mở máy gần như lèn thẳng. Nếu tăng tron điện áp mở máy thì có thể coi  $M_1 \approx M_2$  và quá trình tăng tốc của động cơ sẽ đều, êm. Đây là ưu điểm nổi trội của phương pháp mở máy này.

#### 4.3.2. Đảo chiều quay

Chiều từ lực tác dụng vào dòng điện được xác định theo quy tắc bàn tay trái. Khi đảo chiều từ trường hay đảo chiều dòng điện thì từ lực có chiều ngược lại. Vậy, muốn đảo chiều quay của động cơ điện một chiều có thể thực hiện :

- hoặc đảo chiều từ trường (nhờ đảo chiều dòng kích từ (hình 4.12b))

- hoặc đảo chiều dòng điện phản ứng (hình 4.12c)



Hình 4.12. Sơ đồ nối dây động cơ quay thuận (a) và quay ngược khi đảo chiều từ trường (b) hoặc khi đảo chiều dòng điện phản ứng (c).

Đường đặc tính cơ của động cơ khi quay thuận và quay ngược là đối xứng nhau qua gốc toạ độ 0 (hình 4.13).

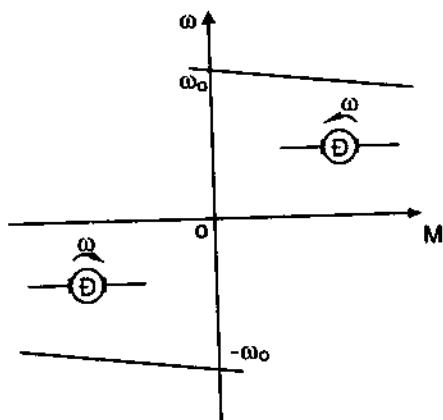
Phương pháp đảo chiều quay của động cơ bằng đảo chiều từ trường thực hiện nhẹ nhàng vì mạch kích từ có công suất nhỏ. Tuy vậy, do số vòng dây lớn, từ cảm mạnh nên thời gian đảo chiều kéo dài. Ngoài ra, lúc từ trường giảm qua 0 có thể làm tốc độ động cơ tăng mạnh. Vì thế, phương pháp này ít dùng.

#### 4.3.3. Điều chỉnh tốc độ

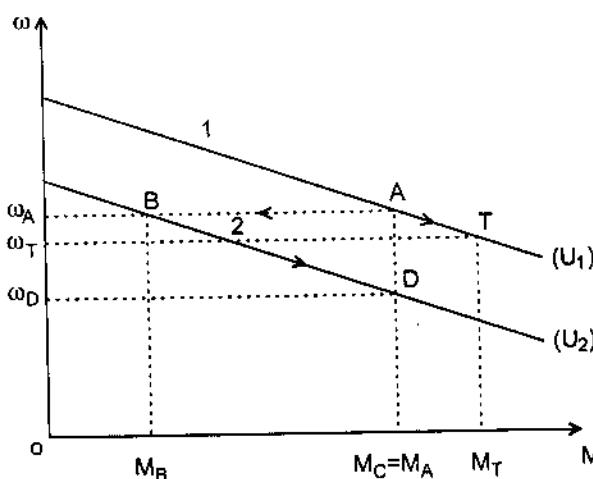
Điều chỉnh tốc độ một hệ TĐĐ có thể thực hiện bằng phương pháp cơ khí qua hộp bánh răng nối động cơ với cơ cấu sản xuất hoặc thay đổi chính tốc độ động cơ mà không cần hộp bánh răng. Ta xét phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ.

Điều chỉnh tốc độ động cơ điện khác với việc tự thay đổi tốc độ của động cơ đó.

Xét một động cơ điện một chiều kích từ độc lập đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 ứng với mômen cản  $M_A$  khi điện áp đặt vào phản ứng là  $U_1$



Hình 4.13. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập khi đảo chiều quay.



**Hình 4.14.** Sự thay đổi tốc độ động cơ khi mômen tải thay đổi và sự điều chỉnh tốc độ động cơ với cùng một mômen tải

dòng điện phân ứng lớn hơn, động cơ nóng hơn. Đây là hiện tượng động cơ tự thay đổi tốc độ vì tải biến động. Điểm làm việc dịch chuyển trên cùng một đường đặc tính cơ.

Trường hợp khác, mômen cản vẫn giữ nguyên giá trị  $M_A$ , động cơ đang quay ổn định với tốc độ góc  $\omega_A$  tại điểm A trên đặc tính cơ 1, ta giảm điện áp phân ứng từ  $U_1$  xuống  $U_2$  thì động cơ sẽ chuyển điểm làm việc từ A (trên đặc tính cơ 1) sang B (trên đặc tính cơ 2) ứng với cùng tốc độ  $\omega_A$ . Mômen của động cơ tại B nhỏ hơn mômen cản ( $M_D = M_B < M_C = M_A$ ) nên động cơ bị giảm tốc theo đặc tính cơ 2. Quá trình giảm tốc kéo theo sự tăng dòng phân ứng, tăng mômen. Tới D thì  $M_D = M_D = M_C = M_A$ , động cơ sẽ làm việc ổn định tại D với tốc độ thấp hơn ( $\omega_D < \omega_A$ ). Đây là sự điều chỉnh tốc độ (điều chỉnh giảm) nhờ giảm điện áp phân ứng trong khi mômen tải vẫn giữ nguyên. Khi điều chỉnh, động cơ làm việc trên 2 đặc tính cơ khác nhau.

Có rất nhiều phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện. Chọn phương pháp nào là tùy theo máy sản xuất sao cho quá trình sản xuất được thuận lợi, nâng cao chất lượng và năng suất.

Điều chỉnh tốc độ bằng phương pháp điện sẽ đơn giản hơn nhiều so với điều chỉnh tốc độ bằng phương pháp cơ khí.

#### 4.3.3.1. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng điều chỉnh tốc độ

##### a) Dải điều chỉnh tốc độ

Dải điều chỉnh tốc độ (hay phạm vi điều chỉnh tốc độ) là tỉ số giữa các giá trị tốc độ làm việc lớn nhất và nhỏ nhất của hệ ứng với một mômen tải đã cho (thường là định mức).

(hình 4.14). Lúc này, tốc độ động cơ là  $\omega_A$  và mômen động cơ bằng mômen cản ( $M_D = M_A$ ). Nếu vì một lý do nào đó, mômen cản tăng lên ( $M_A \rightarrow M_T > M_A$ ) thì động cơ bị giảm tốc độ. Điểm làm việc của động cơ dịch từ A đến T về phía tốc độ giảm. Nhưng tốc độ càng giảm thì mômen động cơ càng tăng (dòng điện phân ứng tăng). Tới điểm T thì

$M_D = M_T$ . Động cơ sẽ quay ổn định với tốc độ  $\omega_T < \omega_A$  tại điểm T trên đặc tính cơ 1 và

$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \quad (4.19)$$

Dài diều chỉnh tốc độ càng lớn càng tốt. Mỗi máy sản xuất yêu cầu một dài diều chỉnh nhất định và mỗi một phương pháp điều chỉnh tốc độ chỉ đạt được một dài diều chỉnh nào đó.

### b) Độ trơn khi điều chỉnh tốc độ

Độ trơn (hay độ bằng phẳng) khi điều chỉnh tốc độ được biểu thị bởi tỉ số giữa 2 giá trị tốc độ của 2 cấp kế tiếp trong dài diều chỉnh.

$$\gamma = \frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} \quad (4.20)$$

trong đó :  $\omega_i$  - tốc độ ổn định ở cấp i ;

$\omega_{i+1}$  - tốc độ ổn định ở cấp  $i + 1$ .

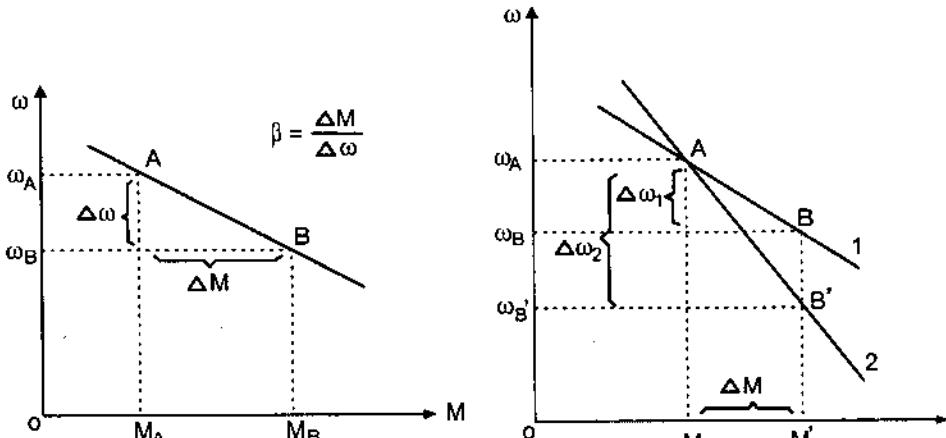
Trong một dài diều chỉnh tốc độ, số cấp tốc độ càng lớn thì sự chênh lệch tốc độ giữa 2 cấp kế tiếp càng nhỏ và độ bằng phẳng càng tốt.

Khi số cấp tốc độ rất lớn ( $i \rightarrow \infty$ ) thì độ trơn  $\gamma \rightarrow 1$ . Đây là trường hợp điều chỉnh vô cấp và tốc độ có thể đạt mọi giá trị trong dài diều chỉnh.

### c) Độ cứng của đặc tính cơ

Độ cứng  $\beta$  của đường đặc tính cơ là đại lượng được xác định như sau (hình 4.15) :

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}$$



Hình 4.15. Xác định độ cứng của đặc tính cơ.

Hình 4.16. Đặc tính cơ càng cứng (đường 1) thì sụt tốc càng nhỏ ( $\Delta\omega_1 < \Delta\omega_2$ ) và ổn định tốc độ càng tốt.

Đường đặc tính cơ càng nằm ngang thì càng cứng và  $|\beta| \rightarrow \infty$

Ở hình 4.16, đường đặc tính 1 cứng hơn đường 2 nên với cùng một biến động về tăng mômen (tải nặng hơn) thì đặc tính 1 sụt tốc một lượng  $\Delta\omega_1$  nhỏ hơn lượng sụt

tốc của đặc tính cơ 2. Nói cách khác, đặc tính của động cơ càng cứng thì độ ổn định tốc độ càng cao trước sự thay đổi của mômen cảm.

#### d) Tính kinh tế

Hệ điều chỉnh tốc độ sẽ có tính kinh tế khi vốn đầu tư nhỏ, tổn hao năng lượng ít, phí tổn vận hành, bảo dưỡng không nhiều...

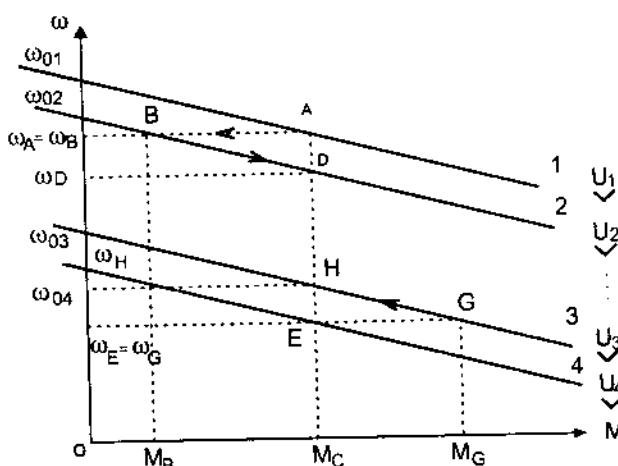
#### e) Sự phù hợp giữa đặc tính điều chỉnh và đặc tính tải

Khi chọn hệ điều chỉnh tốc độ với phương pháp điều chỉnh nào đó cho một máy sản xuất cần lưu ý sao cho các đặc tính điều chỉnh bám sát đặc tính tải của máy sản xuất. Như vậy, hệ sẽ làm việc đảm bảo các yêu cầu về chất lượng, độ ổn định...

#### 4.3.3.2. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích từ độc lập (song song)

Ta đã biết sự thay đổi các thông số  $U$ ,  $R_u \Sigma$  và  $\Phi$  của phương trình (4.9) sẽ cho các họ đặc tính cơ nhân tạo khác nhau (xem mục 4.2). Từ đó, dễ thấy, với một mômen tải nào đó, tốc độ động cơ sẽ khác nhau ứng với các đặc tính cơ khác nhau. Động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song) có thể điều chỉnh tốc độ bằng một số phương pháp.

#### a) Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng



Hình 4.17. Quá trình thay đổi tốc độ khi điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng.

Khi thay đổi điện áp phần ứng, ta được họ đặc tính cơ song song nhau (cùng độ cứng) với các tốc độ không tải lí tưởng khác nhau như trên hình 4.6a. Quá trình điều chỉnh tốc độ được giải thích trên hình 4.17.

Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm A trên đường đặc tính cơ 1 ứng với điện áp phần ứng là  $U_1$ . Khi giảm điện áp phần ứng xuống  $U_2$ , động cơ chuyển sang làm việc tại điểm B trên đường đặc tính 2. Lúc này, mômen động cơ  $M_B$  nhỏ hơn mômen

cản  $M_C$  nên động cơ giảm tốc theo đường 2. Tới điểm D thì  $M_D = M_C$  và động cơ quay ổn định với tốc độ  $\omega_D < \omega_A$ .

Khi tăng tốc, quá trình cũng được giải thích tương tự.

Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm E có tốc độ  $\omega_E$  trên đường đặc tính cơ 4 ứng với điện áp  $U_4$  trên phần ứng. Để tăng tốc, điện áp phần ứng được nâng lên  $U_3$ . Động cơ sẽ chuyển điểm làm việc từ điểm E trên đường đặc tính 4 sang điểm G trên đường đặc tính 3 ( $\omega_E = \omega_G$ ). Lúc này mômen động cơ là  $M_G$  lớn hơn  $M_C$  nên động

cơ tăng tốc theo đường 3. Tới điểm H thì mômen động cơ giảm bằng mômen cản ( $M_D = M_C$ ) và động cơ sẽ quay ổn định tại điểm H với tốc độ  $\omega_H > \omega_E$ .

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phản ứng có các đặc điểm:

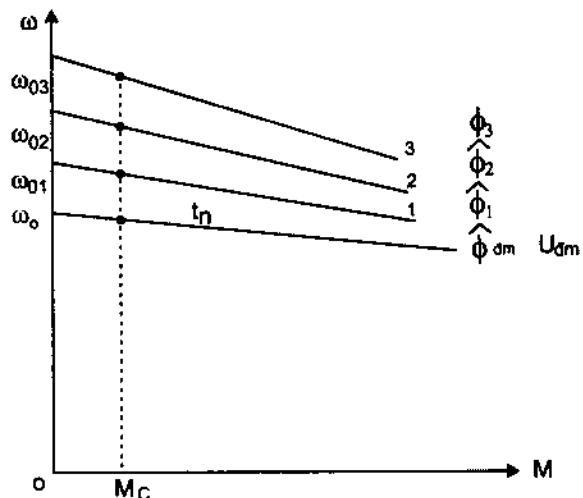
- Điện áp phản ứng càng giảm, tốc độ động cơ càng nhỏ;
  - Điều chỉnh trơn trong dài điều chỉnh  $D \approx 10 : 1$ ;
  - Độ cứng đặc tính cơ giữ không đổi trong toàn dài điều chỉnh;
  - Chỉ thay đổi được tốc độ về phía giảm (vì chỉ có thể thay đổi  $U_u \leq U_{dm}$ ).

b) Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông

Khi thay đổi từ thông, ta được một họ các đường đặc tính cơ với các tốc độ không tải lí tưởng khác nhau và độ cứng khác nhau như trên hình 4.8a hay hình 4.18. Lúc đó, ta được các tốc độ khác nhau ứng với cùng mômen tải  $M_C$ .

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông có các đặc điểm :

- Từ thông càng giảm, tốc độ động cơ càng lớn;
  - Điều chỉnh trơn trong dài điều chỉnh D  $\approx$  3 : 1;
  - Độ cứng đặc tính cơ giảm khi giảm từ thông;



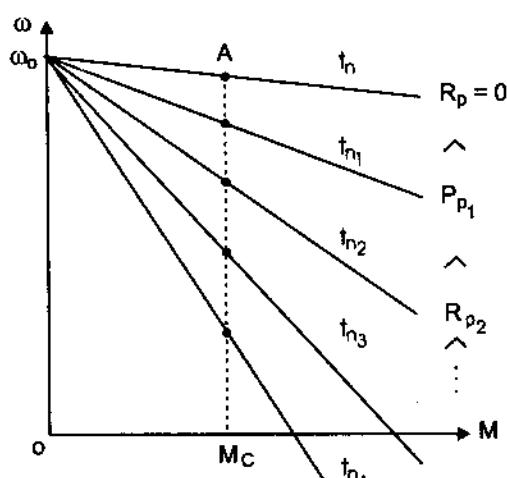
Hình 4.18. Họ đặc tính cơ khí thay đổi từ thông.

- Chỉ thay đổi được tốc độ về phía tăng (vì chỉ có thể thay đổi  $\Phi < \Phi_{dm}$ ).

c) Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở ở mạch phản ứng

Khi thay đổi điện trở ở mạch phản ứng, ta được một họ các đường đặc tính cơ có cùng tốc độ không tài lí tưởng nhưng với các độ dốc khác nhau như trên hình 4.7a hay hình 4.19.

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở ở mạch phản ứng có các đặc điểm:



**Hình 4.19.** Họ các đường đặc tính cơ khí  
thay đổi điện trở mạch phản ứng

- Điện trở mạch phản ứng càng tăng, tốc độ động cơ càng giảm ;
- Về nguyên tắc, phương pháp cho phép điều chỉnh trơn nhờ thay đổi đều điện trở. Nhưng vì dòng điện phản ứng lớn, việc chuyển đổi điện trở sẽ khó khăn nên thực tế chỉ chuyển đổi điện trở theo từng cấp. Nói chung, phương pháp này cho  $D \approx 5 : 1$  ;
  - Độ cứng đặc tính cơ giảm khi tăng điện trở ở mạch phản ứng ;
  - Chỉ thay đổi được tốc độ về phía giảm (vì chỉ có thể thay đổi  $R_{u\Sigma} > R_u$ ).

#### 4.3.4. Hỗn động cơ

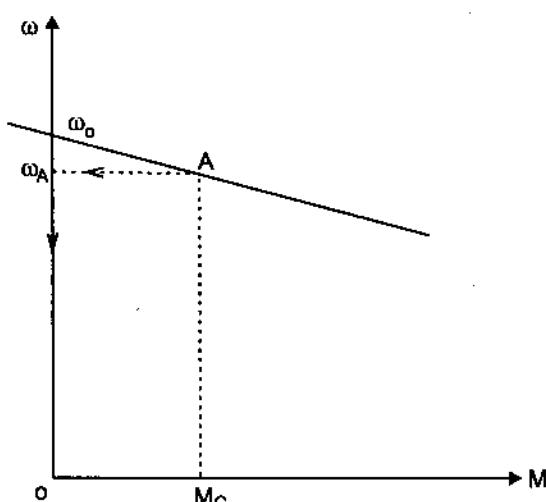
Hỗn động cơ của một hệ TĐĐ nhằm một trong các mục đích sau :

- a - dừng hệ TĐĐ ;
- b - giữ hệ thống đứng yên trong khi hệ đang chịu một lực có xu hướng gây chuyển động (như máy trực giữ một vật trên cao) ;
- c - giảm tốc độ hệ TĐĐ ;
- d - ghìm cho hệ TĐĐ làm việc với một tốc độ ổn định (như : giữ xe điện chạy đều xuống dốc, hạ đều xe kíp tải liệu, hạ vật ở máy trực v.v...).

Mục đích a có thể thực hiện theo 2 cách :

- Dừng tự do : cắt điện động cơ đang chạy. Động cơ dừng lại do mômen cản (ma sát, tải...). Thời gian dừng tự do thường kéo dài, nhất là hệ có quán tính lớn mà mômen cản nhỏ.
- Dừng có phanh : cắt điện động cơ đồng thời với cắt điện phanh hãm điện từ (xem mục 3.6.3). Nhờ có phanh điện từ mà mômen cản tăng nên thời gian dừng của động cơ rất ngắn.

Mục đích b không thể dùng cách dừng tự do mà chỉ có thể dùng cách dừng có phanh (cách hãm cơ học).



Hình 4.20. Chuyển đổi điểm làm việc của động cơ khi dừng tự do hoặc phanh.

Trong cả 2 cách dừng trên, nếu động cơ đang làm việc tại điểm A trên đặc tính làm việc nào đó (hình 4.20) thì khi cắt điện động cơ, điểm làm việc sẽ chuyển về trực tung (vì lúc này động cơ không sinh mômen) và tốc độ giảm từ  $\omega_A$  về 0 do mômen cản. Khác nhau là thời gian giảm tốc từ  $\omega_A$  đến lúc dừng hẳn ( $\omega = 0$ ) của cách hãm cơ học rất ngắn còn của cách dừng tự do dài hơn.

Hai cách dừng trên không sử dụng được cho 2 mục đích sau (c và d) vì rất khó thực hiện

hoặc không thực hiện được. Phương pháp hãm điện động cơ tỏ ra có hiệu lực trong tất cả các mục đích.

Trạng thái hãm điện của động cơ là trạng thái động cơ sinh ra mômen điện từ ngược với chiều quay mà động cơ đang có, nghĩa là mômen động cơ sinh ra sẽ cản trở và làm giảm hoặc triệt tiêu tốc độ của động cơ.

Phanh hãm điện từ luôn có má phanh hoặc đĩa phanh tì ép vào trục động cơ khi phanh. Khi hãm điện thì trục động cơ không bị phản từ nào tì vào cả mà chỉ có mômen điện từ ngược chiều tác dụng vào rôto động cơ để cản chuyển động quay mà rôto đang có.

Có 3 trạng thái hãm điện :

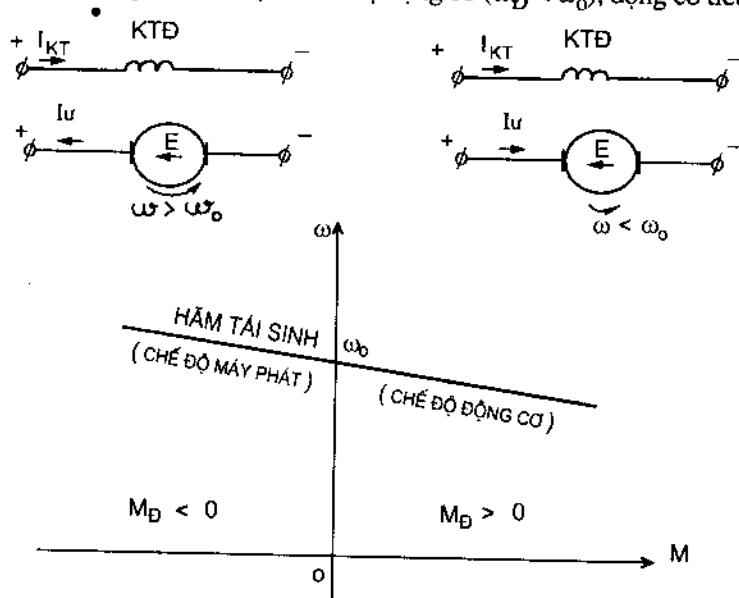
- hãm tái sinh (hãm có hoàn trả năng lượng về lưới) ;
- hãm ngược ;
- hãm động năng.

Đặc điểm chung của cả 3 trạng thái hãm điện là động cơ đều làm việc ở chế độ máy phát điện, biến cơ năng mà hệ TĐĐ đang có thành điện năng để hoặc trả lại về nguồn cấp (hãm tái sinh) hoặc tiêu thụ ở dạng nhiệt trên điện trở hãm (hãm ngược, hãm động năng).

#### 4.3.4.1. Hãm tái sinh

Trạng thái hãm tái sinh của động cơ điện một chiều kích từ độc lập là trạng thái xảy ra khi tốc độ quay của động cơ lớn hơn tốc độ không tải lý tưởng ứng với đặc tính cơ mà động cơ đang làm việc.

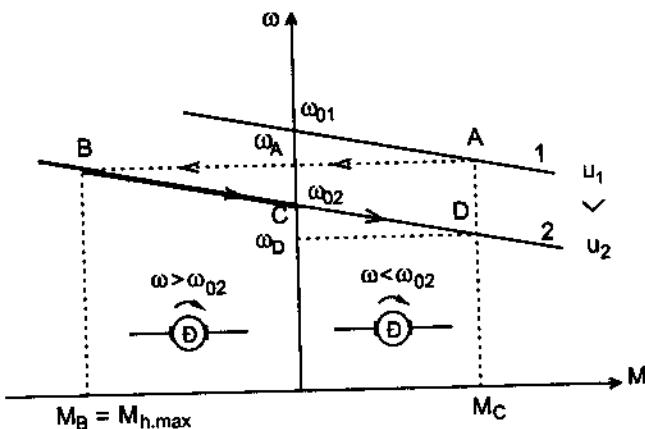
Sơ đồ nối dây của động cơ khi hãm tái sinh giống như ở trạng thái động cơ (hình 4.21). Khi động cơ làm việc ở chế độ động cơ ( $\omega_D < \omega_0$ ), động cơ tiêu thụ điện



Hình 4.21. Sơ đồ nối dây và đặc tính hãm tái sinh của động cơ một chiều kích từ độc lập.

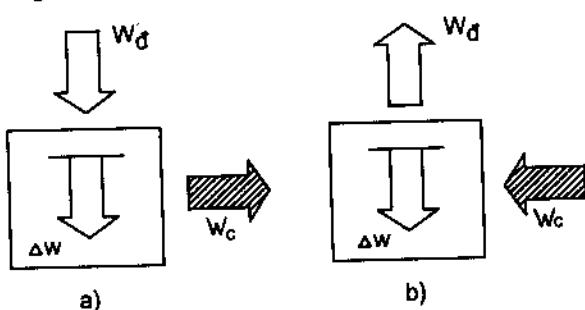
năng (nguồn cấp dòng  $I_u$  cho động cơ) và sinh cơ năng ( $M_D > 0$ ). Khi động cơ làm việc ở chế độ máy phát (hàm tái sinh) thì động cơ phát điện trả về lưới (s.d.d. E sinh dòng  $I_u$  ngược lại và  $M_D < 0$ ). Năng lượng điện sinh ra là nhờ cơ năng của hệ kéo động cơ với tốc độ  $\omega_D > \omega_0$ . Đặc tính hàm tái sinh khi động cơ quay thuận là đoạn kéo dài của đặc tính cơ, nằm ở góc phần tư thứ II. Sau đây là ví dụ về hàm tái sinh.

Động cơ kích từ độc lập đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 có tốc độ không tải  $\omega_{01}$  ở góc phần tư I (hình 4.22) với mômen cản  $M_C$  và tốc độ  $\omega_A$ .



Hình 4.22. Hàm tái sinh khi giảm mạnh điện áp phản ứng.

Để giảm tốc độ động cơ, điện áp phản ứng được giảm từ  $U_1$  xuống  $U_2$ . Giả sử đặc tính cơ ứng với điện áp  $U_2$  là đường 2 với tốc độ không tải là  $\omega_{02} < \omega_A < \omega_{01}$ . Do quan tính cơ, động cơ chuyển đổi đặc tính từ điểm A trên đặc tính 1 sang điểm B trên đặc tính 2 với cùng tốc độ đang có  $\omega_A = \omega_B$ . Vì  $\omega_B = \omega_A > \omega_{02}$  nên động cơ chuyển sang chế độ hâm tái sinh (đường nét đậm trên đặc tính 2) với mômen hâm cực đại  $M_B = M_{h,max} < 0$ . Tốc độ động cơ giảm nhanh trên đoạn hâm BC. Cùng với quá trình hâm, mômen hâm cũng giảm. Tới điểm C thì  $M_D = 0$  và do mômen cản  $M_C$ , động cơ tiếp tục giảm tốc xuống thấp hơn tốc độ không tải  $\omega_{02}$ . Lúc này động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ. Tới điểm D thì mômen động cơ tăng bằng mômen cản  $M_D = M_C$ . Động cơ chạy ổn định tại điểm làm việc D trên đặc tính cơ 2 với tốc độ thấp hơn ( $\omega_D < \omega_A$ ).



Hình 4.23. Đường truyền năng lượng ở chế độ động cơ (a) và ở trạng thái hâm tái sinh (b)

Về mặt năng lượng, ở chế độ động cơ, động cơ nhận điện năng  $W_d$  của lưới để sinh ra cơ năng  $W_C$  và một phần là tổn hao trong động cơ dưới dạng nhiệt  $\Delta W$  (hình 4.23a). Ở trạng thái hâm tái sinh (chế độ

máy phát), động cơ nhận cơ năng hệ TĐĐ đang có  $W_C$  để biến thành điện năng  $W_d$  trả lại lưới và một phần tổn hao trong động cơ dưới dạng nhiệt  $\Delta W$  (hình 4.23b).

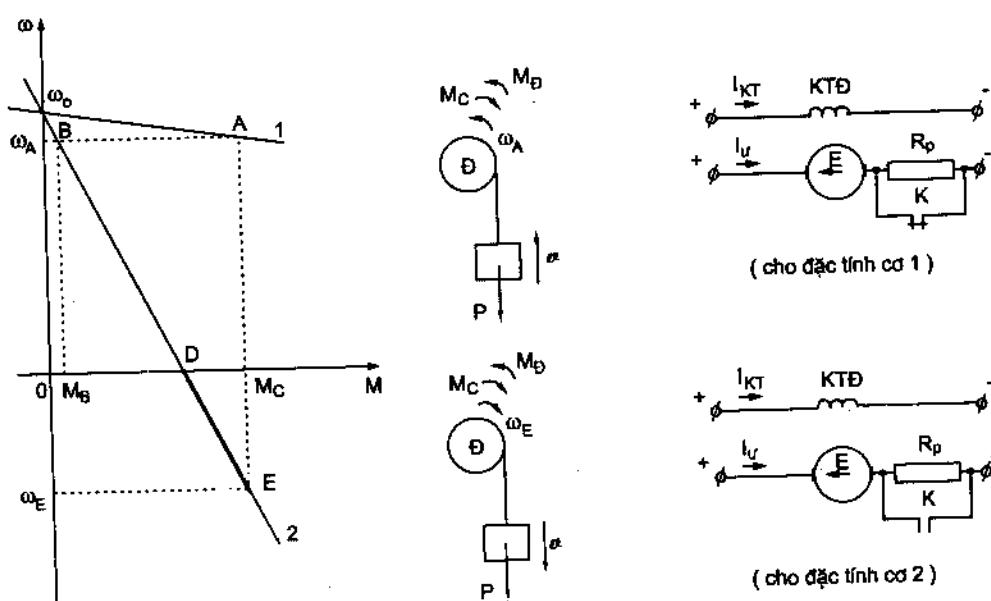
#### 4.3.4.2. Hăm ngược

Trạng thái hăm ngược của động cơ điện một chiều kích từ độc lập là trạng thái đổi nối mạch điện động cơ để tạo ra mômen điện từ có chiều ngược lại với chiều quay mà động cơ đang có.

Hăm ngược có thể xảy ra trong 2 trường hợp.

##### a) Hăm ngược nhờ đưa điện trở phụ vào mạch phản ứng

Ví dụ : Động cơ một chiều kích từ độc lập truyền động một cơ cầu nâng - hạ của một máy trục đang làm việc nâng tải tại điểm A trên đặc tính cơ 1 ở góc phân tư I (hình 4.24) với mômen cản  $M_C$  và tốc độ quay khi nâng  $\omega_A$  (tiếp điểm K đóng).



Hình 4.24. Hăm ngược khi thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng.

Để dừng và hạ vật xuống, một điện trở phụ  $R_p$  đủ lớn được đưa vào mạch phản ứng (tiếp điểm K mở ra). Lúc này động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ 2 tại điểm B với cùng tốc độ ( $\omega_B = \omega_A$ ). Mômen của động cơ giảm xuống ( $M_B < M_A = M_C$ ) nên tốc độ động cơ giảm theo đoạn BD của đặc tính cơ 2. Vật P vẫn được nâng lên ( $\omega > 0$ ) nhưng với tốc độ nâng giảm dần. Đến điểm D ( $\omega = 0$ ) thì vật nâng dừng lại nhưng vì mômen động cơ nhỏ hơn mômen cản ( $M_D = M_B < M_C$ ) nên vật bắt đầu làm việc ở trạng thái hăm ngược : vật tụt xuống. Mômen dương của động cơ có xu hướng kéo vật P lên.

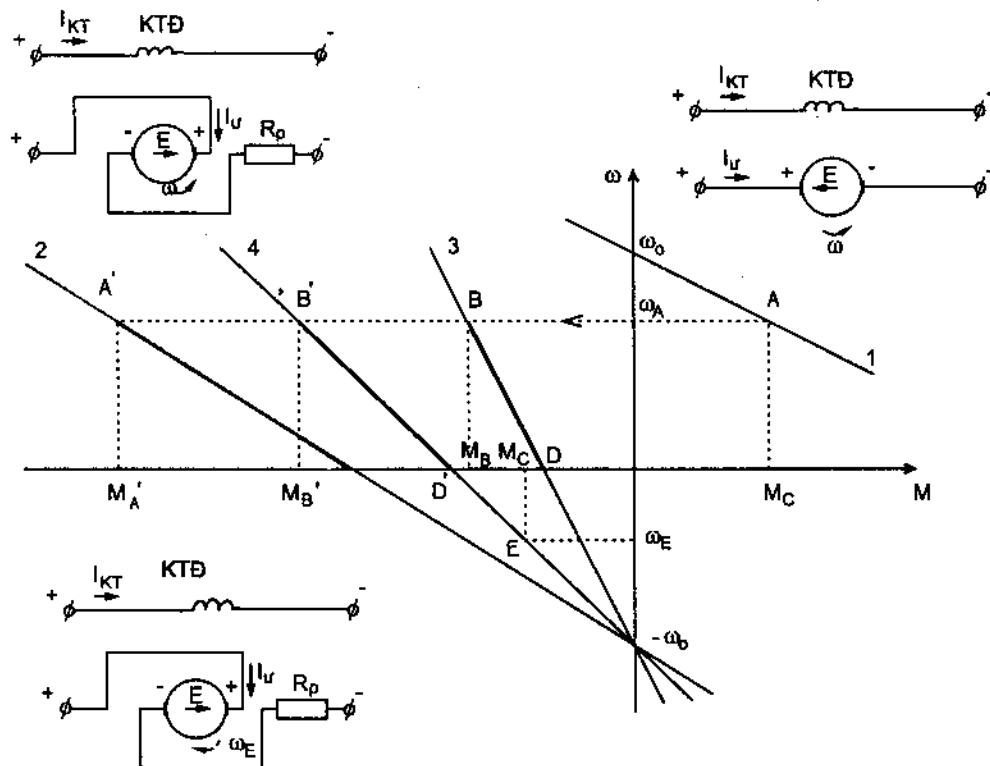
Đặc tính hăm ngược nằm ở góc phân tư IV (mômen và tốc độ ngược dấu nhau). Điểm làm việc hăm ngược của động cơ chuyển theo đoạn đặc tính hăm (nét đậm) từ D đến E. Tại E thì  $M_D = M_E = M_C$ . Động cơ quay đều, hăm ghìm vật để hạ vật xuống đều với tốc độ  $\omega_E$ .

b) Häm ngược nhờ đổi nối đảo chiều quay

Häm ngược nhờ đảo chiều quay có thể thực hiện qua đảo chiều dòng điện kích từ hoặc đảo chiều dòng điện phản ứng (xem mục 4.3.2). Trong thực tế thường dùng häm nối ngược qua đảo chiều dòng điện phản ứng.

Ví dụ : Động cơ điện một chiều kích từ độc lập đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 ở góc phản tư I (hình 4.25).

Để häm nối ngược động cơ, ta đảo cực tính điện áp đặt vào phản ứng. Động cơ sinh ra mômen điện từ có chiều ngược lại nhưng do quán tính của hệ thống, rôto vẫn quay theo chiều cũ. Do vậy, mômen động cơ sẽ là mômen häm.



Hình 4.25. Häm nối ngược (đảo chiều dòng điện phản ứng)

Ngay khi dòng điện phản ứng đảo chiều, động cơ sinh mômen âm và chuyển điểm làm việc từ điểm A trên đặc tính quay thuận 1 sang A' trên đặc tính quay ngược 2. Vì đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập tương đối cứng nên mômen hòn  $|M_{A'}|$  rất lớn. Dòng điện hòn tỉ lệ với  $M_{A'}$  cũng rất lớn, có hại cho động cơ. Do vậy, phải hạn chế mômen hòn sao cho không quá  $2,5 M_{dm}$ . Thực tế, việc đảo cực tính phản ứng để hòn ngược được kết hợp với việc nối thêm điện trở phụ  $R_p$  vào mạch phản ứng để tạo ra đặc tính dốc (đường 3). Nhờ vậy, động cơ sẽ chuyển điểm làm việc sang điểm B với mômen hòn ban đầu  $|M_B| \leq 2,5 M_{dm}$ .

Tốc độ động cơ giảm theo đặc tính 3. Đến điểm D thì  $\omega = 0$  và động cơ có mômen  $|M_D| < |M_C|$  nên dừng lại. Động cơ không thể mở máy theo chiều ngược.

Trường hợp điện trở phụ  $R_p$  không đủ lớn, đặc tính cơ lúc đảo chiều (đường 4) không đủ dốc thì khi hãm, động cơ chuyển điểm làm việc sang B', giảm tốc và dừng ( $\omega = 0$ ) tại điểm D'. Do  $|M_{D'}| > |M_C|$  nên động cơ sẽ tăng tốc, mở máy theo chiều ngược và làm việc ổn định với tốc độ  $\omega_E$  tại điểm E

trên đặc tính cơ 4. Lúc này mômen động cơ  $M_D = M_E = M_C$ .

Về mặt năng lượng, ở chế độ hãm ngược, động cơ vẫn nhận năng lượng từ lưới và biến cơ năng hệ đang có thành điện năng tiêu hao dưới dạng nhiệt (hình 4.26b).

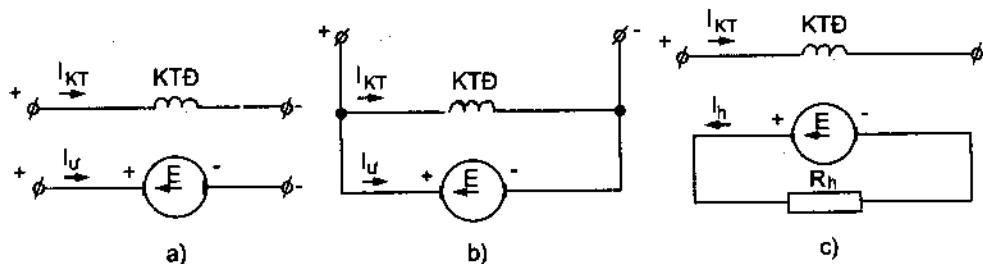
#### 4.3.4.3. Hỗn động năng

Trạng thái hãm động năng của động cơ điện một chiều kích từ độc lập là trạng thái mà động năng của hệ TD tích lũy trong quá trình làm việc được biến đổi thành điện năng thông qua động cơ làm việc ở chế độ máy phát. Điện năng phát ra được tiêu thụ dưới dạng nhiệt trên điện trở hãm.

Để hãm động năng, cần phải giữ kích từ còn phần ứng được cắt điện và nối với điện trở hãm. Phần ứng quay trong từ trường của phần cảm sẽ xuất hiện s.d.d. cảm ứng, tạo dòng điện hãm và mômen hãm ngược với chiều quay đang có của động cơ. Tùy theo cách kích từ mà hãm động năng có 2 phương pháp.

##### a) Hỗn động năng kích từ độc lập

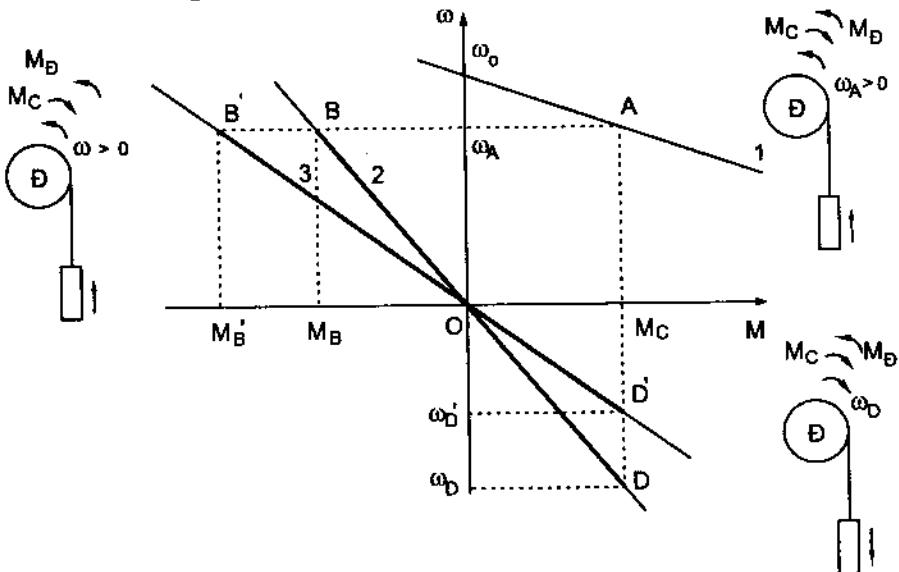
Đây là phương pháp duy trì kích từ lúc hãm nhờ nguồn ngoài (hình 4.27).



Hình 4.27. Sơ đồ nối dây động cơ kích từ độc lập (a), song song (b) và khi hãm động năng kích từ độc lập (c).

Xét một động cơ một chiều kích từ song song truyền động một cơ cầu nâng - hạ của một máy trục đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 (hình 4.28) với sơ đồ

dây dây như hình 4.27b. Tốc độ nâng vật là  $\omega_A$ . Để hãm động năng kích từ độc lập, động cơ được giữ nguyên kích từ, còn cuộn ống được cắt khỏi lưỡi điện và nối kín với một điện trở hãm  $R_h$  (hình 4.27c). Đặc tính hãm là đường thẳng đi qua gốc toạ độ nằm ở góc vuông thứ II và thứ IV. Đặc tính này làm việc tại điểm B trên đặc tính hãm 2. Vì mômen âm nên tốc độ động cơ giảm theo đoạn BO. Trong thời gian này vật cầu vẫn được nâng lên ( $\omega > 0$ ) nhưng vận tốc nâng giảm dần. Khi điểm làm việc dịch tới điểm 0 trên đặc tính hãm thì vật dừng lại ( $\omega = 0$ ). Lúc này mômen động cơ cũng bằng 0. Dưới tác dụng của tải thế năng, động cơ bị kéo quay ngược lại và tụt xuống. Điểm làm việc tiếp tục dịch theo đặc tính hãm 2 tới điểm D. Mômen động cơ tại điểm D cân bằng với mômen tải nên vật sẽ được hạ xuống đều, ổn định với tốc độ  $\omega_D$ . Động cơ hãm động năng để ghìm vật tụt xuống đều.



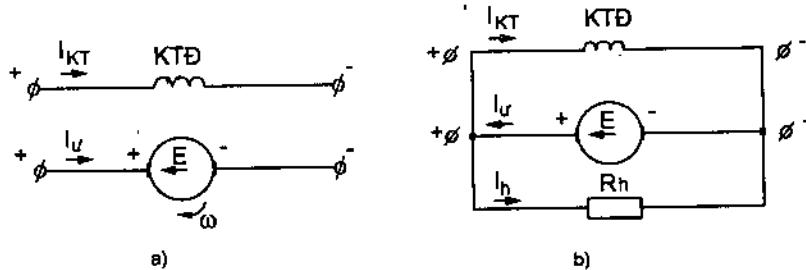
Hình 4.28. Các đặc tính khi hãm động năng kích từ độc lập động cơ điện một chiều kích từ song song hay kích từ độc lập

Nếu điện trở hãm  $R_h$  có giá trị nhỏ hơn thì dòng điện hãm  $I_h$  sẽ lớn, mômen hãm sẽ lớn. Đường đặc tính hãm sẽ bớt dốc (đường 3). Điểm làm việc ban đầu khi hãm là B' và điểm làm việc khi động cơ ghìm vật xuống đều sẽ là D'. Điện trở hãm  $R_h$  thường được chọn sao cho dòng điện hãm ban đầu không quá

$$I_{h,\max} \leq 2,5 I_{dm}$$

### b) Hãm động năng tự kích từ

Đây là phương pháp mà dòng điện kích từ khi hãm là do chính động cơ tự cấp. Sơ đồ nối dây như hình 4.29b. Dòng điện  $I_u$  đảo chiều sẽ sinh ra mômen hãm làm tốc độ động cơ giảm nhanh. Sự suy giảm tốc độ kéo theo s.d.d. giảm, từ trường kích từ giảm, dòng điện hãm giảm và do đó mômen hãm giảm nhanh. Dạng đặc tính hãm cong như hình 4.30 ở góc phần tư thứ II và IV.



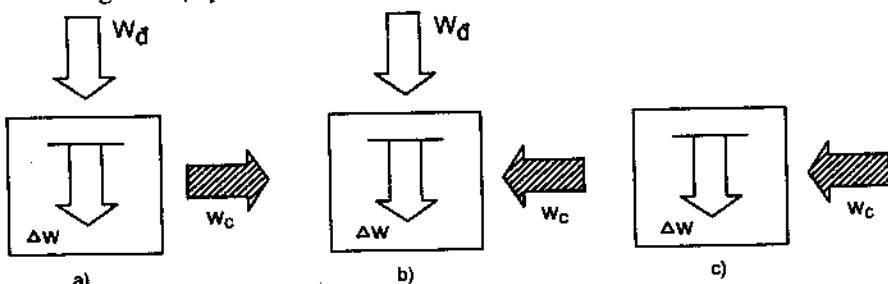
Hình 4.29. Sơ đồ nối ở chế độ động cơ (a) và chế độ máy phát khi hâm động năng tự kích từ (b) của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Quá trình hâm dừng cho cơ cầu nâng - hạ được giải thích tương tự như hình 4.28.

Nếu động cơ kéo tải có mômen cản phản kháng thì điểm làm việc khi hâm dịch về tới điểm 0 thì động cơ dừng, không tăng tốc ngược lại đối với cả 2 phương pháp hâm.

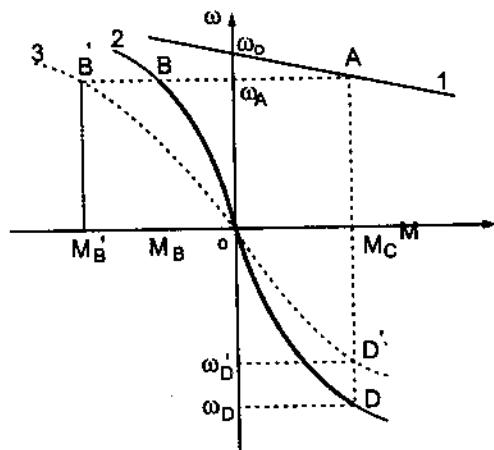
Phương pháp hâm động năng tự kích từ không có hiệu quả bằng phương pháp hâm động năng kích từ độc lập song lại có lợi thế là không cần nguồn ngoài nên có thể tiến hành hâm lúc mất điện. Muốn vậy, chỉ cần tạo mạch hâm nhờ các tiếp điểm thường đóng để khi mất điện, động cơ sẽ được hâm động năng tự kích từ.

Về mặt năng lượng, ở chế độ động cơ, động cơ nhận điện năng từ lưới, biến đổi thành cơ năng và một phần mất vì tổn hao trong động cơ (hình 4.31a).



Hình 4.31. Đường truyền năng lượng ở chế độ động cơ (a) và ở chế độ hâm động năng kích từ độc lập (b) và tự kích từ (c)

Ở chế độ hâm động năng kích từ độc lập, động cơ vẫn nhận một phần nhỏ điện năng từ lưới để kích từ và tiêu thụ cơ năng của hệ để biến thành điện năng tiêu thụ trên điện trở hâm (hình 4.31b). Ở chế độ hâm động năng tự kích từ, toàn bộ điện năng sản sinh bởi động cơ, tiêu thụ trên điện trở hâm và đốt nóng động cơ là nhờ cơ năng hệ TD đang có (hình 4.31c).



Hình 4.30. Đặc tính cơ khi hâm động năng tự kích từ một động cơ điện kích từ độc lập hoặc kích từ song song

## B - ĐỘNG CƠ ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

Về cấu tạo, động cơ điện xoay chiều ba pha có 2 phần chính :

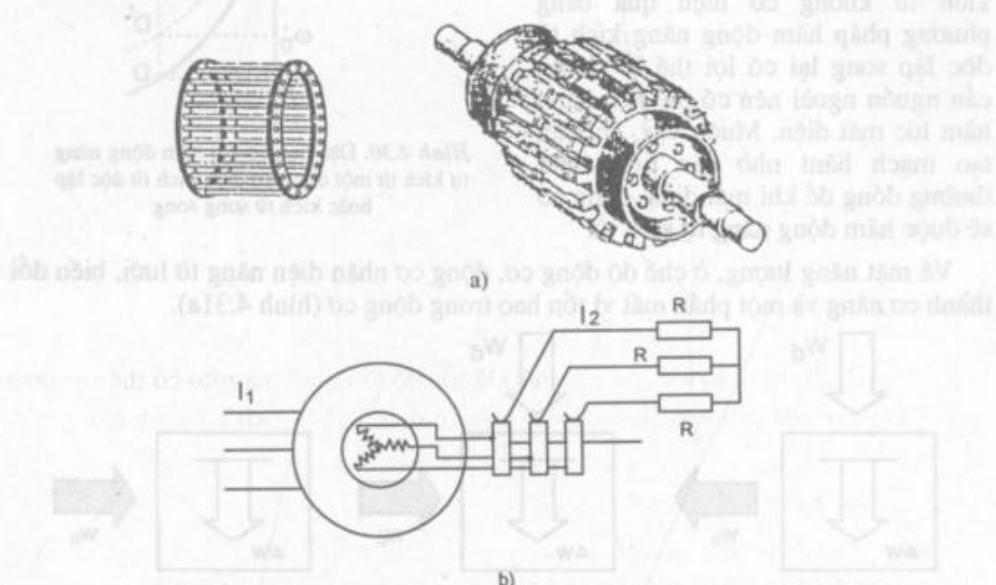
- Phần cảm : gồm 3 cuộn dây đặt lệch nhau  $120^\circ$  trong không gian và được cấp điện xoay chiều 3 pha để tạo ra từ trường quay. Phần cảm thường đặt ở stator. Các cuộn dây pha phần cảm có thể nối theo hình sao ( $\lambda$ ) hay hình tam giác ( $\Delta$ ) tùy theo điện áp của mỗi cuộn dây pha và tùy theo điện áp lưới điện.

Ví dụ : Điện áp lưới là 380V/220V. Khi điện áp mỗi cuộn dây pha là 220V thì động cơ phải nối theo hình  $\lambda$ . Khi điện áp mỗi cuộn dây pha là 380V thì động cơ phải nối theo hình  $\Delta$ .

- Phần ứng : cũng gồm 3 cuộn dây, thường đặt ở rotor. Tùy theo kết cấu của 3 cuộn dây phần ứng mà động cơ điện xoay chiều ba pha chia ra 2 loại :

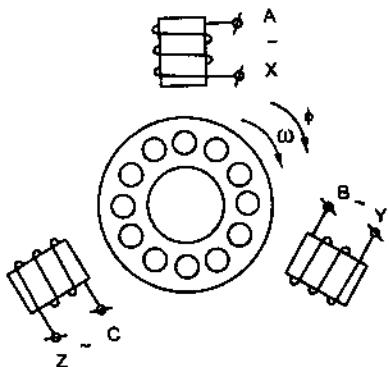
Khi 3 cuộn dây phần ứng kết hợp thành một lõng trụ như 4.32a với các thanh dẫn bằng nhôm thì rotor được gọi là rotor lõng sọc.

Khi 3 cuộn dây phần ứng bằng dây đồng được nối  $\lambda$  và 3 đấu dây được đưa ra qua hệ vòng trượt - chổi than để nối với điện trở mạch ngoài (hình 4.32b) thì rotor được gọi là rotor dây quấn.



Hình 4.32. Nguyên lý cấu tạo của rotor lõng sọc (a) và rotor dây quấn (b)

Khi từ trường quay (giả sử là theo chiều kim đồng hồ - hình 4.33) của phần cảm quét qua các dây dẫn phần ứng thì trong các cuộn dây (hay thanh dẫn) phần ứng xuất hiện s.d.d. cảm ứng. Nếu mạch phần ứng nối kín thì có dòng điện cảm ứng sinh ra (chiều xác định theo quy tắc bàn tay phải). Từ trường quay lại tác dụng vào chính dòng cảm ứng này một từ lực có chiều xác định theo quy tắc bàn tay trái và tạo ra momen làm quay phần cảm theo chiều quay của từ trường quay.



Hình 4.33. Nguyên lý làm việc của động cơ xoay chiều ba pha không đồng bộ

Động cơ làm việc trên nguyên lý này được gọi là động cơ không đồng bộ (KĐB) hay động cơ điện dị bộ hoặc động cơ điện xoay chiều cảm ứng.

Nếu tốc độ từ trường quay là  $\omega_0$  (rad/s) [hay  $n_0$  (vòng/phút)] thì tốc độ quay của phần cảm  $\omega$  (hay  $n$ ) luôn nhỏ hơn ( $\omega < \omega_0$ ;  $n < n_0$ ). Sai lệch tương đối giữa 2 tốc độ gọi là *độ trượt*  $s$

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad (4.21)$$

Từ đó :

$$\omega = \omega_0(1 - s) \text{ hay } n = n_0(1 - s) \quad (4.22)$$

với:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}; \omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (4.23)$$

$f_1$  - tần số lưới

Tốc độ  $\omega_0$  (rad/s) hay  $n_0$  (vòng/phút) là tốc độ lớn nhất mà rôto có thể đạt được nếu không có lực cản nào. Tốc độ này gọi là *tốc độ không tải lý tưởng* hay *tốc độ đồng bộ*.

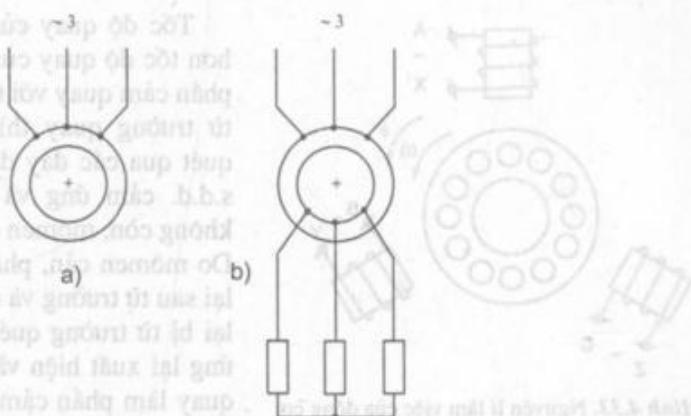
Ở chế độ động cơ, độ trượt  $s$  có giá trị  $0 \leq s \leq 1$ .

Dòng điện cảm ứng trong cuộn dây phần ứng ở rôto cũng là dòng điện xoay chiều với tần số xác định bởi tốc độ tương đối của rôto đối với từ trường quay

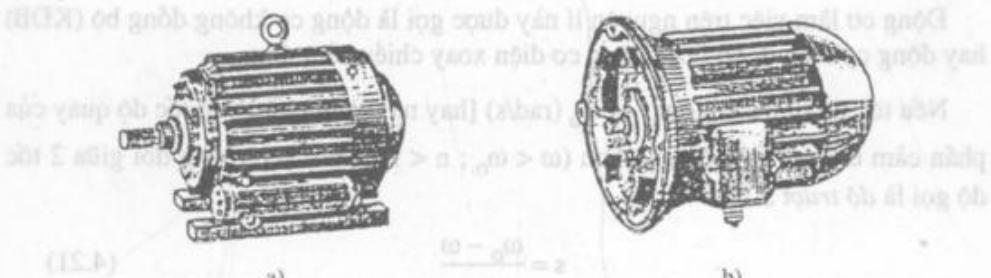
$$f_2 = \frac{p(n_0 - n)}{60} = sf_1 \quad (4.24)$$

Các động cơ điện xoay chiều KĐB có cấu tạo đơn giản, giá thành thấp, vận hành tin cậy hơn so với động cơ điện một chiều nên được sử dụng rộng rãi hơn.

Kí hiệu động cơ điện xoay chiều KĐB như hình 4.34 và hình 4.35 là hình dáng bên ngoài của 2 kiểu động cơ KĐB.



Hình 4.34. Kí hiệu động cơ xoay chiều KDB rôto lồng sóc (a) và rôto dây quấn (b)



Hình 4.35. Động cơ KDB kiểu mặt đế (a) và mặt bích (b)

#### 4.4. Đặc tính cơ của động cơ điện xoay chiều ba pha KDB

#### 4.4.1. Phương trình đặc tính cơ

Trong giáo trình Máy điện, quan hệ giữa mômen quay và tốc độ của động cơ KĐB đã được biết là :

$$M = \frac{3U_{1ph}^2 R_2}{8\omega_0 \left[ \left( R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + X_{nm}^2 \right]}, \text{ [Nm]} \quad (4.25)$$

trong đó :  $U_{1ph}$  - điện áp pha đặt vào cuộn dây phản cảm, [V];

$R'_2$  - điện trở một pha cuộn dây phản ứng quy đổi về stato, [ $\Omega$ ];

R: - điện trở một pha cuộn dây phản cảm [Ω]:

$X_{de} = X_1 + X_2$  - điện trở ngắn mạch :

X<sub>1</sub> - điện kháng một pha cuộn dây phản cảm [Ω];

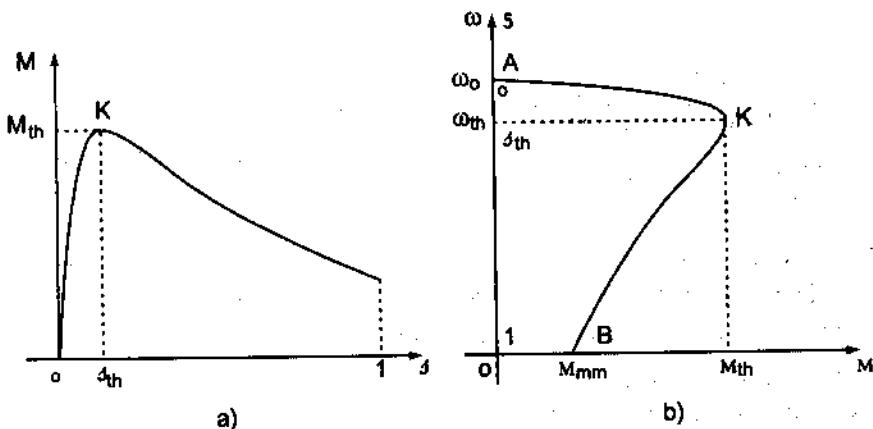
X<sup>1</sup> Các khía cạnh của vấn đề phân tích trung bình là như sau [10].

#### 4.4.2. Đường đặc tính cơ

Với những giá trị khác nhau của  $s$  ( $0 \leq s \leq 1$ ), phương trình (4.25) cho những giá trị tương ứng của  $M$ . Đường biểu diễn  $M = f(s)$  trên hệ trục toạ độ  $sOM$  như hình 4.36a. Đó là đường đặc tính cơ của động cơ xoay chiều 3 pha KĐB.

Có thể biểu diễn đường đặc tính cơ  $M = f(s)$  dưới dạng  $s = F(M)$  hay  $\omega = F(M)$  như hình 4.36b.

Đường đặc tính cơ có điểm cực trị  $K$  gọi là điểm tối hạn. Như đã biết trong toán học, đó là điểm mà tại đó đạo hàm triết tiêu  $\frac{dM}{ds} = 0$ . Lấy đạo hàm (4.25) theo  $s$  rồi cho bằng 0 và giải ra, ta có :



Hình 4.36. Đặc tính cơ của động cơ xoay chiều 3 pha KĐB.

a) - quan hệ  $M = f(s)$ ; b) quan hệ  $\omega = F(M)$

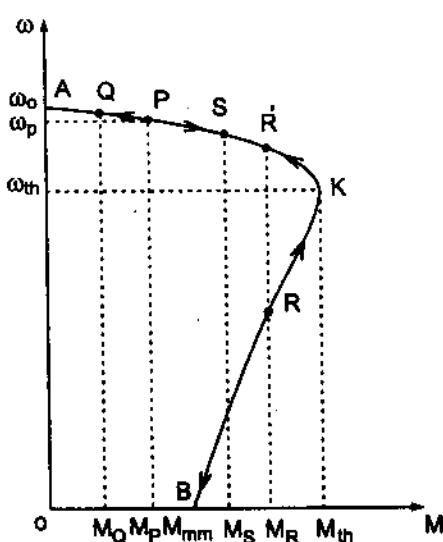
$$s_{th} = \pm \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} \quad (4.26)$$

$$M_{th} = \pm \frac{3U_{1ph}^2}{2\omega_0(R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2})} \quad (4.27)$$

Vì ta đang xem xét trong phạm vi  $0 \leq s \leq 1$  (chế độ động cơ) nên giá trị  $s_{th}$  và  $M_{th}$  của đặc tính cơ trên hình 4.36 chỉ ứng với dấu (+).

Đặc tính cơ của động cơ điện xoay chiều KĐB là một đường cong phức tạp có 2 đoạn AK và KB, phân giới bởi điểm tối hạn K. Đoạn AK gần thẳng và cung. Trên đoạn này mômen động cơ tăng thì tốc độ giảm và ngược lại. Do vậy, động cơ làm việc trên đoạn này sẽ ổn định.

Giả sử, động cơ đang làm việc tại điểm P (hình 4.37) với mômen cản  $M_p$  và tốc độ là  $\omega_p$ . Vì lý do nào đó, tải giảm từ  $M_p$  xuống  $M_Q$  thì động cơ sẽ tăng tốc theo



Hình 4.37 Sự làm việc ổn định trên đoạn AK và không ổn định trên đoạn KB của động cơ KDB.

thì động cơ giảm tốc theo đặc tính về phía B. Nhưng động cơ càng giảm tốc thì mômen càng giảm và tốc độ lại tiếp tục giảm. Kết quả, động cơ không thể tạo lại sự cân bằng về mômen với tải và dừng lại ( $\omega = 0$ ) tại điểm B.

Ngược lại, nếu tải biến động về phía giảm thì động cơ tăng tốc theo đặc tính về phía K, nhưng khi đó mômen động cơ lại tăng, càng lớn hơn mômen tải và tốc độ động cơ tiếp tục tăng theo đặc tính và khi vượt qua điểm tới hạn K lên đoạn KA thì sự tăng tốc sẽ kéo theo sự giảm mômen. Khi mômen động cơ giảm bằng mômen tải mới  $M_S < M_R$  thì động cơ sẽ làm việc ổn định tại điểm S.

Kết quả cho thấy : động cơ không bao giờ làm việc ổn định trên đoạn BK của đặc tính cơ.

Trên đường đặc tính cơ tự nhiên (hình 4.36b), điểm B ứng với tốc độ  $\omega = 0$  ( $s = 1$ ) và mômen mở máy :

$$M_{mm} = \frac{3U_{ph}^2 R_2}{\omega_0 [(R + R_2)^2 + X_{nm}^2]} \quad (4.28)$$

Điểm A ứng với mômen cân bằng 0 ( $M_C = 0$ ) và tốc độ đồng bộ :

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

#### 4.5. Ảnh hưởng của các thông số điện tử đặc tính cơ

Khi các thông số điện trong phương trình đặc tính cơ (4.25) thay đổi thì các đại lượng sau bị biến đổi

đặc tính cơ từ P đến Q. Quá trình tăng tốc xảy ra cùng với quá trình giảm mômen. Tới điểm Q thì  $M_D = M_Q$  và động cơ sẽ làm việc ổn định với tốc độ  $\omega_Q$  lớn hơn trước ( $\omega_Q > \omega_P$ ).

Trường hợp ngược lại, khi tải tăng từ  $M_P$  lên  $M_S$  thì bằng cách lì giải tương tự, động cơ sẽ chuyển điểm làm việc từ P tới S. Tại đây, động cơ có mômen lớn hơn nhưng tốc độ nhỏ hơn.

Đoạn BK cong với độ dốc dương. Trên đoạn này động cơ làm việc không ổn định.

Giả sử, với tải  $M_R$ , động cơ làm việc tại điểm R trên đoạn BK của đặc tính cơ. Khi tải biến động về phía tăng

- tốc độ đồng bộ :  $\omega_o = \frac{2\pi f_1}{p}$  (4.29)

- độ trượt tối hạn :  $s_{th} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}}$  (4.30)

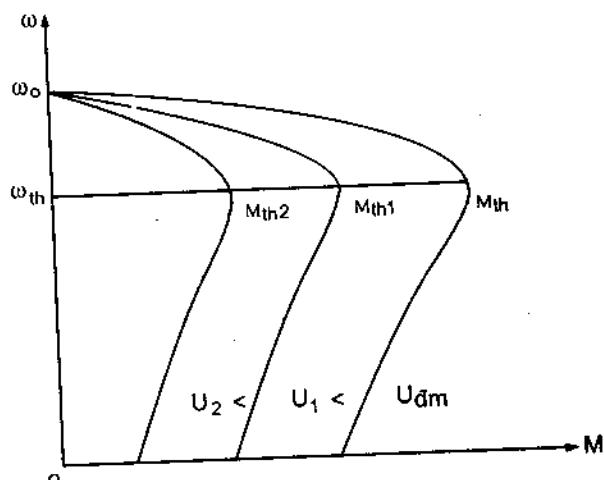
- mômen tối hạn :  $M_{th} = \frac{3U_{1ph}^2}{2\omega_o(R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2})}$  (4.31)

Do đó, đường đặc tính cơ cũng bị biến dạng.

#### 4.5.1. Ảnh hưởng của điện áp lưới $U_{1ph}$

Điện áp  $U_{1ph}$  đặt vào phần cảm (stator) động cơ KDB chỉ có thể thay đổi về phía giảm ( $U_{1ph} \leq U_{1ph,dm}$ ). Khi  $U_{1ph}$  giảm thì mômen tối hạn (4.31) giảm nhanh theo bình phương của  $U_{1ph}$ , còn tốc độ đồng bộ (4.29) và độ trượt tối hạn (4.30) không thay đổi.

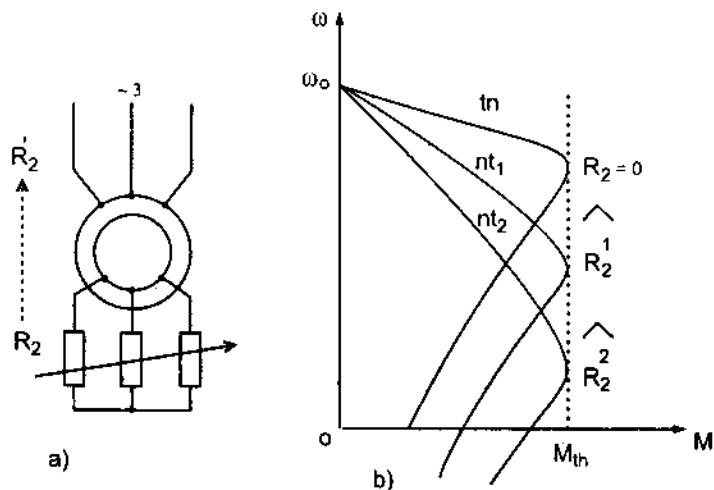
Các đặc tính cơ khi giảm điện áp nguồn  $U_{1ph}$  như trên hình 4.38.



Hình 4.38. Hỗn hợp đặc tính cơ của động cơ KDB  
khi giảm điện áp nguồn cấp

#### 4.5.2. Ảnh hưởng của điện trở mạch rôto $R_2$

Động cơ KDB rôto lông sóc (hay rôto ngắn mạch) không thể thay đổi được điện trở mạch rôto. Việc thay đổi điện trở ở mạch rôto chỉ sử dụng đối với động cơ KDB rôto dây cuộn vì mạch rôto có thể nối với điện trở ngoài qua hệ vòng trượt - chổi than (hình 4.39a).

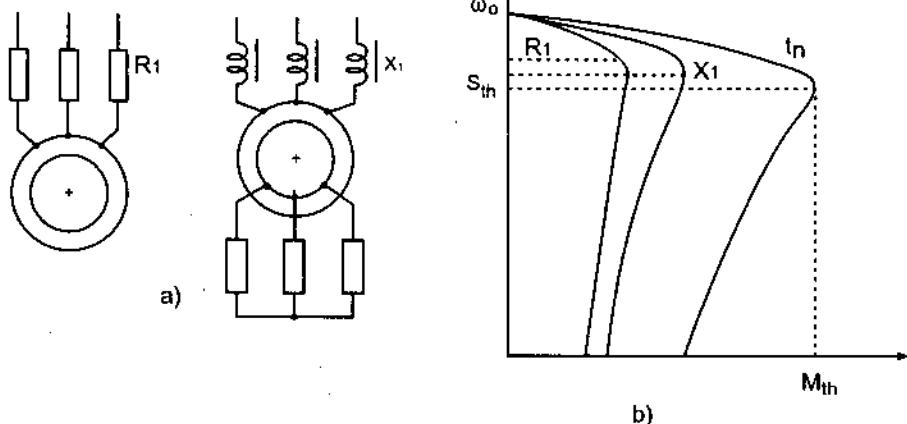


Hình 4.39. Sơ đồ thay đổi điện trở của mạch rôto (a) và họ các đặc tính cơ tương ứng (b)

Để thấy, điện trở mạch rôto  $R_2$  - do đó điện trở quy đổi  $R'_2$  - chỉ có thể thay đổi về phía tăng. Khi  $R'_2$  tăng thì độ trượt tới hạn (4.30) tăng, còn tốc độ đồng bộ (4.29) và mômen tới hạn (4.31) giữ nguyên (hình 4.39b).

#### 4.5.3. Ảnh hưởng của điện trở $R_1$ , điện kháng $X_1$ ở mạch stato

Trường hợp này chỉ thay đổi được về phía tăng  $R_1$  hoặc  $X_1$  nhờ chèn thêm  $R_1$  hoặc  $X_1$  vào mạch stato (hình 4.40a). Khi đó  $\omega_o$  (4.29) không đổi, còn  $s_{th}$  (4.30) và  $M_{th}$  (4.31) đều giảm.



Hình 4.40. Sơ đồ nối thêm  $R_1$  hoặc  $X_1$  vào mạch stato (a) và các đặc tính cơ tương ứng (b)

#### 4.5.4. Ảnh hưởng của số đôi cực $p$

Khi số đôi cực thay đổi thì tốc độ đồng bộ  $\omega_o$  (4.29) thay đổi. Thông thường loại động cơ KDB có số đôi cực thay đổi được chế tạo với cuộn cảm stato có nhiều

bởi dây và nhiều đầu dây ra để thay đổi cách đấu dây. Tùy theo khả năng đổi nối mà động cơ KDB được gọi là động cơ có 2, 3, 4... cấp tốc độ.

Do đổi nối ở cuộn cảm staton nên các thông số  $R_1$ ,  $X_1$  cũng bị thay đổi và ngay điện áp pha đặt vào các phần cuộn dây cũng thay đổi. Vì vậy  $s_{th}$  (4.30) và  $M_{th}$  (4.31) có thể khác đi.

#### 4.5.5. Ảnh hưởng của tần số nguồn $f_1$

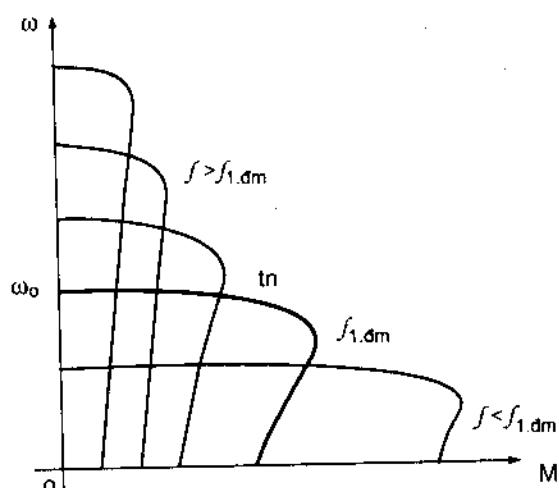
Khi thay đổi  $f_1$  thì  $\omega_0$  (4.29) thay đổi nhưng cả  $X_1$ ,  $X_2$  cũng thay đổi (vì  $X = 2\pi fL$ ) do đó kéo theo cả  $s_{th}$  (4.30) và  $M_{th}$  (4.31) thay đổi. Hình 4.41 biểu thị các đặc tính cơ khi thay đổi tần số nguồn. Khi  $f_1$  giảm thì  $s_{th}$  và  $M_{th}$  đều tăng nhưng  $M_{th}$  tăng mạnh hơn.

Do vậy, độ cứng đặc tính cơ tăng khi  $f_1$  giảm.

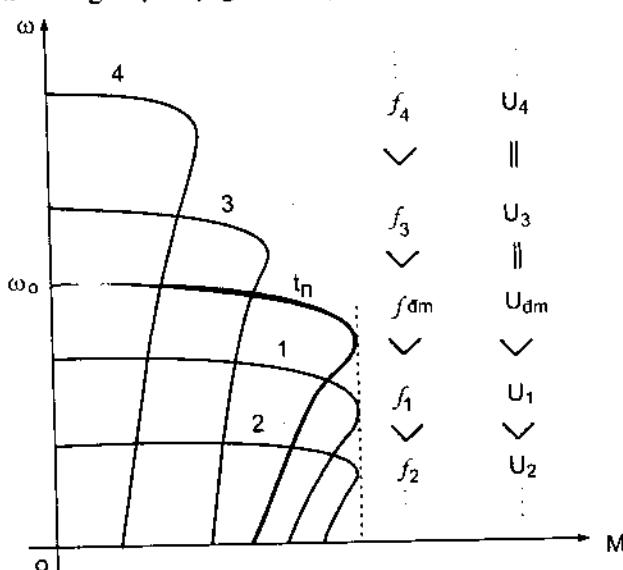
Khi  $f_1$  giảm xuống dưới  $f_{1dm}$  thì tổng trở các cuộn dây giảm nên nếu giữ nguyên điện áp cấp  $U_{1dm}$  thì dòng điện động cơ sẽ tăng, đốt nóng động cơ quá mức. Do vậy, khi  $f_1$  giảm xuống dưới giá trị định mức thì cần phải giảm đồng thời điện áp cấp cho động cơ sao cho :

$$\frac{U_{1ph}}{f_1} = \text{const} \quad (4.32)$$

Như vậy, mômen tối hạn  $M_{th}$  sẽ giữ không đổi ở vùng  $f_1 < f_{1dm}$  (hình 4.42). Ở vùng  $f_1 > f_{1dm}$  thì không thể tăng điện áp nguồn cấp mà giữ  $U_1 = U_{1dm}$  nên ở vùng này  $M_{th}$  sẽ giảm tỉ lệ nghịch với bình phương tần số.



Hình 4.41. Họ đặc tính cơ khi thay đổi tần số nguồn



Hình 4.42. Đặc tính cơ của động cơ KDB khi thay đổi tần số kết hợp với thay đổi điện áp

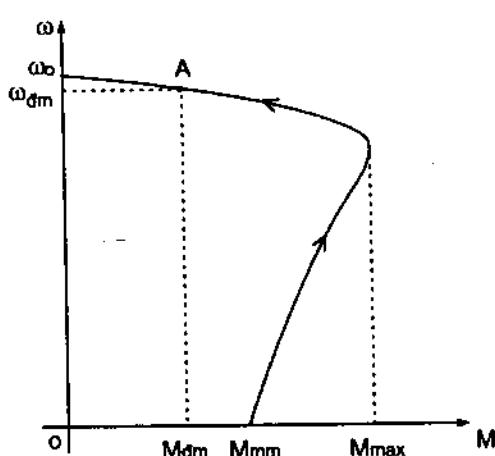
$$s_{th} \sim \frac{1}{f_1} \quad (4.33)$$

$$M_{th} \sim \frac{1}{f_1^2} \quad (4.34)$$

#### 4.6. Vận hành động cơ điện xoay chiều KDB

##### 4.6.1. Mở máy

Khi đóng điện trực tiếp vào stato động cơ KDB để mở máy thì thoát đầu do rôto chưa quay, độ trượt lớn ( $s = 1$ ) nên s.d.d. cảm ứng và dòng điện cảm ứng lớn :



Hình 4.43. Đặc tính cơ động cơ KDB  
khi mở máy trực tiếp

$$I_{mm} = (5 + 8) I_{dm}$$

Dòng điện này có giá trị đặc biệt lớn ở các động cơ công suất trung bình và lớn, gây ra nhiệt đốt nóng động cơ và gây xung lực có hại cho động cơ. Tuy dòng điện lớn nhưng mômen mở máy lại nhỏ.

$$M_{mm} = (0,5 + 1,5) M_{dm}$$

Do vậy, cần phải có biện pháp mở máy để hạn chế dòng điện lúc mở máy và đảm bảo một mômen mở máy cần thiết.

Đối với động cơ công suất nhỏ hoặc công suất nhỏ so với công suất nguồn cấp thì có thể mở máy trực tiếp. Những trường hợp không mở máy trực tiếp thì có thể thực hiện một trong các phương pháp mở máy gián tiếp sau đây.

###### 4.6.1.1. Phương pháp mở máy bằng điện trở đối xứng ở mạch rôto

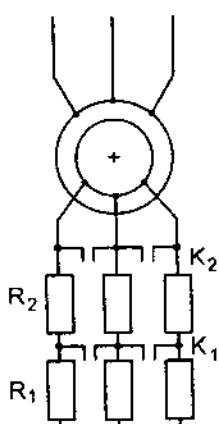
Phương pháp này chỉ dùng được cho động cơ KDB rôto dây quấn.

Hình 4.44 trình bày sơ đồ nguyên lý nối dây động cơ KDB rôto dây quấn để mở máy qua 2 cấp điện trở phụ  $R_1, R_2$  ở cả 3 pha rôto. Đây là sơ đồ mở máy với các điện trở mở máy đối xứng ở mạch rôto.

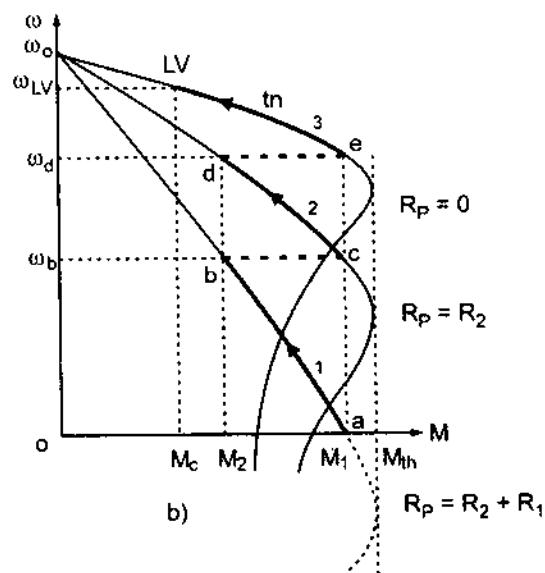
Lúc bắt đầu đóng điện vào stato, các tiếp điểm công tắc  $T_1$  và  $T_2$  đều mở. Mỗi pha cuộn dây rôto được nối với cả 2 điện trở  $(R_1 + R_2)$  nên đặc tính cơ là đường 1. Động cơ bắt đầu mở máy với mômen  $M_{mm} = M_1$  và bắt đầu tăng tốc theo đặc tính 1 từ điểm a. Đến điểm b, tốc độ động cơ đạt  $\omega_b$  và mômen giảm còn  $M_2$  thì tiếp điểm  $T_1$  đóng lại. Các điện trở phụ  $R_1$  được nối tắt, không tham gia vào mạch điện rôto. Động cơ chuyển điểm làm việc từ b trên đặc tính 1 sang điểm c trên đặc

tính 2 ( $\omega_b = \omega_c$ ) tương ứng với điện trở pha rôto là  $R_2$ . Mômen động cơ tăng từ  $M_2$  lên  $M_1$  và động cơ tiếp tục tăng tốc từ điểm c đến điểm d trên đặc tính 2. Tới điểm d mômen động cơ lại giảm xuống còn  $M_2$ . Lúc này đóng các tiếp điểm  $K_2$ , loại nốt điện trở phụ  $R_2$  ra khỏi mạch rôto. Động cơ lại chuyển điểm làm việc từ d (trên đặc tính cơ 2) sang điểm e trên đặc tính cơ tự nhiên tn với cùng tốc độ  $\omega_d = \omega_c$ . Mômen động cơ lại tăng lên  $M_1$  và tiếp tục tăng tốc từ  $\omega_c$  lên  $\omega_{LV}$  tại điểm LV. Ở đó thì  $M_D = M_C$  và động cơ quay đều với  $\omega_{LV}$ .

→ 3



a)



b)

Hình 4.44. Sơ đồ mở máy động cơ KDB qua 2 cấp điện trở (a) và các đặc tính mở máy (b)

Để các điểm chuyển đổi b, d ứng với cùng mômen  $M_2$  và các điểm a, c, e ứng với cùng mômen  $M_1$  thì các điện trở phụ  $R_1$ ,  $R_2$  phải được tính chọn theo phương pháp riêng mà cuốn sách này không đề cập đến. Thông thường mômen chuyển đổi được chọn trong giới hạn

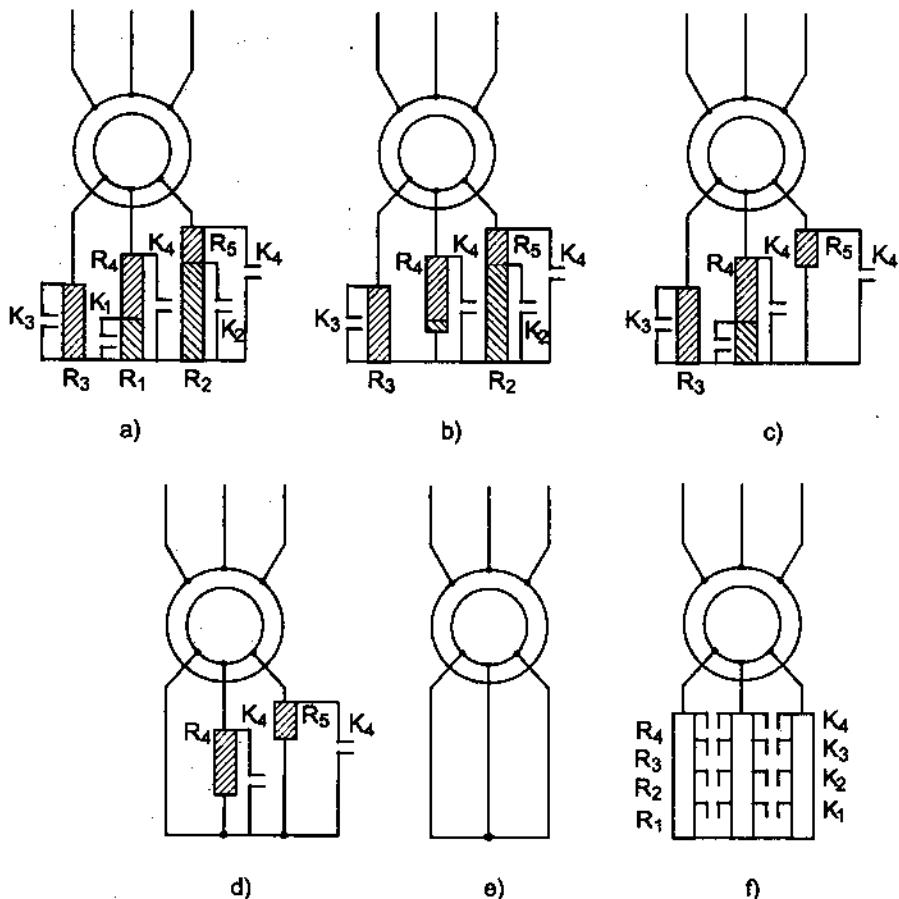
$$M_1 = (2 \div 2,5) M_{dm}$$

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

#### 4.6.1.2. Phương pháp mở máy bằng điện trở không đối xứng ở mạch rôto

Phương pháp này không đòi hỏi các điện trở mở máy ở các pha rôto giống nhau và khi cắt giảm điện trở cũng không cần đều nhau.

Như hình 4.45 biểu thị một động cơ rôto dây quấn được mở máy qua 4 cấp điện trở với các điện trở mở máy  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  và  $R_5$  bố trí không đối xứng ở mạch rôto.



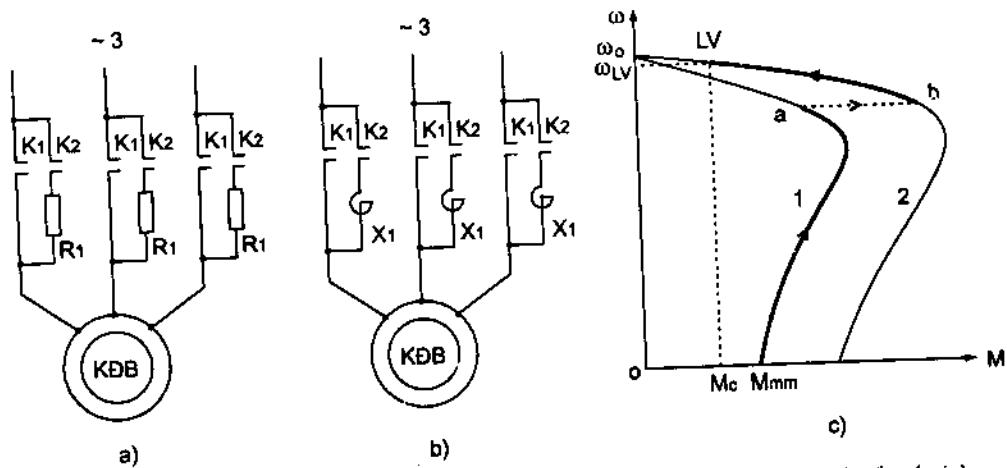
Hình 4.45. Sơ đồ mở máy với 4 cấp điện trở không đổi xứng ở mạch rôto

Lúc mới đóng điện, toàn bộ các điện trở được đưa vào mạch rôto, các tiếp điểm đều mở (hình 4.45a). Trong quá trình tăng tốc của động cơ, các điện trở lần lượt được tách ra khỏi mạch rôto nhờ tác động của các công tắc tự theo thứ tự K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> và K<sub>4</sub> (các hình 4.45b, c, d và e). Hai điện trở R<sub>4</sub> và R<sub>5</sub> được tách ra khỏi mạch rôto cùng một lúc nên thuộc cùng một cấp điện trở.

Trường hợp này mà dùng phương pháp điện trở đối xứng bình thường thì phải cần đến 12 điện trở như trên hình 4.45f. Phương pháp mở máy bằng điện trở không đổi xứng ở mạch rôto thường dùng với các bộ khống chế lực để kết hợp với việc tạo ra các tốc độ khác nhau khi vận hành cũng như để đưa động cơ trở về tốc độ thấp trước khi dừng nhằm đảm bảo dừng chính xác.

#### 4.6.1.3. Phương pháp mở máy bằng điện trở hoặc điện kháng nối tiếp mạch stato

Phương pháp này có thể áp dụng cho cả 2 loại động cơ rôto lồng sóc lắn dây quấn. Do có điện trở hoặc điện kháng nên tổng trở mạch stato tăng và dòng điện mở máy của động cơ giảm đi, nằm trong giá trị cho phép. Tất nhiên mômen mở máy cũng giảm.



Hình 4.46. Sơ đồ mở máy dùng  $R_1$  hoặc  $X_1$  ở mạch stato (a, b) và đặc tính cơ khi mở máy (c).

Lúc mở máy, các tiếp điểm  $K_2$  đóng,  $K_1$  mở để điện trở (hình 4.46a) hoặc điện kháng (hình 4.46b) tham gia vào mạch stato nhằm hạn chế dòng điện mở máy. Khi tốc độ động cơ đã tăng tới một mức nào đó (tuỳ theo hệ truyền động) thì các tiếp điểm  $K_1$  đóng,  $K_2$  mở để loại điện trở hoặc điện kháng ra khỏi mạch stato. Động cơ chuyển điểm làm việc từ điểm a trên đặc tính 1 sang điểm b trên đặc tính 2 và tăng tốc đến tốc độ làm việc.

Quá trình mở máy kết thúc.

Sơ đồ trên hình 4.46a, b là mở máy với 1 cấp điện trở hoặc điện kháng ở mạch stato. Có thể mở máy với nhiều cấp điện trở hoặc điện kháng khi công suất động cơ lớn. Phương pháp này thường dùng cho động cơ cao áp.

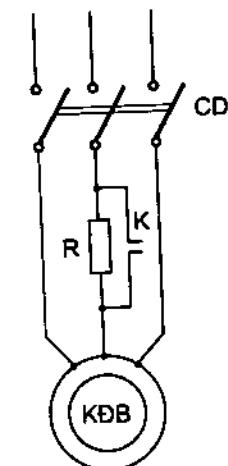
Hình 4.47 trình bày trường hợp mở máy đơn giản theo phương pháp điện trở không đổi xứng ở mạch stato.

Lúc đầu mới đóng điện thì tiếp điểm K mở để động cơ mở máy qua điện trở  $R$  ở một pha. Sau đó K đóng để động cơ làm việc bình thường. Đây là trường hợp cần giảm mômen mở máy cho động cơ công suất nhỏ và trung bình mà không cần hạn chế dòng điện mở máy. Phương pháp này đơn giản, rẻ mà vẫn đáp ứng được yêu cầu cần thiết.

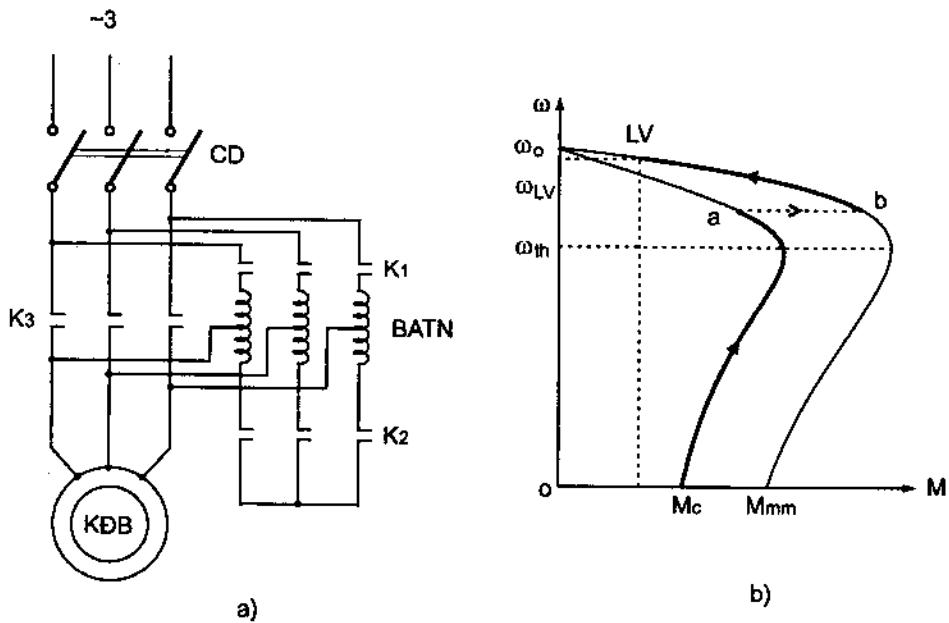
Nếu có yêu cầu hạn chế dòng điện mở máy thì dùng phương pháp mở máy qua điện trở, điện kháng đối xứng.

#### 4.6.1.4. Phương pháp mở máy dùng máy biến áp tự ngẫu

Phương pháp này được sử dụng để đặt một điện áp thấp cho động cơ lúc mở máy nhằm giảm điện áp - do đó giảm dòng điện lúc mở máy nhưng cũng kéo theo giảm mômen mở máy.



Hình 4.47. Sơ đồ mở máy với điện trở không đổi xứng ở mạch stato



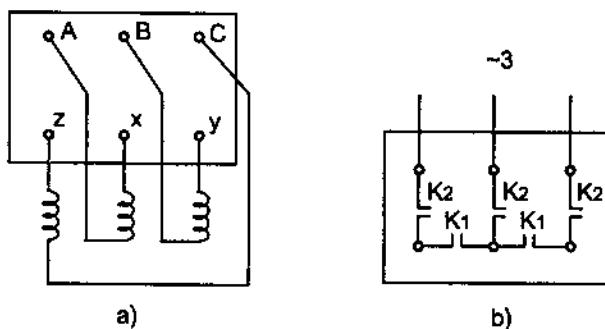
Hình 4.48. Sơ đồ mở máy động cơ KDB dùng máy biến áp tự ngẫu (a) và đặc tính cơ lúc mở máy (b)

Lúc mở máy, các tiếp điểm  $K_1$ ,  $K_2$  đóng,  $K_3$  mở. Khi các tiếp điểm  $K_3$  đóng,  $K_1$  và  $K_2$  mở thì quá trình mở máy kết thúc.

#### 4.6.1.5. Phương pháp mở máy nhờ đổi nối $\lambda - \Delta$

Với động cơ KDB làm việc bình thường ở sơ đồ mắc  $\Delta$  các cuộn dây stator thì khi mở máy có thể mắc theo sơ đồ hình  $\lambda$ . Thực chất của phương pháp là giảm điện áp đặt vào các cuộn dây stator khi đổi nối vì  $U_{ph} = U_d$  khi mắc  $\Delta$ , còn khi mắc  $\lambda$  thì điện áp giảm đi  $\sqrt{3}$  lần :

$$U_{ph} = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

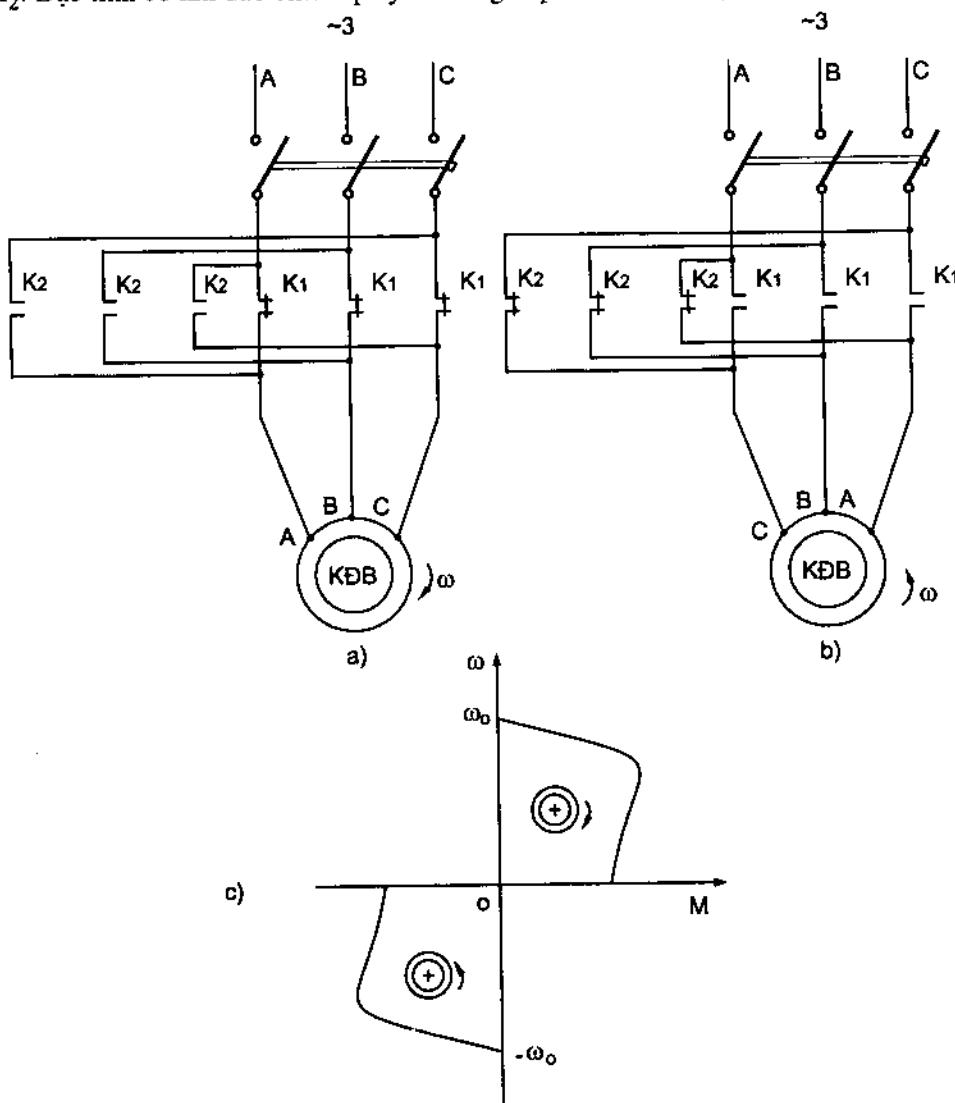


Hình 4.49. Hộp nối dây động cơ KDB khi mở máy bằng đổi nối  $\lambda - \Delta$

Hộp nối dây của động cơ KĐB như hình 4.49a và khi mở máy nhờ đổi nối  $\lambda - \Delta$  thì mắc như sơ đồ ở hình 4.49b. Lúc mở máy thì các tiếp điểm  $K_1$  đóng,  $K_2$  mở. Sau đó  $K_1$  mở,  $K_2$  đóng và quá trình mở máy kết thúc.

#### 4.6.2. Đảo chiều quay động cơ KĐB

Để đảo chiều quay của động cơ điện xoay chiều 3 pha KĐB, phải đảo chiều quay của từ trường quay do stator tạo ra. Muốn vậy, chỉ cần đảo chỗ 2 pha bất kì trong 3 pha của nguồn cấp cho stator. Hình 4.50 cho sơ đồ nguyên tắc đảo chiều quay động cơ KĐB nhờ đảo chỗ 2 pha A và B qua các tiếp điểm công tắc tơ  $K_1$  và  $K_2$ . Đặc tính cơ khi đảo chiều quay nằm ở góc phản tư thứ III (hình 4.50c).

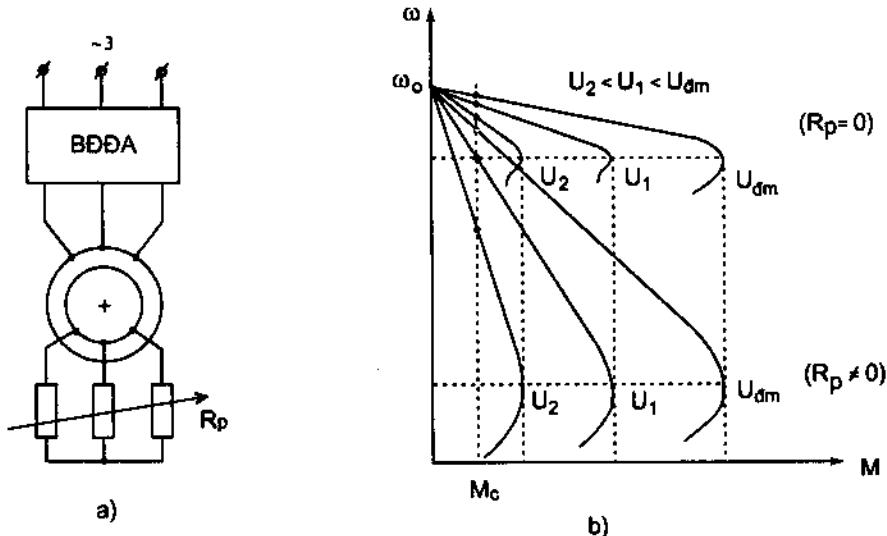


*Hình 4.50. Sơ đồ nguyên tắc đảo chiều quay động cơ KĐB (a, b)  
và đặc tính cơ khi đảo chiều quay (c)*

### 4.6.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ KDB

#### 4.6.3.1. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp nguồn cấp đặt vào phần cảm (stator)

Ở một tần số nhất định (50 Hz), mômen cực đại của động cơ KDB tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào phần cảm (thường ở stator) theo biểu thức (4.27). Để thay đổi điện áp cấp cho phần cảm phải dùng bộ biến đổi điện áp (BDĐA) xoay chiều.



Hình 4.51. Sơ đồ điều chỉnh điện áp động cơ KDB (a) và các đặc tính cơ khi điều chỉnh (b).

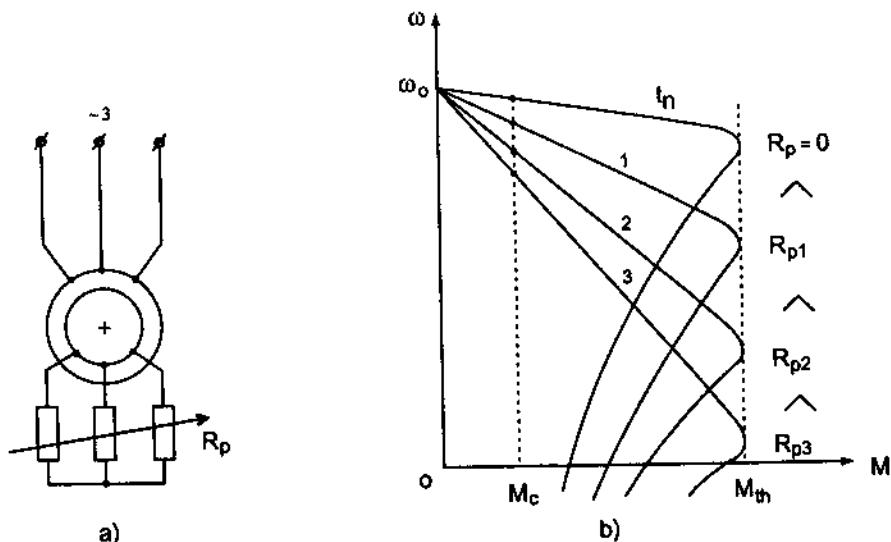
Bộ BDĐA có thể là một máy biến áp tự ngẫu, một máy biến áp nhiều đầu ra hay một bộ biến đổi điện áp bán dẫn dùng thyristo. Hình 4.51 trình bày sơ đồ nối dây và các đặc tính cơ khi thay đổi điện áp phần cảm.

Nhận xét :

- Phương pháp chỉ cho thay đổi về phía giảm áp ( $U < U_{dm}$ ) nên chỉ thay đổi tốc độ về phía giảm.
- Khi điện áp giảm, mômen tối hạn (hay  $M_{max}$ ) của động cơ giảm mạnh theo (4.27) trong khi tốc độ không tải (hay tốc độ đồng bộ) giữ nguyên nên khi điều chỉnh về tốc độ nhỏ thì đặc tính giảm độ cứng và độ ổn định tốc độ kém hơn.
- Đặc tính cơ của động cơ KDB thường có độ trượt tối hạn nhỏ nên phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần cảm thường kết hợp với việc tăng điện trở phụ ở mạch phần ứng để tăng độ trượt tối hạn, do đó tăng được dải điều chỉnh lớn hơn. Tất nhiên chỉ áp dụng cho động cơ KDB rôto dây quấn.

#### 4.6.3.2. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ ở mạch phần ứng (rôto)

Phương pháp này chỉ áp dụng cho động cơ KDB rôto dây quấn và được áp dụng rất rộng rãi do tính chất đơn giản của phương pháp. Sơ đồ nguyên lý như hình 4.52a. Các đặc tính cơ khi điều chỉnh tốc độ như hình 4.52b.



Hình 4.52. Điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB bằng phương pháp thay đổi điện trở ở mạch phản ứng (rôto)

Nhận xét :

- Phương pháp này chỉ cho điều chỉnh tốc độ về phía giảm.
- Tốc độ càng giảm, đặc tính cơ càng mềm, tốc độ động cơ càng kém ổn định trước sự thay đổi của mômen tải.
  - Dải điều chỉnh phụ thuộc trị số mômen tải. Mômen tải càng nhỏ thì dải điều chỉnh càng hẹp.
  - Khi điều chỉnh sâu (tốc độ nhỏ) thì độ trượt động cơ tăng và tổn hao năng lượng (trên điện trở phụ) càng lớn.
  - Phương pháp này có thể điều chỉnh trơn nhờ biến trở nhưng do dòng phản ứng lớn nên thường chỉ được điều chỉnh theo cấp.

#### 4.6.3.3. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số của nguồn cấp

Thay đổi tần số của nguồn điện cấp cho động cơ là thay đổi tốc độ không tải li tương và cả mômen tối hạn (xem mục 4.5.5). Tần số càng cao thì tốc độ động cơ càng lớn.

Việc điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB bằng cách thay đổi tần số thường kéo theo điều chỉnh điện áp hay dòng điện hoặc từ thông của mạch điện стато.

Đặc tính cơ khi thay đổi tần số nguồn cùng với việc giữ luật điều chỉnh tần số - điện áp sao cho  $\frac{U}{f} \sim \text{const}$  (phản  $f < f_{dm}$ ) được biểu diễn trên hình 4.42. Khi  $f > f_{dm}$  thì do không thể tăng  $U > U_{dm}$  nên các đường đặc tính cơ bị giảm giá '1' mômen tối hạn.

Người ta cũng thường dùng luật điều chỉnh tần số - dòng điện.

#### 4.6.3.4. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực của động cơ

Đây là cách điều chỉnh tốc độ có cấp. Đặc tính cơ thay đổi vì tốc độ đồng bộ  $\omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$  (hay  $n_0 = \frac{60f}{p}$ ) thay đổi theo số đôi cực  $p$ . Do số đôi cực  $p$  chỉ có thể là số nguyên ( $p = 1, 2, 3, \dots$ ) nên đối với động cơ KDB làm việc ở lưới điện xoay chiều tần số 50Hz chỉ có thể có những tốc độ đồng bộ sau :

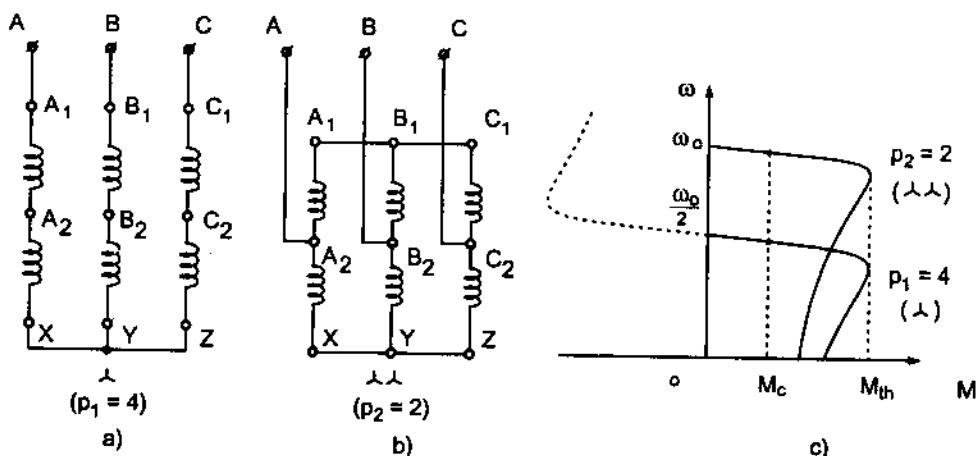
$$n_0 = \frac{60 \times 50}{p} = 3000; 1500; 1000; 750; 600 \dots (\text{vòng/ph})$$

ứng với  $(p = 1) (p = 2) (p = 3) (p = 4) (p = 5)$

Động cơ KDB thường được chế tạo với số đôi cực  $p$  cố định. Số đôi cực  $p$  là do cách quấn các cuộn dây stator quyết định. Động cơ KDB thay đổi được số đôi cực là động cơ được chế tạo đặc biệt để cuộn dây stator có thể thay đổi được cách nối tương ứng với số đôi cực khác nhau. Các đầu dây để đổi nối được đưa ra hộp đấu dây ở vỏ động cơ.

Số đôi cực của cuộn dây rotor cũng phải tương ứng với số đôi cực của cuộn dây stator. Điều này khó thực hiện đối với động cơ rotor dây quấn. Đối với động cơ rotor lồng sóc thì nó lại có khả năng tự thay đổi số đôi cực tương ứng với stator. Vì vậy, phương pháp này được sử dụng chủ yếu cho động cơ rotor lồng sóc. Tỉ lệ chuyển đổi số đôi cực có thể là  $2 : 1 ; 3 : 1 ; 4 : 1$  hay tới  $8 : 1$ .

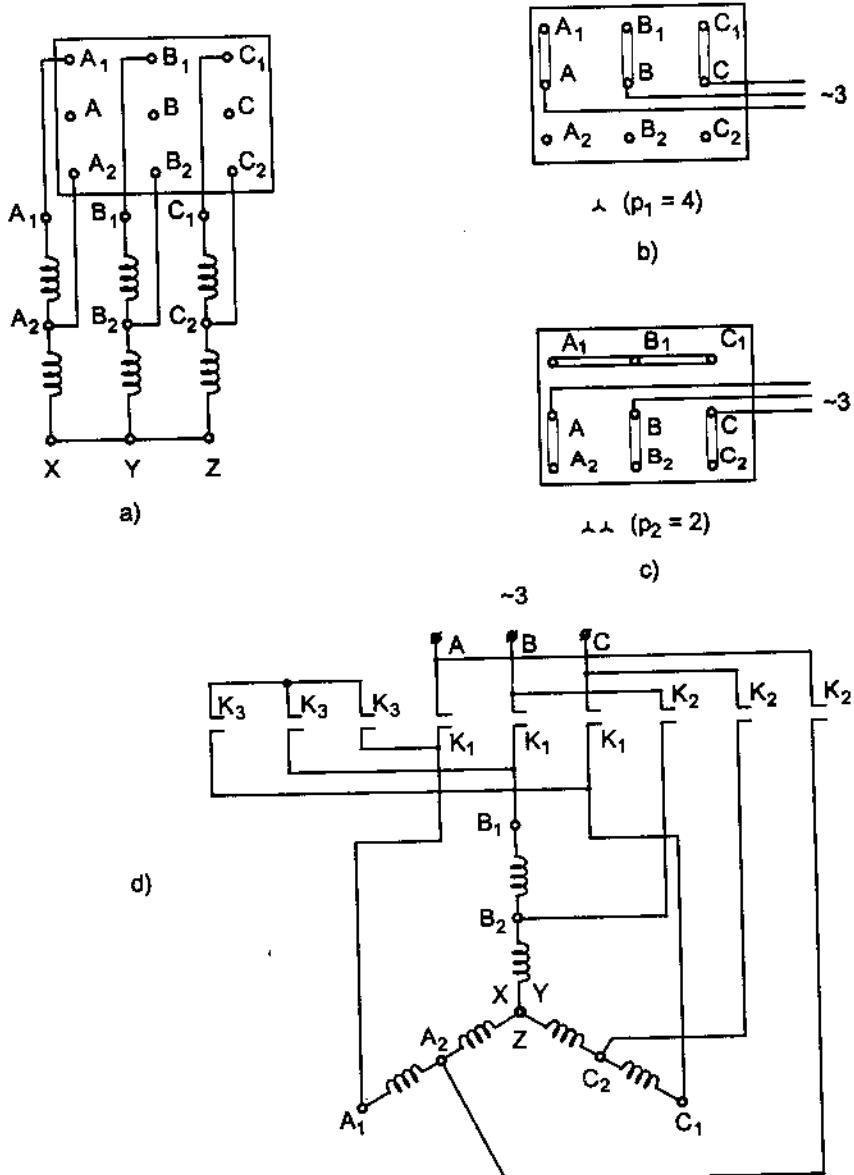
*Ví dụ 1* : Hình 4.53 là sơ đồ nguyên lý chuyển đổi cuộn dây stator có số đôi cực  $p_1 = 4$  (hình 4.53a) sang số đôi cực  $p_2 = 2$  (hình 4.53b) hoặc ngược lại. Tỉ lệ chuyển đổi là  $2 : 1$  với cách đổi nối là  $\lambda / \lambda \lambda$  (sao/sao kép). Khi đổi số đôi cực, mômen tối hạn được giữ nguyên (hình 4.53c).



Hình 4.53. Đổi nối số đôi cực theo tỉ lệ  $2 : 1$  và các đặc tính cơ tương ứng

Các đầu dây stator được đưa ra hộp đấu dây như hình 4.54a. Khi cần nối cố định theo hình  $\lambda$  để có số đôi cực  $p_1 = 4$ , các thanh nối được nối như hình 4.54b. Tốc độ đồng bộ của động cơ sẽ là  $n_{01} = 750$  vòng/ph. Khi cần nối cố định theo hình

λλ để có số dây cực  $p_2 = 2$ , các thanh nối được nối như hình 4.54e. Tốc độ đồng bộ tương ứng của động cơ là  $n_{02} = 1500$  vòng/ph.

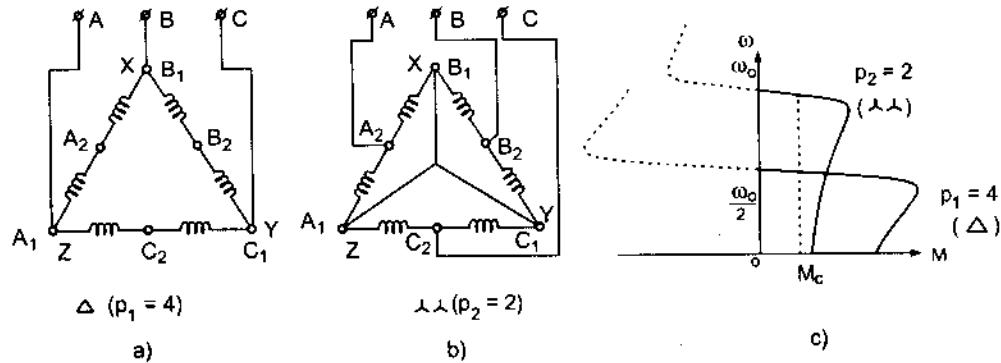


Hình 4.54. Cách nối λ và λλ ở hộp đấu dây và sơ đồ đổi nối λ λλ

Trường hợp cần chuyển đổi  $\lambda \leftrightarrow \lambda\lambda$  thì các đầu dây phải được nối qua các tiếp điểm công tắc tơ như hình d.

- Nối  $\lambda$  ( $p_1 = 4$ ) thì  $K_1$  đóng còn  $K_2$  và  $K_3$  mở.
- Nối  $\lambda\lambda$  ( $p_2 = 2$ ) thì  $K_1$  mở còn  $K_2$  và  $K_3$  đóng.

Ví dụ 2 : Hình 4.55 là sơ đồ nguyên lý chuyển đổi cuộn dây статор có số đôi cực  $p_1 = 4$  (hình a) sang số đôi cực  $p_2 = 2$  (hình b) hoặc ngược lại. Tỉ lệ chuyển đổi là 2 : 1. Đây là cách đổi nối  $\Delta/\lambda\lambda$  (tam giác/sao kép). Khi đổi số đôi cực thì độ trượt tối hạn được giữ nguyên nên đặc tính cơ có số đôi cực lớn sẽ cứng hơn.



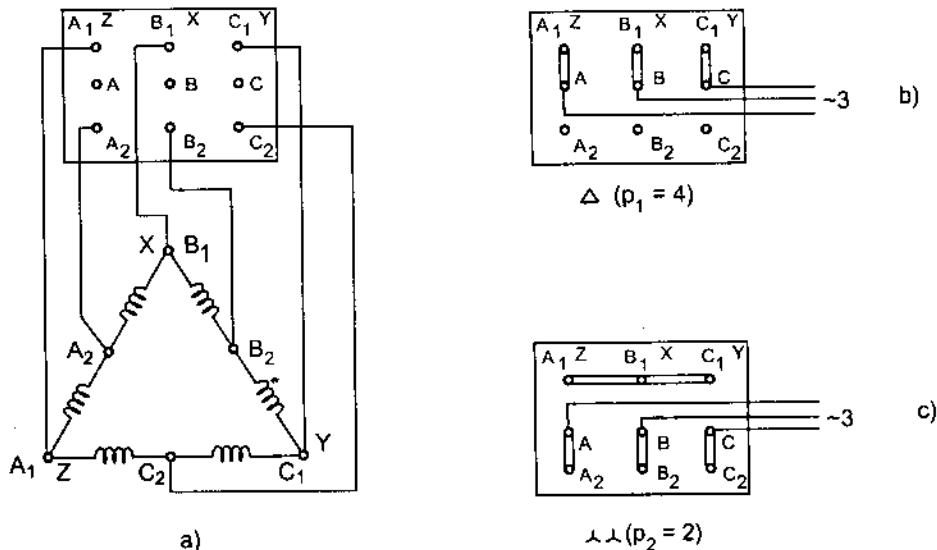
**Hình 4.55.** Đổi nối  $\Delta/\lambda\lambda$  theo tỉ lệ 2 : 1 và các đặc tính cơ tương ứng

a) Stato có số đôi cực  $p_1 = 4$ ; b) Stato có số đôi cực  $p_2 = 2$ ; c) các đặc tính cơ tương ứng

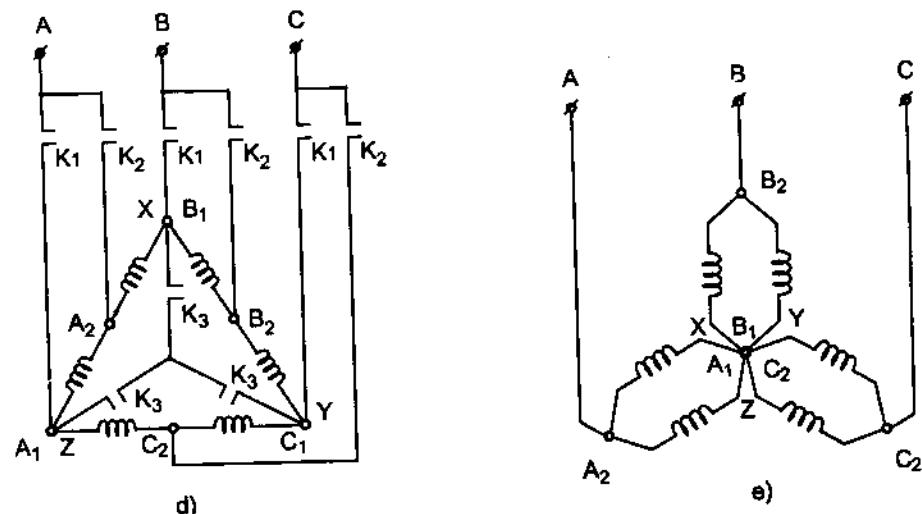
Cách nối dây ra hộp đấu dây như hình 4.56 a, b, c và việc đổi nối linh động sẽ được thực hiện qua các tiếp điểm công tắc tơ (hình 4.56d) :

- nối  $\Delta$  ( $p_1 = 4$ ) :  $K_1$  đóng ;  $K_2$  và  $K_3$  mở
- nối  $\lambda\lambda$  ( $p_2 = 2$ ) :  $K_1$  mở ;  $K_2$  và  $K_3$  đóng.

Khi nối  $\lambda\lambda$  các cuộn dây có sơ đồ như hình 4.56e.



**Hình 4.56.** Cách nối  $\Delta$  (a) và  $\lambda\lambda$  (b) ở hộp đấu dây và sơ đồ đổi nối  $\Delta/\lambda\lambda$  (c)



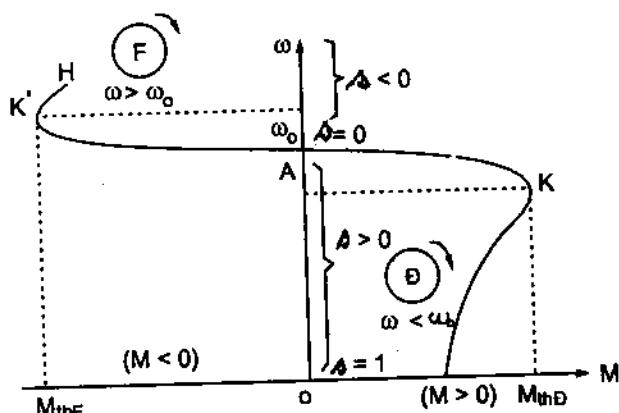
Hình 4.56. Cách nối  $\Delta$  (a) và  $\lambda/\lambda$  (b) ở hộp đấu dây và sơ đồ đổi nối  $\Delta/\lambda\lambda$  (c)

#### 4.6.4. Hấp điện động cơ KĐB

Động cơ KĐB cũng có các cách hấp điện tương tự như động cơ điện một chiều.

##### 4.6.4.1. Hấp tái sinh

Khi tốc độ động cơ vượt quá tốc độ đồng bộ  $\omega_0$  thì nó làm việc ở chế độ hấp tái sinh. Lúc này động cơ trở thành máy phát điện trả điện năng về lưới điện và tạo ra mômen hấp ngược chiều với chiều mà động cơ đang quay. Vì tốc độ lúc hấp lớn  $\omega > \omega_0$  nên hấp tái sinh không dùng để hấp dừng mà chỉ dùng trong trường hợp hấp giảm.

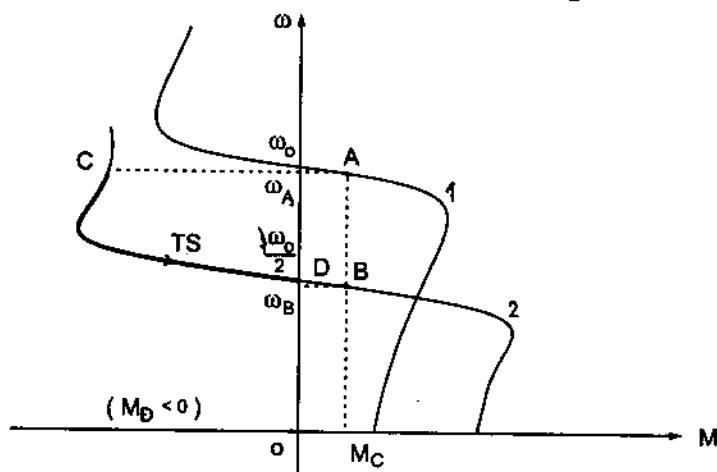


Hình 4.57. Đặc tính hấp tái sinh của động cơ KĐB

Do lúc hấp tái sinh  $\omega > \omega_0$  nên đoạn đặc tính hấp tái sinh AK'H (hình 4.57) nằm ở góc phần tư II ứng với độ trượt  $s < 0$  (xem biểu thức 4.21).

Đường truyền năng lượng khi hấp tái sinh động cơ KĐB như hình 4.23.

*Ví dụ 1:* Động cơ KĐB hai cấp tốc độ trong ví dụ 2 mục 4.6.3.4 đang chạy ở tốc độ cao  $\omega_A$  tại điểm A trên đặc tính 1 khi cuộn staton nối  $\lambda\lambda$  (hình 4.58) thì được giảm tốc nhờ đổi nối  $\lambda\lambda \rightarrow \Delta$ . Tốc độ đồng bộ từ  $n_{01} = 1500 \text{ v}\bar{g}/\text{ph}$  ( $p_1 = 2$ ) giảm còn  $n_{02} = 750 \text{ v}\bar{g}/\text{ph}$  ( $p_2 = 4$ ). Động cơ nhảy điểm làm việc từ A sang C trên đặc tính 2 và phát điện trả về lưới vì  $\omega_A = \omega_C > (\omega_0/2)$ . Cơ năng mà hệ đang có biến đổi thành điện năng. Momen động cơ âm và động cơ giảm tốc theo đoạn CD (nét đậm). Đoạn CD là đoạn động cơ hâm tái sinh. Tốc độ động cơ giảm kéo theo momen hâm giảm. Khi  $\omega_D = \frac{\omega_0}{2}$  (điểm D) thì  $M_D = 0$ . Do  $M_C > 0$  nên động cơ tiếp tục giảm tốc xuống thấp hơn tốc độ đồng bộ  $\omega_0/2$  trên đoạn DB. Lúc này động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ và momen tăng khi tốc độ giảm. Đến điểm B thì  $M_D = M_C$  và động cơ quay ổn định với tốc độ nhỏ  $\omega_B$ .



Hình 4.58. Quá trình hâm tái sinh khi giảm tốc

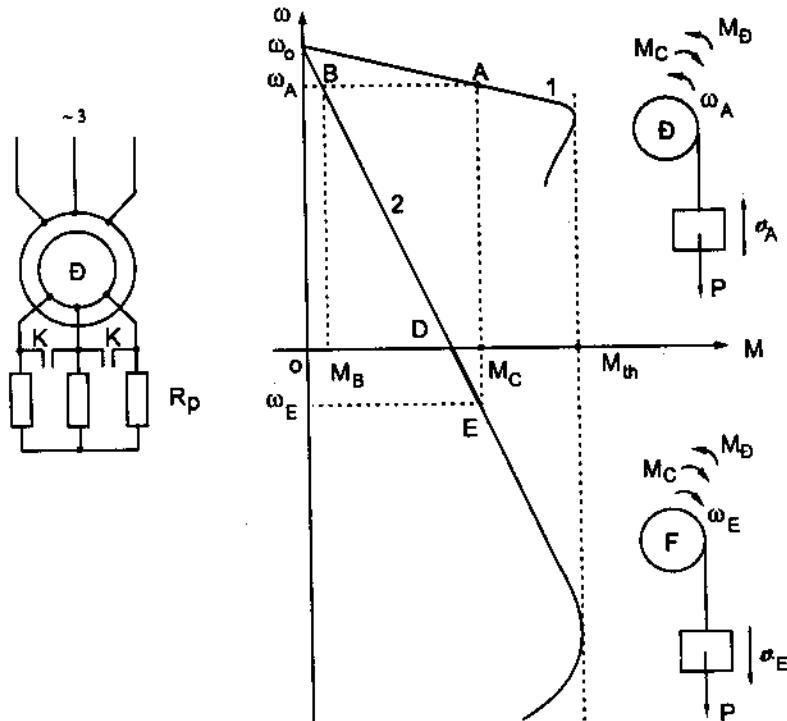
#### 4.6.4.2. Hâm ngược

##### a) Hâm ngược nhờ thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng

Phương pháp này chỉ áp dụng cho động cơ rôto dây cuốn truyền động các cơ cầu nâng - hạ. Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 ở góc phản ứng I để nâng tải với tốc độ  $\omega_A$  (hình 4.59). Lúc này các tiếp điểm K đóng. Để dừng vật và hạ xuống, động cơ được nối thêm điện trở phụ  $R_p$  vào mạch phản ứng nhờ mở các tiếp điểm K (công tắc từ K thôi tác động). Đặc tính cơ tương ứng là đặc tính 2 rất dốc.

Động cơ chuyển điểm làm việc từ A trên đường 1 sang B trên đường 2 với cùng tốc độ  $\omega_A$ . Bây giờ momen động cơ  $M_D = M_B < M_C$  nên động cơ giảm tốc độ. Vật vẫn được nâng lên với tốc độ nhỏ dần. Điểm làm việc của động cơ dịch từ B xuống D theo đặc tính 2. Đến D thì  $\omega = 0$  và vật dừng lại. Do tải trọng gây momen

$M_C > M_D$  nên vật bắt đầu tụt xuống. Chiều quay  $\omega$  đảo lại ( $\omega < 0$ ). Động cơ vẫn sinh mômen dương nhưng vì  $M_D < M_C$  nên vật vẫn tiếp tục tụt xuống và lúc này động cơ làm việc ở trạng thái hãm ngược. Đặc tính hãm ngược nằm ở góc phần tư IV. Điểm làm việc khi hãm của động cơ chuyển dịch theo đặc tính hãm từ D tới E. Tại E thì  $M_D = M_E = M_C$  và động cơ quay đều, hãm ghìm vật để hạ vật xuống đều với tốc độ  $\omega_E$ .



Hình 4.59. Đặc tính hãm ngược khi thêm điện trở phụ vào mạch phanh ứng

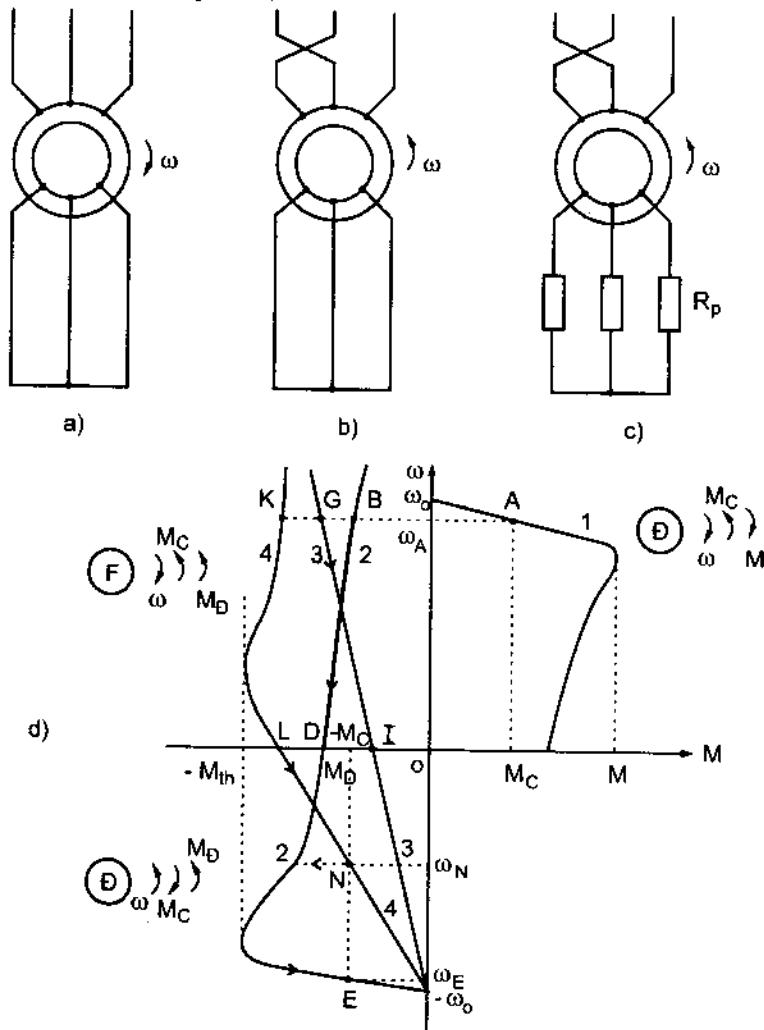
Ở chế độ này, mômen động cơ sinh ra là mômen cản chuyển động xuống của vật còn mômen tải trọng là mômen gây ra chuyển động xuống. Động cơ làm việc ở chế độ máy phát điện.

#### b) Hãm ngược nhờ đảo chiều quay

Giả sử, động cơ KDB rôto dây quấn đang đóng điện quay thuận (hình 4.60a) làm việc với tải có mômen phản kháng tại điểm A trên đặc tính cơ tự nhiên 1 (hình 4.60d). Để hãm máy, động cơ được đảo chiều quay nhờ đảo chổi 2 trong 3 pha (hình 4.60b) cấp điện cho stator.

Động cơ chuyển điểm làm việc từ A trên đặc tính cơ 1 sang B trên đặc tính cơ 2 với cùng tốc độ  $\omega_A$  (do quán tính cơ). Quá trình hãm nối ngược bắt đầu. Khi tốc độ động cơ giảm theo đặc tính 2 tới điểm D thì  $\omega = 0$ . Lúc này nếu cắt điện thì động cơ sẽ dừng. Đoạn hãm ngược ( $M_D < 0, \omega_D > 0$ ) là BD. Nếu không cắt điện khi  $\omega = 0$

thì như trường hợp ở hình 4.60d, động cơ có mômen  $M_D > M_C$  nên bắt đầu tăng tốc, mờ máy quay ngược lại theo đặc tính cơ 2 và làm việc ổn định tại điểm E với tốc độ  $\omega_E$  theo chiều ngược lại.



**Hình 4.60.** Sơ đồ nối dây (a, b, c) và đặc tính h้าm ngược (d)  
khi h้าm ngược động cơ KDB nhờ đảo chiều quay

Khi động cơ h้าm ngược theo đặc tính cơ 2, điểm B ứng với mômen (âm) trị số nhỏ nên tác dụng h้าm không hiệu quả. Thực tế, phải tăng cường mômen h้าm ban đầu ( $M_h \sim 2,5 M_{dm}$ ) nhờ vừa đảo chiều quay của từ trường stato, vừa đưa thêm điện trở vào mạch rôto để động cơ h้าm ngược theo đặc tính 4 (đoạn KL) với mômen h้าm ban đầu  $M_K$  dù lớn. Tới điểm L thì  $\omega = 0$ . Lúc này nếu cắt điện thì động cơ sẽ dừng. Nếu không cắt điện thì động cơ sẽ tăng tốc theo chiều ngược lại tới điểm N. Nếu lúc này lại cắt điện trở phụ thì động cơ sẽ chuyển diem làm việc sang đặc tính cơ 2 và tăng tốc tiếp tới điểm E.

Trường hợp điện trở phụ  $R_p$  quá lớn, động cơ có đặc tính 3 khi hãm nổi ngược thì quá trình hãm kết thúc tại điểm I. Động cơ không thể tăng tốc chạy ngược vì  $|M_I| < |M_C|$ .

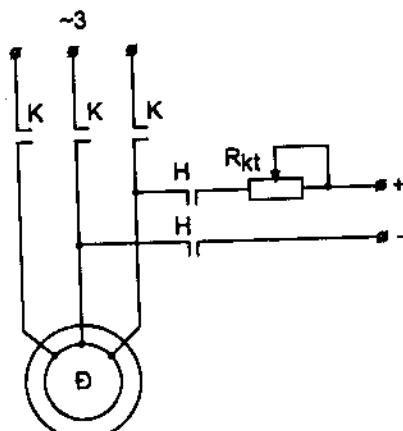
Đường truyền năng lượng khi hãm ngược động cơ KDB như hình 4.26.

#### 4.6.4.3. Hãm động năng

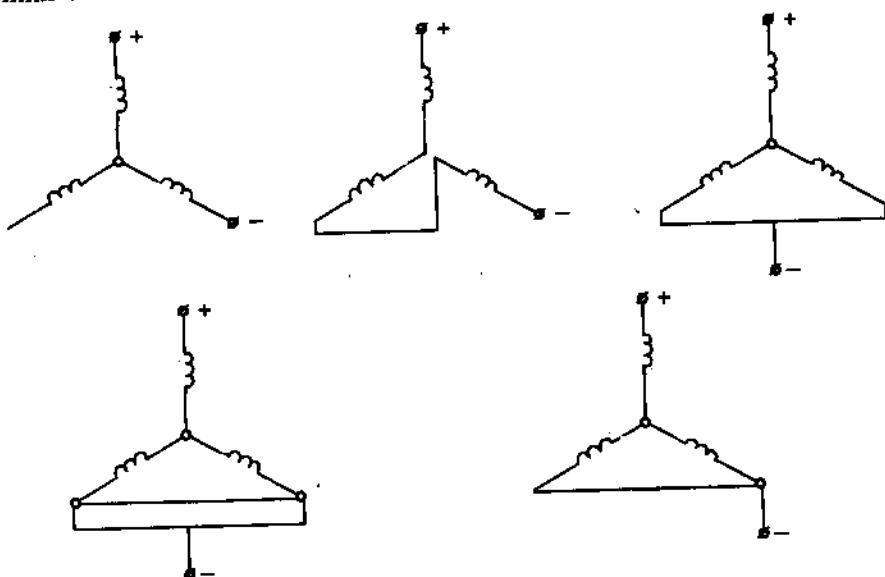
##### a) Hãm động năng kích từ độc lập (hay kích từ ngoài)

Để hãm động năng kích từ độc lập một động cơ KDB đang làm việc ở chế độ động cơ, ta phải cắt stator ra khỏi lưới điện xoay chiều (mở các tiếp điểm K) rồi cấp vào stator dòng điện một chiều để kích từ (đóng các tiếp điểm H). Thay đổi dòng kích từ nhờ  $R_{kt}$  (hình 4.61).

Vì cuộn stator là 3 pha nên khi cấp kích từ một chiều phải tiến hành nối nối và có thể thực hiện theo một trong các sơ đồ ở hình 4.62.

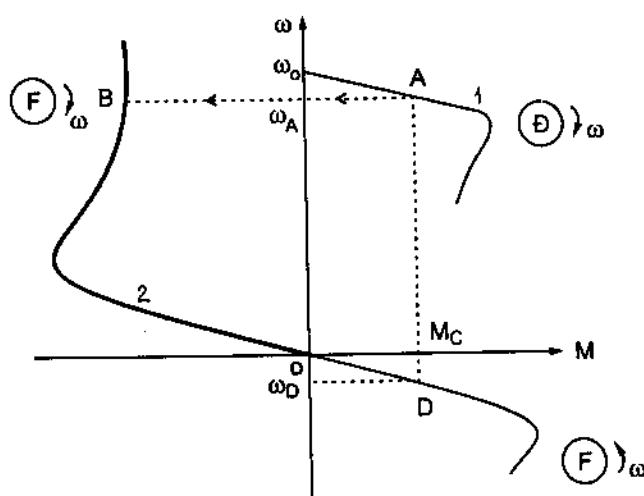


Hình 4.61. Sơ đồ nguyên lý nối dây để hãm động năng kích từ độc lập động cơ KDB



Hình 4.62. Các cách nối cuộn cảm 3 pha stator khi cấp kích từ độc lập để hãm động năng động cơ KDB

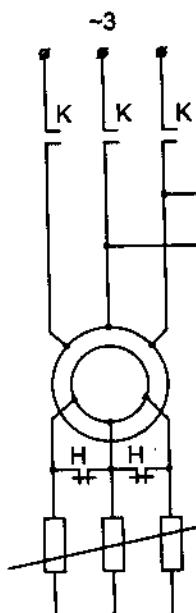
Do động năng tích lũy, rôto tiếp tục quay trong từ trường một chiều vừa được tạo ra. Trong các cuộn dây phản ứng xuất hiện một dòng điện cảm ứng. Lực từ trường tác dụng vào dòng điện cảm ứng sẽ tạo ra mômen hãm và rôto quay chậm dần. Động cơ làm việc ở chế độ máy phát điện. Động năng của hệ qua động cơ sẽ biến



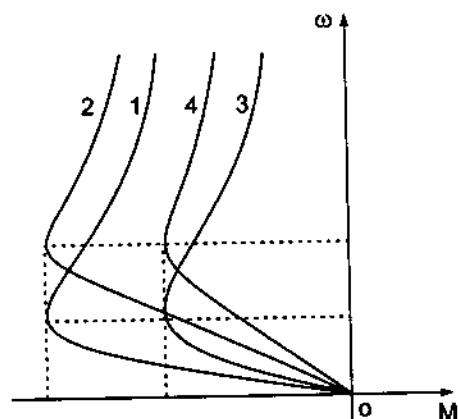
Hình 4.63. Đặc tính hăm động năng kích từ độc lập động cơ xoay chiều KDB.

điểm O, động cơ sẽ dừng nếu tải là phản kháng. Nếu tải có tính chất thế năng thì động cơ sẽ bị kéo quay ngược, ổn định tại điểm D (góc phản tư IV).

Điện trở mạch rôto và dòng kích từ cấp cho stato lúc hăm động năng có ảnh hưởng tới dạng đặc tính cơ khi hăm. Thay đổi điện trở hăm ở mạch rôto theo sơ đồ hình 4.64.



Hình 4.64. Sơ đồ nguyên lý nối dây động cơ KDB khi hăm động năng kích từ độc lập



Hình 4.65. Các đặc tính cơ khi hăm động năng kích từ độc lập động cơ KDB

Trên hình 4.65, đường đặc tính hăm 1 và 2 ứng với cùng một dòng kích từ ( $I_{kt1} = I_{kt2}$ ) nhưng điện trở hăm trong mạch rôto khác nhau ( $R_{h1} < R_{h2}$ ).

đổi thành điện năng tiêu thụ trên điện trở ở mạch rôto (diện trở cuộn ống và điện trở nối thêm vào mạch phản ứng nếu có).

Giả sử trước khi hãm, động cơ làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 (hình 4.63) thì khi hãm động năng, động cơ chuyển sang làm việc tại điểm B trên đặc tính hãm động năng 2 ở góc phản tư II (hình 4.63).

Tốc độ động cơ giảm dần theo đặc tính hãm về 0 theo đoạn BO. Tại

Đường đặc tính hăm 3 và 4 có dòng kích từ nhỏ hơn đặc tính hăm 1 và 2 ( $I_{kt3} = I_{kt4} < I_{kt1} = I_{kt2}$ ) và ứng với điện trở hăm khác nhau trong mạch rôto ( $R_{h3} < R_{h4}$ ).

Các đặc tính hăm 1 và 3 ứng với các dòng kích từ khác nhau ( $I_{kt1} > I_{kt3}$ ) nhưng cùng một giá trị điện trở hăm ( $R_{h1} = R_{h3}$ ).

#### b) Hăm động năng tự kích từ

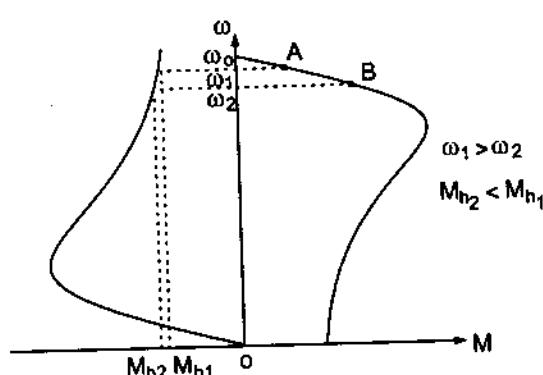
Trong cách hăm động năng tự kích từ độc lập (hay kích từ ngoài), từ trường lúc hăm được tạo ra nhờ nguồn một chiều bên ngoài và có giá trị không đổi. Trong cách hăm động năng tự kích từ, từ trường lúc hăm được tạo ra do chính dòng điện cảm ứng của phần ứng. Dòng cảm ứng xoay chiều sẽ được chỉnh lưu rồi cấp lại kích từ qua điện trở hạn chế. Từ trường hăm sẽ yếu dần khi tốc độ động cơ giảm (vì s.d.d. cảm ứng giảm).

#### 4.6.4.4. Hăm động cơ KDB bằng tụ điện

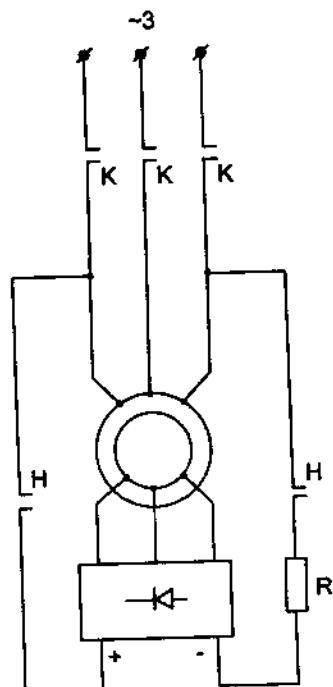
Thông thường để dừng nhanh một động cơ KDB hoặc để giảm tốc độ trước khi cần dừng chính xác, người ta thường sử dụng các dạng hăm :

- Hăm điện : hăm động năng, hăm nối ngược ;
- Hăm cơ : phanh điện cơ.

Trong kĩ thuật cũng sử dụng phổ biến phương pháp hăm bằng tụ điện đối với các động cơ KDB công suất nhỏ nhằm : dừng nhanh, rút ngắn hành trình hăm, nâng cao độ chính xác khi dừng. Phương pháp này cho kết quả tốt hơn các phương pháp hăm đã nêu ở trên.



Hình 4.67. Hăm động năng cho mômen hăm nhỏ ở vùng tốc độ cao



Hình 4.66. Sơ đồ nguyên lý mạch hăm động năng tự kích từ động cơ KDB

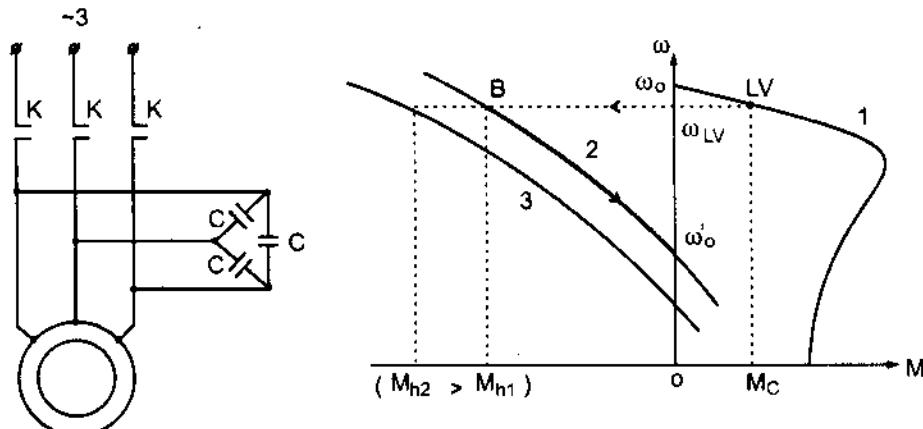
Hăm động năng là nhờ cấp dòng một chiều vào stator động cơ khi đã cắt động cơ ra khỏi lưới điện. Dòng một chiều có thể được cấp từ một nguồn bên ngoài (hăm kích từ độc lập) hoặc được cấp từ chính dòng điện cảm ứng khi hăm (hăm tự kích từ). Phương pháp này tạo ra mômen hăm ban đầu không lớn ở vùng tốc độ cao (xem hình 4.67).

Hăm nối ngược nhờ đảo chéo 2 trong 3 pha và lúc sắp dừng

thì cắt động cơ ra khỏi lưới điện sẽ khó đảm bảo dừng chính xác do tác động của role kiểm tra tốc độ. Phương pháp này không dùng khi động cơ phải đóng - cắt nhiều lần vì gây ra đốt nóng mạnh trong cuộn dây động cơ.

Hãm cơ học ở tốc độ cao sẽ gây ra mài mòn mạnh ở chốt phanh và cũng không cho kết quả dừng chính xác theo yêu cầu.

Hình 4.68 trình bày sơ đồ nguyên lý nối động cơ để hãm bằng tụ điện. Các tụ điện nối  $\Delta$  được mắc song song với động cơ và chúng được nạp điện đầy khi động cơ làm việc tại điểm làm việc LV (hình 4.69) trên đặc tính cơ 1.



Hình 4.68. Sơ đồ nguyên lý nối động cơ  
khi hãm bằng tụ điện

Hình 4.69. Đặc tính cơ khi hãm  
bằng tụ điện ở cả 3 pha

Khi cắt động cơ ra khỏi lưới điện thì các tụ điện sẽ phóng điện và tạo ra từ trường quay với tốc độ không tải lí tưởng  $\omega'_0$  thấp hơn nhiều so với tốc độ không tải lí tưởng  $\omega_0$  của đặc tính cơ 1. Do tốc độ  $\omega_{LV}$  lớn hơn nhiều  $\omega'_0$  nên động cơ chuyển sang hãm tái sinh tại điểm B trên đặc tính cơ 2. Tốc độ động cơ giảm nhanh theo đường đặc tính 2 xuống tốc độ  $\omega'_0$ . Trí số điện dung của tụ điện càng lớn thì mômen hãm ban đầu càng lớn và tốc độ không tải lí tưởng  $\omega'_0$  càng nhỏ (đường đặc tính 3), nghĩa là quá trình hãm kéo xuống đến tốc độ thấp hơn, hãm hiệu quả hơn.

Giá trị điện dung của tụ điện cần chọn sao cho dòng điện hãm ban đầu không vượt quá dòng điện mở máy. Với sơ đồ ở hình 4.68 thì

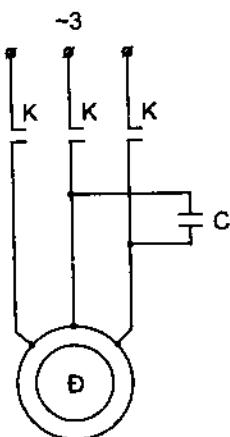
$$C = 3185k \frac{I_{th}}{U_{dm}}, [\mu F] \quad (4.35)$$

trong đó :  $I_{th}$  - dòng từ hóa một pha của động cơ, A ;

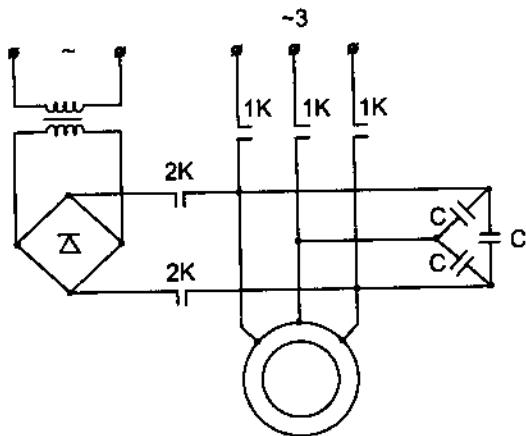
$U_{dm}$  - điện áp dây định mức, V ;

k - hệ số quyết định mômen hãm hay dòng điện hãm ban đầu, thường chọn  $k = 4 \div 6$

Quá trình hãm bằng tụ điện sẽ kết thúc khi tốc độ giảm còn  $(30 \div 40)\%$  giá trị tốc độ định mức và lúc này động cơ đã bị tiêu hao tới  $3/4$  cơ năng dự trữ được khi làm việc. Để dừng hoàn toàn động cơ có thể dùng phanh.



Hình 4.70. Nguyên lý nối dây hầm động cơ KDB bằng tụ điện theo sơ đồ một pha



Hình 4.71. Hầm bằng tụ điện kết hợp với hầm động năng.

Có thể hầm bằng tụ điện theo sơ đồ một pha đơn giản như hình 4.70. Trường hợp này, muốn hiệu lực hầm như sơ đồ ba pha ở hình 4.68 thì phải chọn điện dung của tụ điện gấp 2,1 lần điện dung tĩnh theo (4.35).

Để khắc phục thiếu sót cơ bản của phương pháp hầm bằng tụ điện là không hầm đến lúc động cơ dừng hoàn toàn, ta có thể sử dụng cách kết hợp hầm bằng tụ điện với hầm động năng như sơ đồ hình 4.71. Khi kết thúc hầm bằng tụ điện thì đóng công tắc tơ 2K để cấp điện một chiều cho hầm động năng.

## CÂU HỎI CHƯƠNG 4

- Động cơ điện một chiều làm việc trên nguyên lý nào ?
- Nêu cấu tạo cơ bản của một động cơ điện một chiều ? Phân loại ?
- Từ phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập, hãy nêu ảnh hưởng của các thông số điện tới đặc tính cơ ?
- Vận hành động cơ điện một chiều kích từ độc lập (hoặc song song) như thế nào ?
- Động cơ điện xoay chiều KDB làm việc trên nguyên lý nào ?
- Nêu cấu tạo cơ bản của một động cơ KDB ? Phân loại ?
- Từ phương trình đặc tính cơ của động cơ KDB, hãy nêu ảnh hưởng của các thông số điện tới đặc tính cơ ?
- Vận hành động cơ điện KDB như thế nào ?

## THỰC HÀNH

- Lắp mạch đảo chiều quay cho 1 động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoạt động. Thay đổi tốc độ động cơ nhờ thay đổi điện áp đặt vào phần ứng và phần cảm. Giải thích trên các đường đặc tính cơ tương ứng.
- Lắp mạch có đảo chiều quay cho 1 động cơ điện KDB rôto lồng sóc hoạt động. Thay đổi tốc độ động cơ nhờ bộ biến tần.
- Lắp mạch có đảo chiều quay cho 1 động cơ điện KDB rôto dây quấn. Thay đổi tốc độ động cơ nhờ nối điện trở phụ ở mạch phần ứng. Giải thích trên các đặc tính cơ tương ứng.

## *Chương 5*

### **CÁC MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN THƯỜNG GẶP**

Chức năng cơ bản của một hệ thống điều khiển tự động truyền động điện (ĐKTĐ TĐĐ) là điều khiển tự động quá trình mở máy, hãm máy, đảo chiều quay, điều chỉnh tốc độ hoặc điều khiển cho máy làm việc theo một chương trình định sẵn nào đó.

Một hệ thống ĐKTĐ TĐĐ có thể sử dụng các phần tử có tiếp điểm cũng như không tiếp điểm.

Để đảm bảo ĐKTĐ một quá trình (mở máy, hãm máy, đảo chiều quay, điều tốc...) theo một quy luật bắt buộc hoặc đã định sẵn, người ta thường sử dụng một số nguyên tắc điều khiển như theo thời gian, theo dòng điện, theo tốc độ, theo vị trí v.v...

Trong các sơ đồ ĐKTĐ TĐĐ, ngoài việc điều khiển hệ thống làm việc theo yêu cầu đề ra (quy định bởi đối tượng điều khiển, công nghệ...) còn cần phải đảm bảo sự vận hành an toàn cho máy móc, thiết bị, lưới điện. Do vậy, trong các sơ đồ luôn có các mạch bảo vệ để phòng các trường hợp sự cố không cho tiếp tục diễn biến xấu, gây hỏng máy móc, thiết bị. Đồng thời cũng có cả các mạch tín hiệu để báo sự cố sẽ xảy ra hoặc đã xảy ra hoặc thông báo sự hoạt động của mạch.

Sau đây là một số sơ đồ thường gặp.

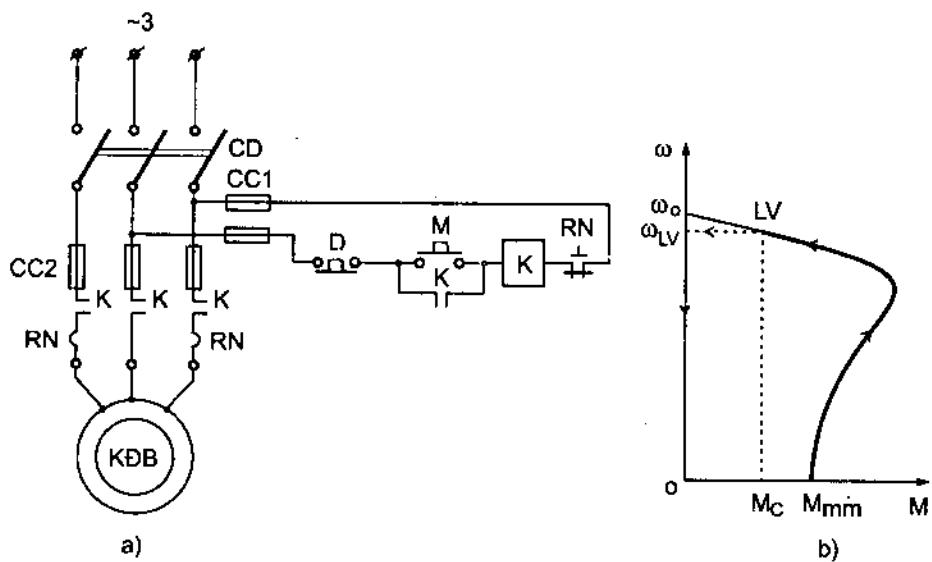
**Sơ đồ 1.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc quay một chiều, mở máy trực tiếp (hình 5.1).

Đây là sơ đồ điều khiển đơn giản nhất và có thể dùng chỉ một khởi động từ đơn.

Sau khi đóng cầu dao CD, ấn nút M, công tắc tơ K có điện, tác động sẽ đóng mạch lực cấp điện cho động cơ để mở máy trực tiếp với toàn bộ điện áp lưới. Động cơ tăng tốc theo đặc tính tự nhiên tới điểm làm việc LV. Tiếp điểm K song song với nút M để tự duy trì điện cấp cho cuộn hút K khi thõi ấn nút M. Mạch tiếp điểm K này là mạch tự duy trì hay mạch nhó.

Muốn dừng, ấn nút D để cắt điện cuộn K. Các tiếp điểm K ở mạch lực mở ra. Động cơ bị cắt điện và dừng tự do. Điểm làm việc chuyển về trực tung và dưới tác dụng của lực cản, tốc độ giảm về 0 theo trực tung.

Động cơ được bảo vệ quá tải bằng role nhiệt RN. Khi quá tải vượt mức cho phép (thường chinh định  $I_{ch.d} = (1,2 + 1,3) I_{dm}$ ), role nhiệt tác động và mở tiếp điểm thường đóng RN để cắt điện cuộn hút K. Sau khi xử lý sự cố, phải ấn lại nút phục hồi thì mới mở máy lại cho động cơ được.



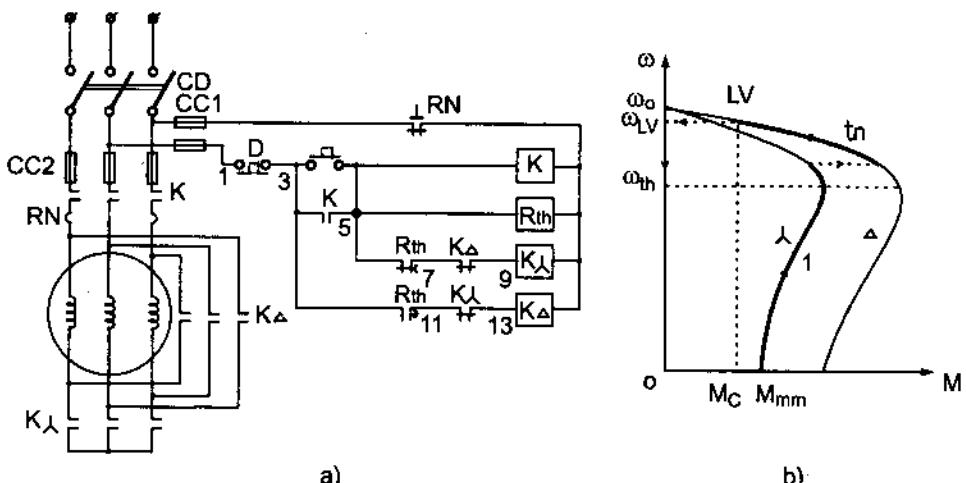
**Hình 5.1.** Sơ đồ điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc quay một chiều, mở máy trực tiếp (a) và đặc tính cơ khi mở máy (b)

Mạch lực và mạch điều khiển được bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chìa.

Sơ đồ còn có tác dụng bảo vệ điện áp thấp và bảo vệ điện áp không. Khi điện áp tụt còn  $(60 \div 85)\% U_{dm}$  hay mất điện ngẫu nhiên thì cuộn hút K nhả và sơ đồ quay về trạng thái ban đầu. Sau đó dù điện lưới được phục hồi thì động cơ cũng không thể tự chạy lại. Muốn chạy lại động cơ, phải ấn nút M.

**Sơ đồ 2.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc quay một chiều, mở máy giảm áp nhờ đổi nối  $\lambda \rightarrow \Delta$  (hình 5.2).

Sơ đồ này chỉ sử dụng cho các động cơ làm việc bình thường ở cách nối  $\Delta$ .



**Hình 5.2.** Sơ đồ điều khiển động cơ KDB đổi nối  $\lambda - \Delta$  lúc mở máy (a) và đặc tính cơ lúc mở máy (b)

Sau khi đóng cầu dao CD, nhấn nút M, công tắc tơ K, rơle thời gian RTh và công tắc tơ  $K_{\Delta}$  có điện. Stato động cơ được nối  $\Delta$  qua các tiếp điểm  $K_{\Delta}$  và mắc vào lưới qua các tiếp điểm K. Động cơ mờ máy với điện áp pha giảm  $\sqrt{3}$  lần so với định mức và tăng tốc theo đặc tính cơ 1. Sau thời gian chỉnh định đủ để động cơ tăng tốc vượt qua tốc độ tối hạn của đặc tính 1 thì rơle RTh tác động. Tiếp điểm  $R_{th}$  (5-7) mở ra, cắt điện công tắc tơ K và tiếp điểm RTh (3-11) đóng lại, cấp điện cho công tắc tơ  $K_{\Delta}$ . Cuộn dây stato chuyển sang nối  $\Delta$  để làm việc ở điện áp định mức. Động cơ chuyển điểm làm việc từ đặc tính 1 sang đặc tính tự nhiên và tiếp tục tăng tốc tối điểm làm việc LV. Quá trình mở máy kết thúc.

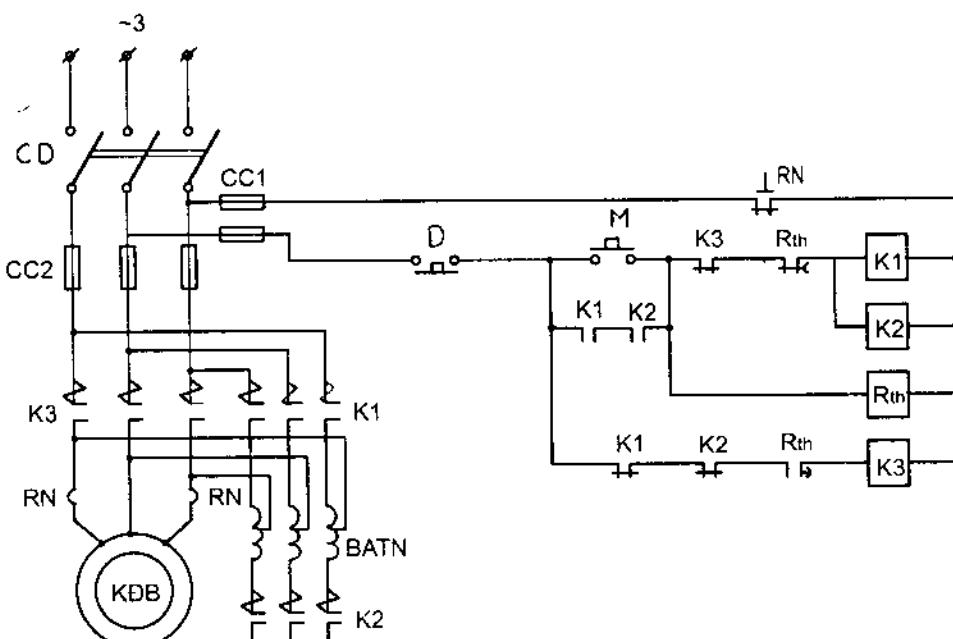
Khi dừng, nhấn nút D. Động cơ dừng tự do. Quá trình giải thích như sơ đồ 1.

Các bảo vệ của sơ đồ cũng như sơ đồ 1, gồm bảo vệ khỏi quá tải, ngắn mạch, điện áp thấp và điện áp không. Ngoài ra, để tránh 2 công tắc tơ  $K_{\Delta}$  và  $K_{\Delta}$  tác động đồng thời sẽ gây ra ngắn mạch giữa các pha, các cuộn dây công tắc tơ được khóa chéo về điện, nghĩa là : tiếp điểm thường đóng của công tắc tơ này được gửi vào mạch cuộn hút của công tắc tơ kia và ngược lại. Ngoài ra, chính 2 trạng thái tiếp điểm đối lập (thường đóng và thường mở) của rơle RTh nằm trong 2 mạch cuộn dây  $K_{\Delta}$  và  $K_{\Delta}$  cũng góp phần loại trừ sự làm việc đồng thời của 2 công tắc tơ này.

Sơ đồ 2 là sơ đồ điều khiển theo nguyên tắc thời gian.

**Sơ đồ 3.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc quay một chiều, mở máy qua biến áp tự ngẫu (hình 5.3).

Hoạt động của sơ đồ này không khác nhiều so với sơ đồ 2. Điện áp lúc mở máy thay đổi theo một cấp, đặt ở máy BATN sao cho  $U_{mm} < U_{dm}$ .

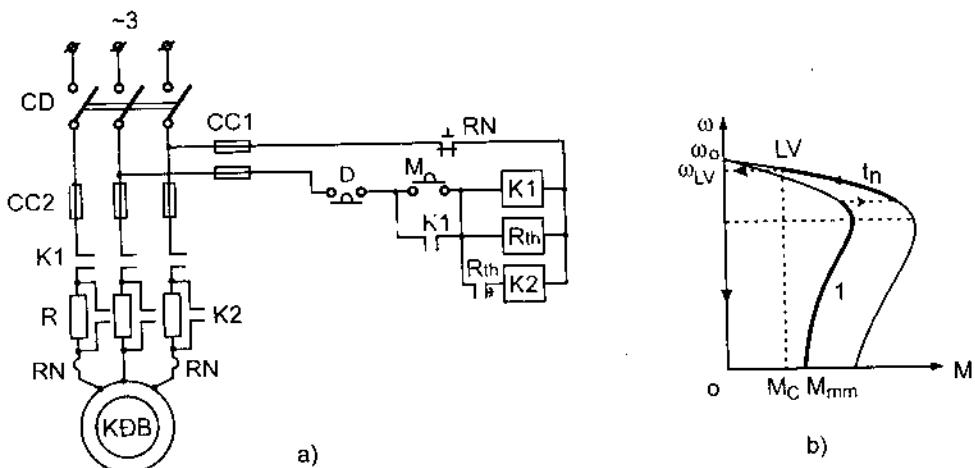


Hình 5.3. Sơ đồ mở máy động cơ KDB bằng máy BATN

Các bảo vệ của mạch tương tự như sơ đồ 2.

**Sơ đồ 4.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc, mở máy qua một cấp điện trở phụ mắc ở mạch stato (hình 5.4).

Do có điện trở phụ ở mạch stato lúc mở máy, dòng điện stato bị giảm và mômen mở máy giảm.



Hình 5.4. Sơ đồ mở máy động cơ KDB nhờ nối điện trở phụ ở mạch stato

Khi ấn nút M, công tắc từ K<sub>1</sub> có điện sẽ nối mạch stato của động cơ vào lưới điện qua điện trở R. Động cơ mở máy theo đặc tính cơ 1. Sau thời gian chỉnh định của rơle thời gian RTh (để tốc độ động cơ vượt qua tốc độ tối hạn) thì RTh tác động nối điện cho công tắc từ K<sub>2</sub>, loại bỏ điện trở R ra khỏi mạch stato. Động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính tự nhiên t<sub>n</sub> và tiếp tục tăng tốc độ làm việc  $\omega_{LV}$  ứng với mômen cản M<sub>C</sub>. Quá trình mở máy kết thúc.

Các bảo vệ của mạch tương tự như sơ đồ hình 5.1.

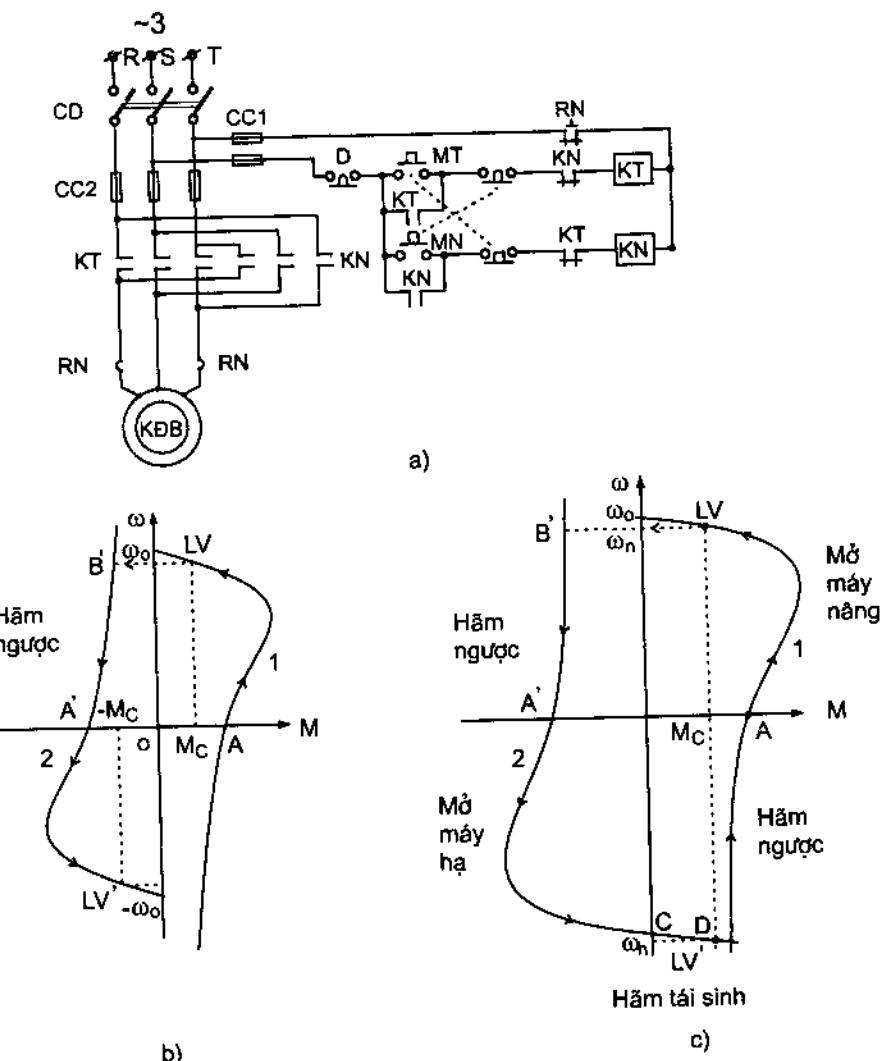
**Sơ đồ 5.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc quay 2 chiều, mở máy trực tiếp (hình 5.5).

Khi ấn nút MT, công tắc từ KT có điện sẽ tác động và nối mạch lực cấp điện cho động cơ quay thuận. Động cơ mở máy quay thuận theo đặc tính cơ 1 từ điểm A tới điểm làm việc LV.

Muốn dừng, ấn nút D. Động cơ dừng tự do.

Khi ấn nút MN, công tắc từ KN tác động, nối mạch lực có đảo chỗ 2 pha R và T để động cơ quay ngược và mở máy quay ngược theo đặc tính cơ 2 từ A' tới LV'.

Trường hợp động cơ đang quay thuận mà ấn ngay nút MN, động cơ sẽ chuyển từ đặc tính cơ 1 sang đặc tính cơ 2 và hẫm nổi ngược theo đoạn đặc tính cơ 2 ở góc phản từ II (hình 5.5b). Khi tốc độ về 0 (điểm A') thì động cơ tăng tốc mở máy chạy ngược tới điểm làm việc LV'.



Hình 5.5. Điều khiển động cơ KDB quay 2 chiều.

Để tránh ngắn mạch 2 pha R và T khi cả hai công tắc từ KT và KN cùng có điện, mạch điều khiển cuộn KT và KN được khóa chéo :

- Khóa chéo về điện : tiếp điểm thường đóng KT gửi vào mạch cuộn KN và ngược lại.
- Khóa chéo về cơ : nhờ nút ấn liên động (đường nét đứt ở mạch điều khiển hình 5.5a). Khi ấn nút thường mở MT để đóng mạch cuộn KT cho động cơ quay thuận thì đồng thời nút ấn thường đóng liên động với nó ở mạch cuộn KN mở ra để không cho cuộn KN có điện. Tương tự như vậy, nút thường đóng liên động với nút thường mở MN được gửi vào mạch cuộn KT.

Trường hợp của sơ đồ 5 mà động cơ kéo.máy nâng - hạ thì khi nâng (ấn MT), động cơ mờ máy nâng vật theo đặc tính cơ 1 từ A tới LV (hình 5.5c). Nếu ấn ngay

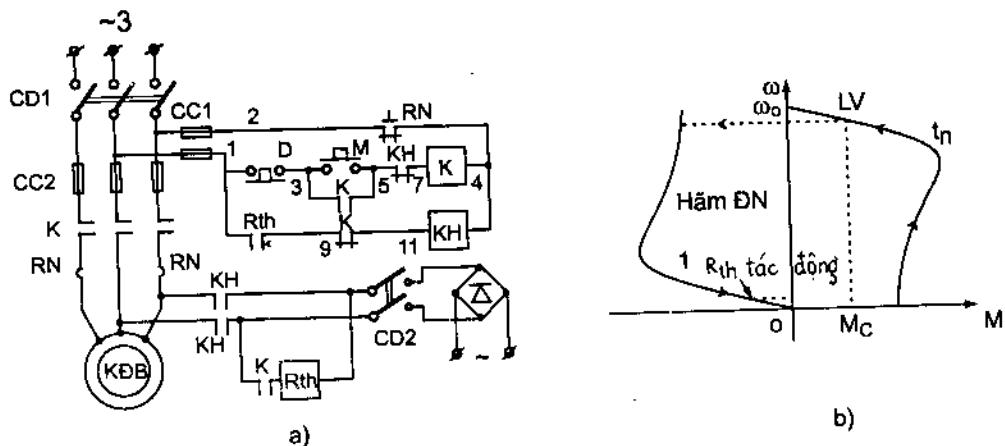
MN, động cơ chuyển diem làm việc từ LV (trên đặc tính 1) sang B' (trên đặc tính 1) quay ngược 2). Động cơ thực hiện hâm nổi ngược và giảm tốc từ B' tới A'.

Tại A' thì  $\omega = 0$ , vật dừng lại và sau đó động cơ tăng tốc hạ vật theo đặc tính cơ 2.

Do tải thê năng, động cơ sẽ chuyển diem làm việc tới LV'. Đoạn CD trên đặc tính 2 là đoạn hâm tái sinh. Động cơ hâm ghìm cho vật xuống đều với tốc độ hạ  $\omega_h$ .

**Sơ đồ 6.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc quay một chiều, mở máy trực tiếp, hâm động năng (hình 5.6).

Khi án nút M, công tắc K tác động, nối động cơ vào lưới để mở máy trực tiếp. Đồng thời các tiếp diem K cũng đóng mạch một chiều cho role thời gian RTh để chuẩn bị cho quá trình hâm động năng. Tiếp diem RTh (1-9) đóng ngay nhưng công tắc K không có điện vì tiếp diem thường đóng K (9-11) đã mở ra. Động cơ mở máy theo đặc tính tự nhiên.



Hình 5.6. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển động cơ KDB có hâm động năng

Khi bấm nút D, công tắc K nhả vì mất điện, động cơ được cắt khỏi lưới điện. Tiếp diem K (9-11) đóng lại, cấp điện cho cuộn hâm KH và tiếp diem K ở mạch RTh mở ra cắt điện RTh. Các tiếp diem KH đóng lại cấp điện một chiều cho staton để hâm động năng động cơ. Động cơ làm việc trên đặc tính hâm 1. Sau thời gian duy trì của R<sub>th</sub> đã được chỉnh định đủ để tốc độ động cơ giảm về gần 0 thì tiếp diem RTh (1-9) mở ra. Cuộn KH mất điện, cắt điện một chiều cấp cho staton. Quá trình hâm động năng kết thúc. Lúc này diem làm việc của động cơ chuyển về trực tung. Sơ đồ trả về trạng thái ban đầu.

Khi hâm, vì công tắc K làm việc, tiếp diem KH (5-7) ở mạch cuộn hút K mở ra nên lúc này không thể bấm nút mở máy được.

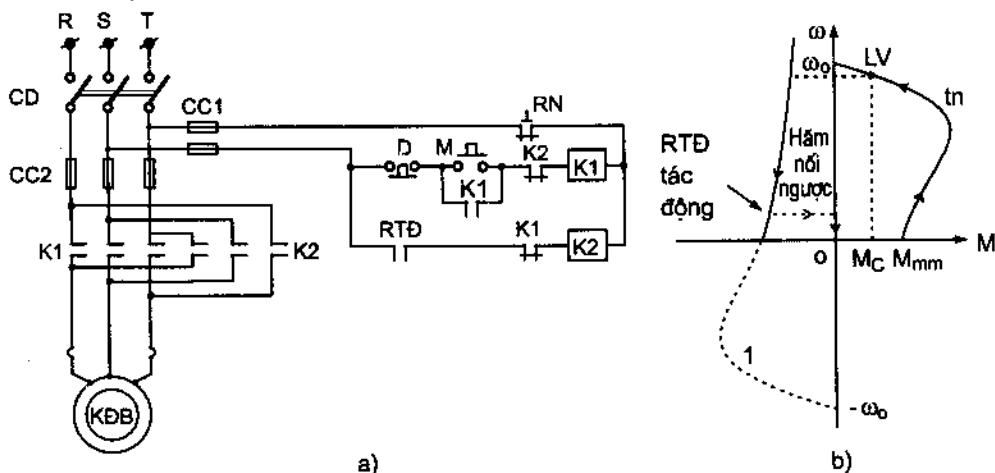
**Sơ đồ 7.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc, mở máy trực tiếp, hâm nổi ngược (hình 5.7).

Trong sơ đồ có sử dụng một role kiểm tra tốc độ RTD liên kết cơ với trực động cơ.

Ấn nút M, công tắc K1 có điện sê tác động nối mạch lực cho động cơ chạy và cắt mạch cuộn dây K2. Động cơ tăng tốc theo đặc tính cơ tự nhiên  $t_n$ . Khi động cơ có tốc độ trên 15%  $\omega_{dm}$  thì tiếp điểm role RTĐ đóng lại nhưng cuộn dây K2 cũng không thể có điện vì tiếp điểm K1 thường đóng đã mở ra.

Muốn dừng động cơ, ấn nút D, công tắc K1 mất điện sê cắt mạch stato, đồng thời đóng mạch cho cuộn hút K2. Công tắc K2 tác động sê đóng mạch lực cho động cơ với 2 pha R và T đảo chỗ cho nhau. Động cơ tiến hành hãm nổi ngược và chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ 2 ở góc phần tư II, tốc độ giảm nhanh. Khi tốc độ động cơ giảm còn (10 ÷ 15)%  $\omega_{dm}$  thì role kiểm tra tốc độ RTĐ nhả tiếp điểm RTĐ, cắt mạch công tắc K2. Quá trình hãm ngược kết thúc.

Hãm ngược được sử dụng rộng rãi trong truyền động đảo chiều.



Hình 5.7. Sơ đồ điều khiển động cơ KDB mở máy trực tiếp, hãm nổi ngược (a) và đặc tính cơ tương ứng (b)

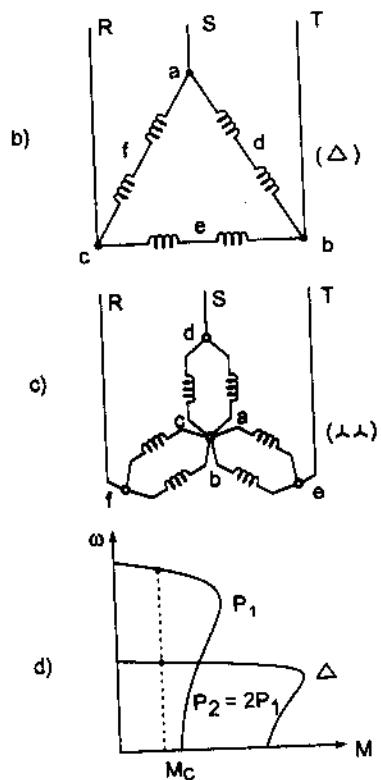
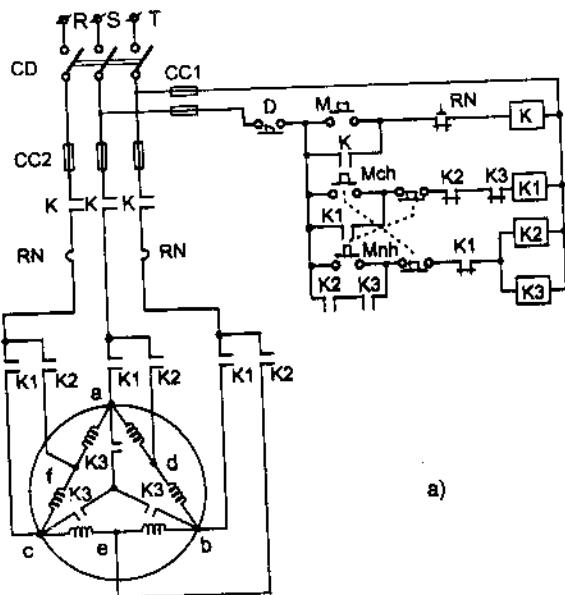
**Sơ đồ 8.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc hai cấp tốc độ, quay một chiều (hình 5.8).

Tốc độ đồng bộ của động cơ KDB tỉ lệ nghịch với số cấp cực  $p$  ( $\omega = \frac{2\pi f}{p}$ ) của cuộn dây stato. Trong công nghiệp có sản xuất những động cơ thay đổi được số cấp cực nhờ đổi nối cuộn dây stato (xem mục 4.6.3.4).

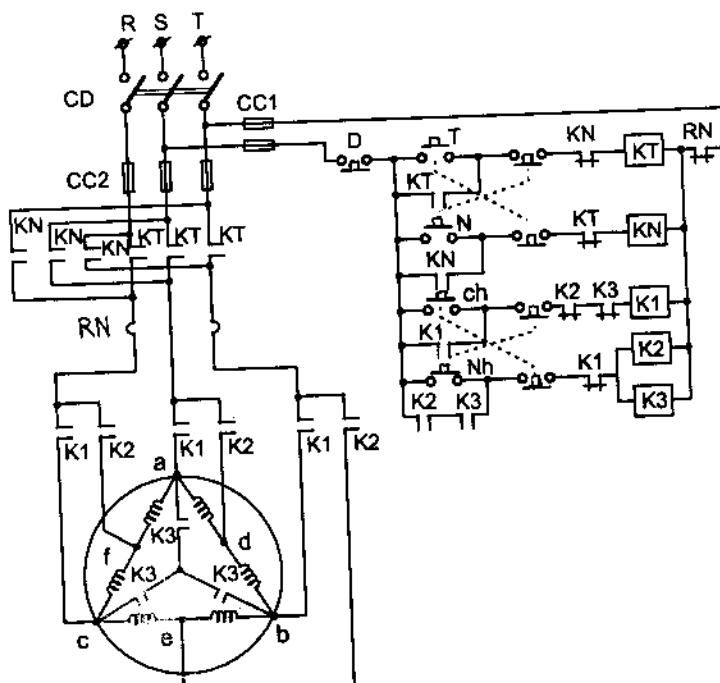
Sau khi ấn nút M, công tắc K tác động và đóng mạch lưới điện chuẩn bị cấp điện cho stato động cơ.

Khi cần chạy chậm, ấn nút  $M_{ch}$ , công tắc K1 tác động sê nối các cuộn stato của động cơ vào lưới theo sơ đồ  $\Delta$  tương ứng với số cấp cực lớn (hình 5.8b).

Khi cần chạy nhanh, ấn  $M_{nh}$ , các công tắc K2 và K3 tác động sê nối các cuộn stato động cơ vào lưới theo sơ đồ  $\lambda\lambda$  tương ứng với số cấp cực giảm 2 lần (hình 5.8c).



Hình 5.8. Sơ đồ điều khiển động cơ KDB hai cấp tốc độ (a)  
và các sơ đồ nối  $\Delta/\lambda\lambda$  (b,c) cùng đặc tính cơ khí đổi nối (d)



Hình 5.9. Sơ đồ điều khiển động cơ KDB hai cấp tốc độ quay hai chiều

Đặc tính cơ khi chạy chậm (nối  $\Delta$ ) và khi chạy nhanh (nối  $\text{A}\text{A}$ ) như hình 5.8d.

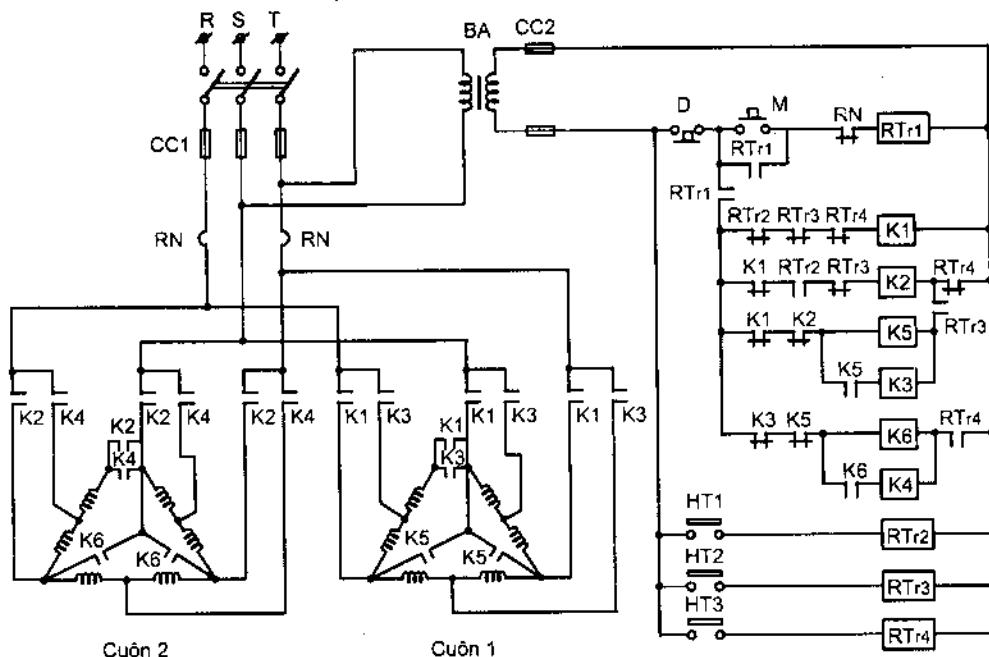
Các cuộn hút công tắc tơ K1 và K2, K3 được khóa chéo cả về điện và về cơ.

Khi cần động cơ hai tốc độ quay hai chiều, phải thay sơ đồ hình 5.8a bằng sơ đồ hình 5.9. Bạn đọc có thể tự đọc mạch với lưu ý : T - nút ấn quay thuận ; N - nút ấn quay ngược ; Ch - nút ấn chạy chậm ; Nh - nút ấn chạy nhanh.

**Sơ đồ 9.** Điều khiển động cơ KDB bốn cấp tốc độ quay một chiều (hình 5.10)

Động cơ 4 cấp tốc độ có 2 cuộn dây статор ứng với các số cặp cực khác nhau. Mỗi cuộn статор đều có thể đổi nối  $\Delta$  hoặc  $\text{A}\text{A}$ .

Ví dụ như ở máy tiện nặng, khi tiện mặt đầu phôi có đường kính lớn, tốc độ cắt cần phải giữ không đổi để đảm bảo chế độ công nghệ và năng suất máy. Do vậy, khi đường kính phôi giảm thì phải tăng tốc độ quay phôi lên.



Hình 5.10. Sơ đồ điều khiển động cơ KDB có 4 cấp tốc độ

Ở sơ đồ hình 5.10, việc tăng tốc độ quay phôi thực hiện nhờ giảm số cặp cực của động cơ KDB có 4 cấp tốc độ.

Thoạt đầu, khi dao tiện còn ở xa trục quay (ứng với đường kính lớn nhất của phôi), các công tắc hành trình HT1, HT2, HT3 chưa bị tì nên các role trung gian RTr2, RTr3, RTr4 không tác động. Biến áp hạ áp BA cấp điện cho mạch điều khiển với điện áp thấp và cách li với lưới nhằm mục đích an toàn và phù hợp với điện áp các role, công tắc tơ.

Khi ấn nút M, role RTr1 tác động, cấp điện cho cuộn hút K1. Công tắc tơ K1 tác động sẽ nối cuộn dây 1 theo hình  $\Delta$  để động cơ quay với tốc độ nhỏ nhất. Đồng thời, công tắc tơ K1 cũng cắt mạch công tắc tơ K2 và K5.

Trong quá trình tiện mặt đầu, bán kính phôi giảm, dao tiến về tâm mặt gia công. Khi bán kính giảm tới một mức nào đó thì bộ gá dao sẽ tì vào công tắc hành trình HT1 và role trung gian RTr2 tác động. Cuộn K1 bị cắt điện. Cuộn K2 được cấp điện. Lúc này, cuộn dây 2 của stato được nối  $\Delta$  ứng với số cặp cực nhỏ hơn. Động cơ được tăng tốc và phôi được tiếp tục tiện ở tốc độ cao.

Khi bán kính phôi giảm nhỏ nữa, bộ gá dao lại tì vào công tắc hành trình HT2. Role trung gian RTr3 tác động. Cuộn K2 bị cắt điện. Công tắc to K5 rồi tiếp theo K3 được cấp điện. Các tiếp điểm K3 và K5 ở mạch lực sẽ nối cuộn dây 1 của stato theo hình  $\lambda\lambda$  để giảm tiếp số cặp cực. Động cơ lại được tăng tốc.

Cứ như vậy, khi bán kính phôi giảm nữa, công tắc hành trình HT<sub>3</sub> bị tì và role trung gian RTr4 tác động. Mạch điện cuộn hút K<sub>3</sub> và K<sub>5</sub> bị cắt. Mạch điện cuộn hút K<sub>6</sub> được cấp điện và sau đó K<sub>4</sub> được cấp điện. Các công tắc to K<sub>4</sub>, K<sub>6</sub> sẽ nối cuộn dây 2 của stato theo hình  $\lambda\lambda$  và động cơ sẽ có số cặp cực stato nhỏ nhất và động cơ sẽ có tốc độ lớn nhất.

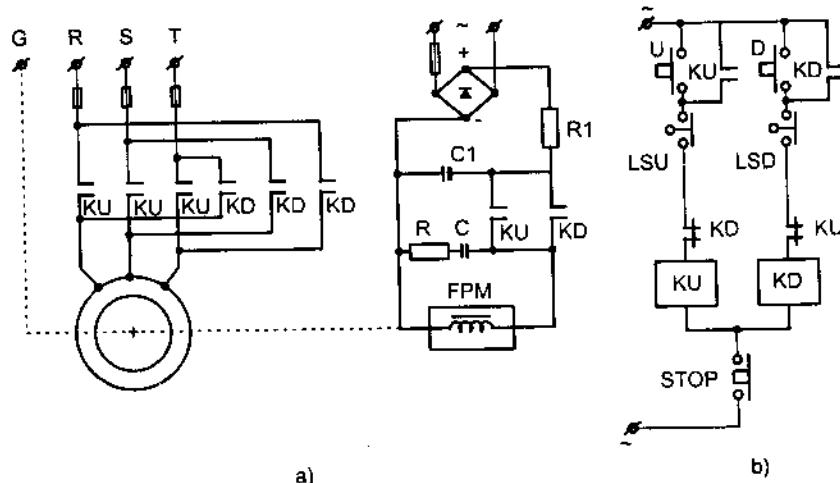
Gia công xong, ấn nút D, động cơ dừng tự do. Khi lùi dao ra xa thì sơ đồ trở về trạng thái ban đầu.

Đây là sơ đồ điều khiển theo nguyên tắc vị trí.

#### Sơ đồ 10. Điều khiển động cơ truyền động lên - xuống của máy nâng (hình 5.11)

Khi động cơ không làm việc, phanh FPM sẽ hãm chất trực động cơ. Để di lên, ấn nút U, công tắc to KU sẽ đóng tiếp điểm KU ở mạch phanh để cuộn phanh có điện, nhả phanh và đóng các tiếp điểm KU ở mạch lực để động cơ quay thuận, di lên. Muốn dừng, ấn nút STOP cắt điện công tắc to KU. Mạch trở lại trạng thái ban đầu. Nếu không, khi máy nâng lên tới mức cao nhất cho phép thì công tắc hành trình giới hạn mức cao LSU bị tì sẽ cắt mạch công tắc to FU để dừng máy nâng.

Bạn đọc có thể giải thích một cách tương tự khi máy nâng đi xuống nhờ ấn nút D với lưu ý LSD là công tắc hành trình giới hạn dưới.



Hình 5.11. Mạch nguyên lý điều khiển động cơ truyền động lên - xuống của máy nâng

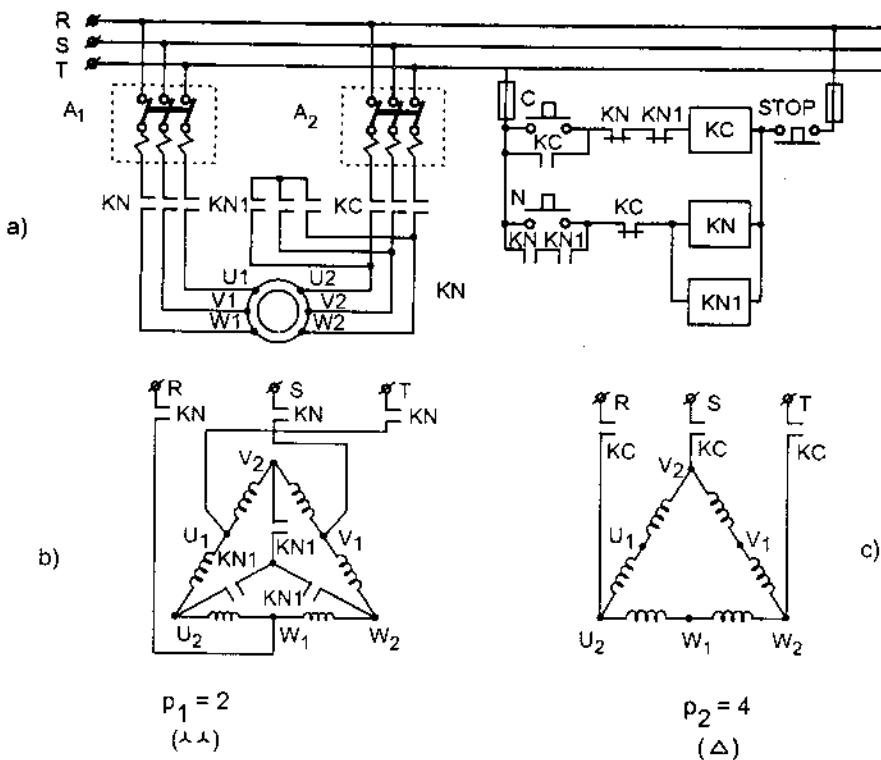
Nguồn điện một chiều cấp cho cuộn phanh được chỉnh lưu từ nguồn xoay chiều 1 pha và được lọc qua mạch  $R_1C_1$ .

Mạch có các bảo vệ :

- Bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chì.
- Bảo vệ bộ chỉnh lưu khi đóng cắt cuộn phanh nhờ mạch R-C.
- Bảo vệ chéo về điện giữa 2 công tắc tơ KU và KD.

**Sơ đồ II.** Điều khiển động cơ KĐB rôto lồng sóc 2 cấp tốc độ quay 2 chiều (hình 5.12) với 2 tốc độ khác nhau.

Sơ đồ này hơi khác 2 sơ đồ hình 5.8 và 5.9 nhưng về bản chất là tương tự nhau. Tốc độ nhanh chậm khác nhau là nhờ đổi nối  $\lambda\lambda$  và  $\Delta$  cuộn dây stator. Khác là chiều này tốc độ nhanh còn chiều kia tốc độ chậm.

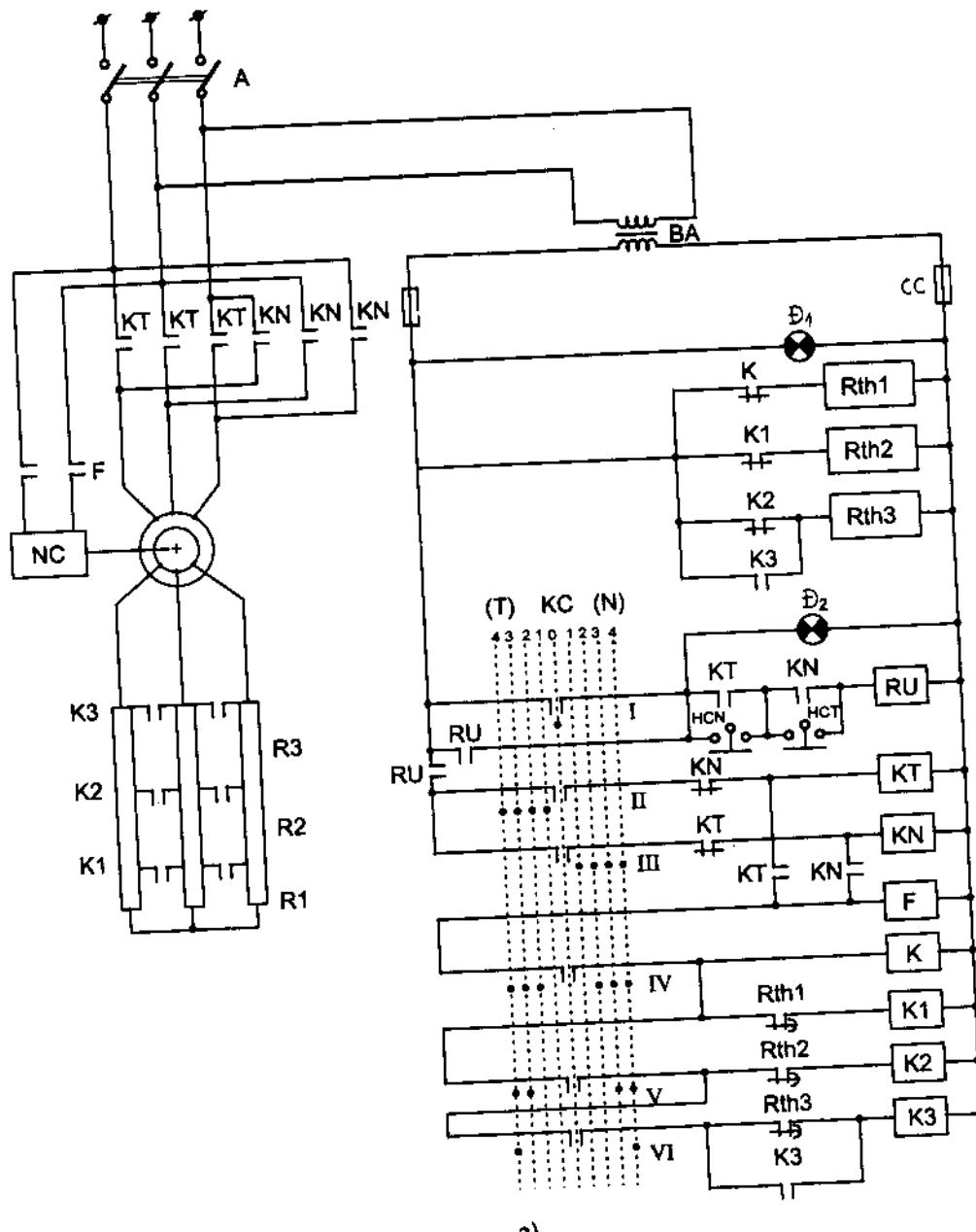


Hình 5.12. Mạch nguyên lý điện và sơ đồ nối cuộn cảm của động cơ KĐB quay 2 chiều với 2 tốc độ khác nhau

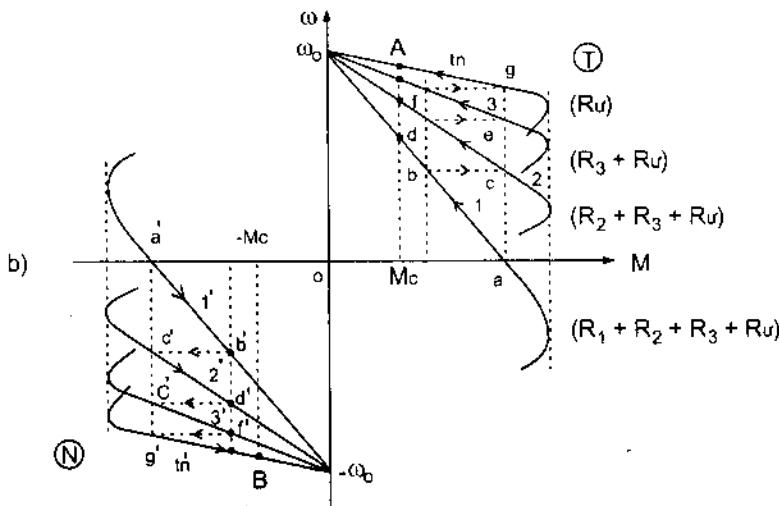
Động cơ được cấp điện qua 2 ôtômát  $A_1$  và  $A_2$ . Khi chạy thuận nhanh thì nhấn nút N để cấp điện cho 2 công tắc tơ KN và KN1. Cuộn stator được nối  $\lambda\lambda$  (hình 5.12b) ứng với số cặp cực  $p_1 = 2$ . Khi chạy ngược chậm thì nhấn nút C để cấp điện cho công tắc tơ KC. Cuộn stator được nối  $\Delta$  (hình 5.12c) ứng với số cặp cực  $p_2 = 4$  và có đảo 2 pha S và T.

*Sơ đồ 12.* Điều khiển động cơ KDB rôto dây quấn quay 2 chiều với 3 cấp tốc độ (hình 5.13).

Động cơ được điều khiển nhờ bộ khống chế KC (xem mục 3.2.4) với 9 vị trí : 4 vị trí cho quay thuận, 4 vị trí cho quay ngược và 1 vị trí 0. Động cơ được hãm bằng phanh điện từ và mạch phản ứng nối với 3 cấp điện trở đóng cắt bằng tiếp điểm công tắc tơ.



a)



**Hình 5.13.** Mạch nguyên lý điện và các đặc tính cơ của sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rôto dây quấn quay 2 chiều với 3 cấp tốc độ

Đóng ôtômát A, biến áp BA cấp điện cho mạch điều khiển. Đèn hiệu Đ<sub>1</sub> báo mạch điều khiển sẵn sàng. Các role thời gian RTh1, RTh2 và RTh3 có điện sê cắt ngay mạch cuộn hút K1, K2, K3 nhờ các tiếp điểm thường đóng mở ngay, đóng chậm của chúng.

Nếu bộ KC ở vị trí 0 tiếp điểm I đóng và role điện áp RU có điện. Hai tiếp điểm RU của nó đóng lại để tự duy trì và cấp điện cho mạch điều khiển phía dưới.

Để mở máy động cơ quay thuận, quay KC về vị trí 1 phía trái. Tiếp điểm II đóng, cấp điện cho công tắc tơ KT. Các tiếp điểm KT cấp điện cho công tắc tơ phanh F để nam châm NC nhả phanh và đóng điện cho động cơ quay thuận với toàn bộ điện trở phụ.

Động cơ tăng tốc theo đặc tính 1 từ điểm a. Khi quay KC sang vị trí 2, tiếp điểm IV đóng, cấp điện cho công tắc tơ K. Role thời gian RTh1 mất điện và sau một thời gian đủ để động cơ tăng tốc với điểm b trên đặc tính 1 thì sẽ đóng tiếp điểm của nó cấp điện cho công tắc tơ K1.

K1 tác động sê loại bỏ điện trở R1 ở mạch rôto và cắt điện RTh2. Động cơ tiếp tục tăng tốc từ c trên đặc tính 2. Quay bộ KC sang vị trí 3, tiếp điểm V đóng và sau thời gian đủ để động cơ tăng tốc tới điểm d thì tiếp điểm thường đóng RTh2 đóng lại. Công tắc tơ K2 có điện sê nối tắt tiếp điện trở R2 ra khỏi mạch rôto và cắt điện RTh3. Động cơ tăng tốc trên đặc tính 3 từ điểm e. Quay KC sang vị trí 4, tiếp điểm VI đóng và sau thời gian đủ để động cơ tăng tốc tới điểm f trên đặc tính 3 thì tiếp điểm RTh3 đóng lại. Công tắc tơ K3 có điện sê nối tắt nốt điện trở R3 ở mạch rôto, tự duy trì điện và cắt điện RTh3. Động cơ tăng tốc trên đặc tính tự nhiên tới điểm A và làm việc ổn định tại A.

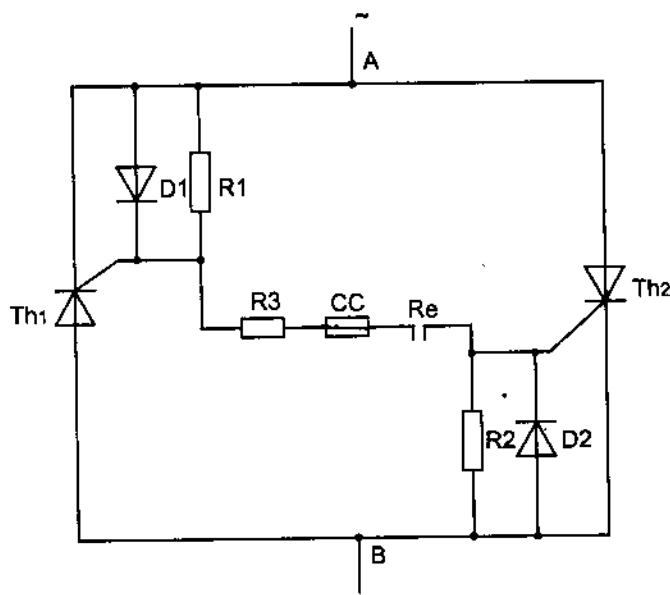
Người vận hành có thể quay ngay bộ KC từ vị trí 0 sang trái tới vị trí 4 thì quá trình mở máy trên vẫn diễn biến như đã trình bày nhờ các role thời gian.

Quá trình quay ngược xảy ra tương tự khi quay bộ KC sang phải.

Các vị trí dừng của bộ KC tại 1, 2, 3 sẽ tương ứng với các tốc độ thấp của động cơ.

**Sơ đồ 13.** Điều khiển động cơ KDB rôto dây quấn quay 2 chiều với 3 cấp tốc độ dùng công tắc tơ bán dẫn (hình 5.15).

Sơ đồ này tương tự như sơ đồ 12 nhưng các tiếp điểm cơ khí K1, K2, K3, KT, KN được thay bằng 2 cặp thyristo mắc song song ngược (xem mục 3.4). Góc mở của các thyristo luôn bằng 0 và được điều khiển thông trực tiếp.

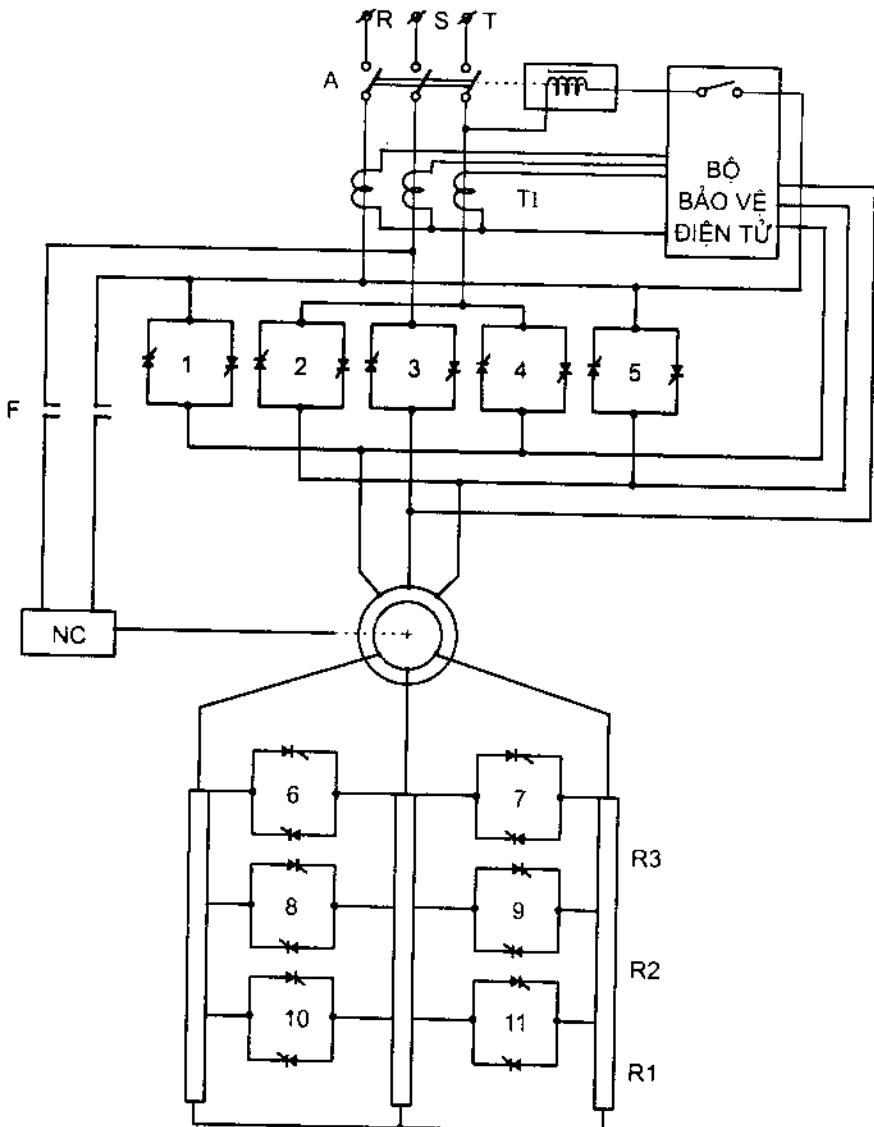


Hình 5.14. Sơ đồ nguyên lý thông khóa trực tiếp 2 thyristo mắc song song ngược

Muốn thông 2 thyristo, đóng tiếp điểm Re. Giả sử nửa chu kỳ dương của điện áp xoay chiều, Th2 được phân áp thuận. Khi đó dòng qua R1-R3-CC-R2 và đặt vào cực điều khiển của Th2 một xung điện (+) làm Th2 thông. Tới nửa chu kỳ âm, Th1 được phân áp thuận. Dòng qua R2-Re-CC-R3-R1 sẽ đặt xung điện (+) vào cực điều khiển của Th1 và làm Th1 thông. Như vậy, chỉ cần đóng Re là mạch xoay chiều được nối thông giữa A và B.

Mạch điều khiển của sơ đồ 13 tương tự sơ đồ 12 trên hình 5.13. Công tắc tơ KT dùng để đóng mạch cấp xung cho các cặp thyristo 1, 2 và 3. Công tắc tơ KN dùng để đóng mạch cấp xung cho các cặp thyristo 3, 4 và 5. Tương tự, công tắc tơ K1 đóng mạch cấp xung cho các cặp thyristo 10, 11. Công tắc tơ K2 dùng cho các cặp 8, 9 và K3 dùng cho các cặp 6, 7.

Sơ đồ còn có bộ bảo vệ điện tử tránh quá dòng và quá áp.

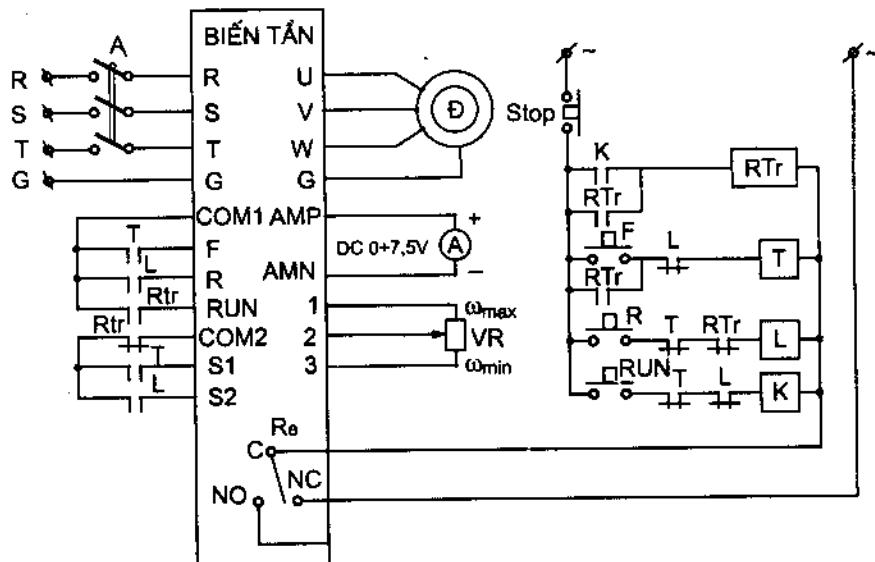


**Hình 5.15.** Sơ đồ nguyên lý mạch lực điều khiển động cơ KDB rôto dây quấn quay 2 chiều với cấp tốc độ

**Sơ đồ 14.** Điều khiển động cơ KDB rôto lồng sóc dùng biến tần (hình 5.16).

Biến tần (xem mục 2.4.5) được nhiều hãng sản xuất với nhiều mức độ phức tạp khác nhau và luôn có thể lập trình cài đặt các thông số theo yêu cầu truyền động. Hình 5.16 là một sơ đồ tối giản dùng BT điều khiển một động cơ KDB.

Yêu cầu đối với động cơ trong sơ đồ là phải nhấp thuận (nhấp tiến) với tốc độ nhanh, nhấp ngược (nhấp lùi) với tốc độ thấp. Khi chạy liên tục, chỉ chạy thuận và tốc độ phải điều chỉnh được. Mọi yêu cầu về chiều và tốc độ truyền động trên đều được cài đặt theo tần số ở BT.



Hình 5.16. Sơ đồ nguyên lý tối giản dùng BT điều khiển động cơ KDB

Đầu vào F để động cơ quay tiến, đầu vào R để quay lùi, đầu vào RUN để chạy liên tục, đầu vào S1 ứng với tần số đã cài đặt để chạy ở tốc độ cao, đầu vào S2 ứng với tần số đã cài đặt để chạy ở tốc độ thấp. Biến trở VR dùng để thay đổi tốc độ khi chạy liên tục. Ampe kế chỉ thị dòng.

Bạn đọc có thể dễ dàng đọc được mạch khi ấn nút nhấp thuận F, nút nhấp ngược R hay nút chạy liên tục RUN.

Khi BT có sự cố như quá tải, ngắn mạch... thì role bảo vệ Re tác động, cắt mạch điều khiển.

**Sơ đồ 15.** Điều khiển động cơ một chiều kích từ song song, mở máy qua 1 cấp điện trở (hình 5.17).

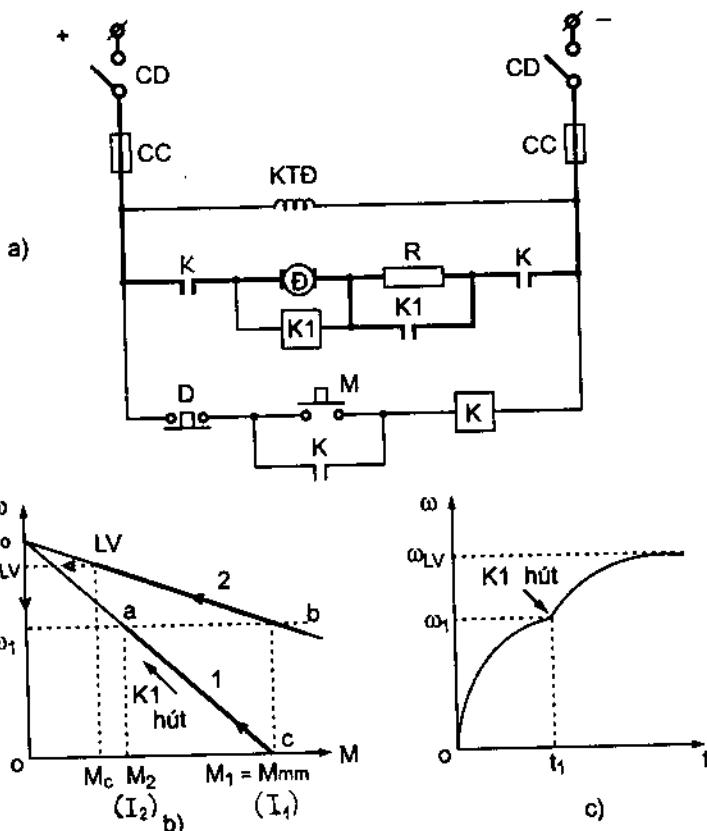
Khi đóng cầu dao CD, động cơ được cấp kích từ.

Ấn nút mở máy M, công tắc tơ K tác động sẽ đóng tiếp điểm K song song với M để tự duy trì và đóng các tiếp điểm K ở mạch lực (đường nét đậm ở hình 5.17a) để cấp điện cho phần ứng động cơ.

Động cơ được mở máy với điện trở phụ R, tăng tốc theo đặc tính cơ 1 từ điểm c. Tốc độ động cơ tăng từ 0 tới  $\omega_1$  (điểm a). Lúc này, điện áp ở phần ứng đặt lên cuộn hút công tắc tơ K1 theo (4-1) là :

$$U_1 = E + I_2 R_u = k \Phi \omega_1 + I_2 R_u$$

Công tắc tơ K1 được chỉnh định để tác động ở điện áp  $U_1$ . Tiếp điểm K1 mắc song song với điện trở R sẽ đóng lại để loại điện trở này ra khỏi mạch rôto. Động cơ chuyển sang làm việc tại điểm b trên đặc tính tự nhiên 2 và tiếp tục tăng tốc tới điểm làm việc LV. Quá trình mở máy kết thúc.



Hình 5.17. Sơ đồ điều khiển động cơ một chiều kích từ song song (a), đặc tính cơ mở máy (b) và gián đồ thời gian của tốc độ (c).

Khi dừng, án nút D để cắt điện công tắc K. Động cơ dừng tự do (diễn làm việc chuyển về trực tung) và sơ đồ trở lại trạng thái ban đầu.

Ở sơ đồ này, quá trình mở máy là nhờ điện áp  $U_1$  mà thực chất là do s.d.d.  $E = k\Phi\omega$ . Nói một cách khác là nhờ tốc độ  $\omega$  tăng tới  $\omega_1$ . Do vậy nguyên tắc điều khiển này được gọi là điều khiển theo tốc độ.

Khi điều khiển theo nguyên tắc tốc độ, ngoài sơ đồ thông qua s.d.d. của động cơ tỉ lệ với tốc độ ( $E = k\Phi\omega$ ), còn có thể dùng sơ đồ kiểm tra tốc độ trực tiếp nhờ role kiểm tra tốc độ (xem mục 3.3.7) hoặc dùng sơ đồ kiểm tra tốc độ gián tiếp nhờ máy phát tốc mà giá trị điện áp phát ra tỉ lệ với tốc độ ( $U_{pt} \sim \omega$ ).

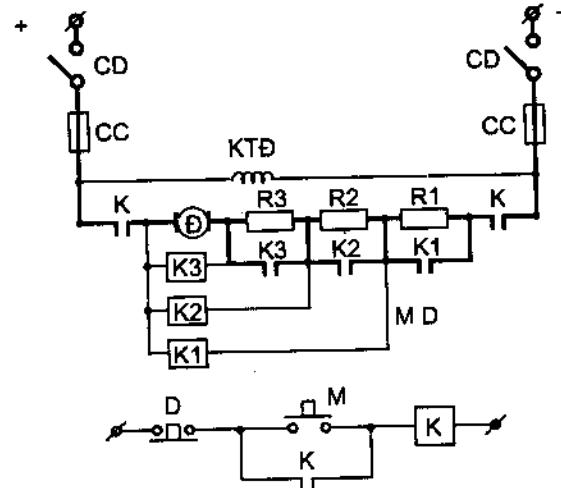
**Sơ đồ 16.** Điều khiển động cơ một chiều kích từ song song, mở máy qua 3 cấp điện trở theo nguyên tắc tốc độ (hình 5.18).

Đóng CD. Động cơ được kích từ.

Ấn nút M. Công tắc K tác động sẽ tự duy trì và đóng mạch lực, cấp điện cho phần ứng động cơ. Động cơ mở máy với toàn bộ điện trở phụ ( $R_3 + R_2 + R_1$ ) và tăng tốc

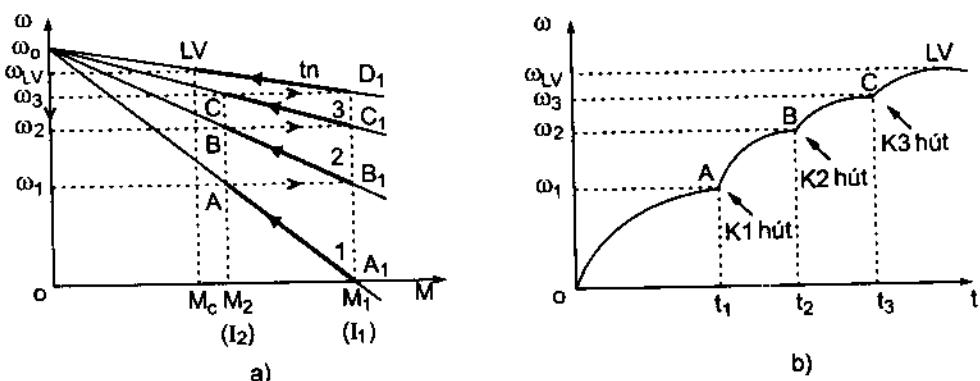
theo đặc tính cơ 1 (hình 5.19a) từ  $A_1$  đến A. Tốc độ từ 0 tăng lên  $\omega_1$  (hình 5.19b). Tại thời điểm  $t_1$  (ứng với điểm A), điện áp đặt lên cuộn dây công tắc K1 là :

$$U_1 = E + I_2 (R_u + R3 + R2) = k \Phi \omega_1 + I_2 (R_u + R3 + R2)$$



Hình 5.18. Sơ đồ điều khiển động cơ một chiều kích từ song song mở máy qua 3 cấp điện trở

Công tắc K1 được chỉnh định để hút ở điện áp này. Tiếp điểm K1 mắc song song với R1 sẽ đóng lại, nối tắt R1. Động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ 2 với mômen  $M_1$  lớn hơn và tiếp tục tăng tốc từ  $B_1$  (tốc độ  $\omega_1$ ) đến B (tốc độ  $\omega_2$ ).



Hình 5.19. Đặc tính mở máy (a) và giản đồ thời gian của tốc độ (b).

Tại thời điểm  $t_2$  (ứng với điểm B), điện áp đặt lên cuộn hút K2 là :

$$U_2 = k \Phi \omega_2 + I_2 (R_u + R3)$$

Công tắc K2 được chỉnh để hút ở điện áp  $U_2$ . Điện trở R2 bị nối tắt. Động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ 3 tại C1 (tốc độ  $\omega_2$ ) và tăng tốc tới C (tốc độ  $\omega_3$ ).

. Tại thời điểm  $t_3$  (ứng với điểm C), điện áp đặt lên cuộn hút K3 là :

$$U_3 = k\phi\omega_3 + I_2 R_u$$

Công tắc tơ K3 được chỉnh để hút ở điện áp  $U_3$ . Điện trở  $R_3$  bị nối tắt. Động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ tự nhiên tại  $D_1$  (tốc độ  $\omega_3$ ) và tăng tốc tới LV (tốc độ  $\omega_{LV}$ ). Quá trình mở máy kết thúc.

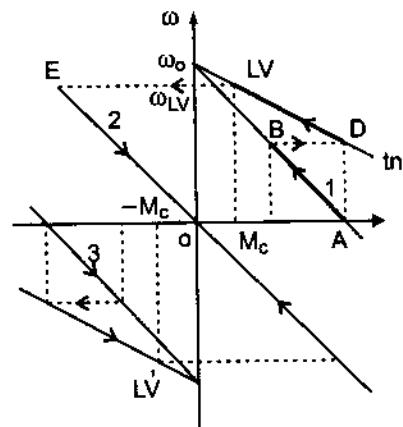
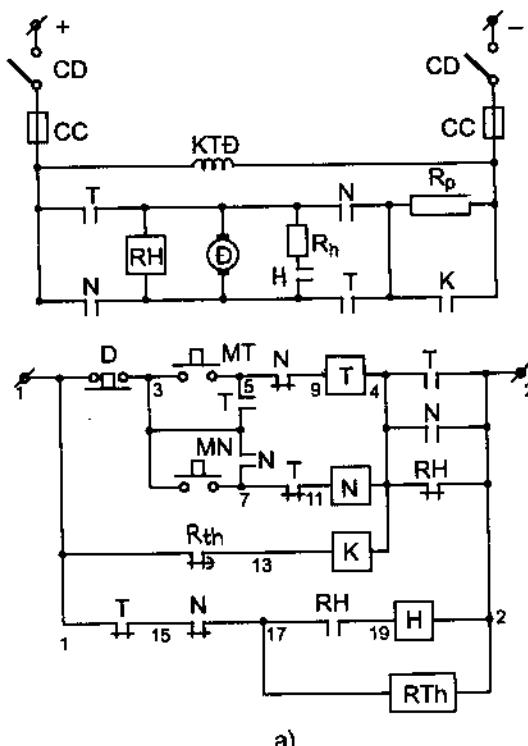
Khi dừng, án D để cắt điện công tắc tơ K. Sơ đồ trở về trạng thái ban đầu. Động cơ dừng tự do. Điểm làm việc chuyển về trực tung và tụt về 0.

**Sơ đồ 17.** Điều khiển động cơ một chiều kích từ song song, quay 2 chiều, hãm động năng, mở máy qua 1 cấp điện trở (hình 5.20).

Sau khi đóng cầu dao CD, động cơ được kích từ.

Mạch điều khiển được cấp điện thì role thời gian RTh (2-17) có điện ngay và tiếp điểm RTh (1-13) mở ra không cho cuộn hút K có điện. Điện trở phụ  $R_p$  được đưa vào mạch rôto, chuẩn bị mở máy động cơ qua 1 cấp điện trở.

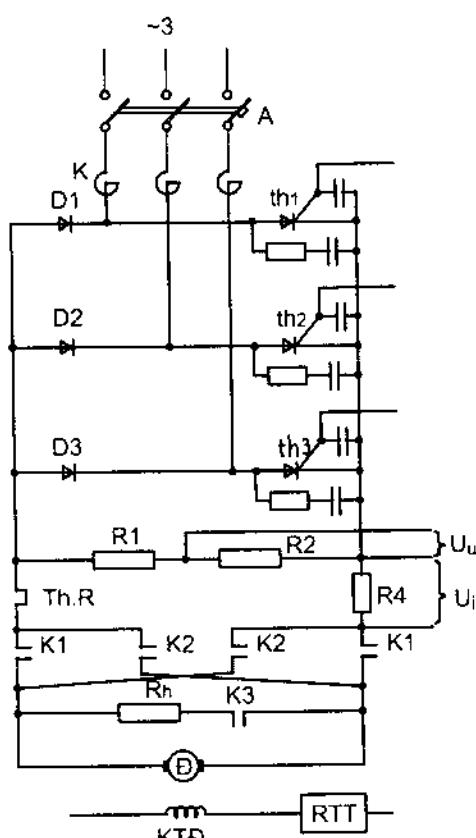
Ấn nút quay thuận MT (3.5), công tắc tơ T có điện. Các tiếp điểm T ở mạch lực cấp điện cho phần ứng động cơ để mở máy quay thuận với điện trở phụ  $R_p$ . Động cơ tăng tốc theo đặc tính cơ 1 từ điểm A (hình 5.20b). Do có điện áp đặt vào phần ứng nên role RH tác động, đóng tiếp điểm RH (17-19) nhưng công tắc tơ hãm H không thể có điện vì tiếp điểm T (1-15) đã mở ra.



Tiếp điểm RH (2-4) trước đó dùng nối mạch khi án nút MT thì bảy giờ mở ra. Mạch cuộn hút T được duy trì qua các tiếp điểm T (3-5) và T (2-4).

Khi T tác động, tiếp điểm T (1-15) mở ra nên role thời gian RTh (17-2) mất điện và sau thời gian duy trì thì tiếp điểm RTh (1-13) đóng lại. Công tắc tơ K có điện. Điện trở mở máy  $R_p$  bị ngắn mạch. Động cơ chuyển điểm làm việc sang đặc tính tự nhiên tại điểm D và tiếp tục tăng tốc tới điểm LV. Tại đây động cơ chạy ổn định với tốc độ  $\omega_{LV}$  ứng với mômen  $M_D = M_C$ . Quá trình mở máy kết thúc.

Khi muốn dừng, án nút D. Công tắc tơ T mất điện sẽ cắt mạch phản ứng. Lúc này do s.d.d. E (động cơ vẫn quay và vẫn có kích từ) role RH được duy trì hút nên khi tiếp điểm T (1-15) đóng lại thì công tắc tơ H tác động, đóng điện trở hãm động năng  $R_h$  vào mạch rotor. Động cơ chuyển điểm làm việc từ LV sang E trên đặc tính 2 và tiến hành hãm động năng. Tốc độ động cơ giảm nhanh theo đặc tính 2. Khi tốc độ giảm gần về 0, s.d.d. E không đủ duy trì cho cuộn RH hút nên tiếp điểm RH (17-19) mở ra, cắt điện công tắc tơ H. Quá trình hãm động năng kết thúc. Tiếp điểm RH (2-4) đóng lại, chuẩn bị cho việc mở máy tiếp. Tiếp điểm RH (2-4) này không cho phép mở máy (thuận hoặc ngược) khi đang hãm động năng. Điều đó cũng có nghĩa là chỉ cho phép đảo chiều qua giai đoạn hãm.



Hình 5.21. Mạch lực động cơ truyền động một chiều dùng thyristo

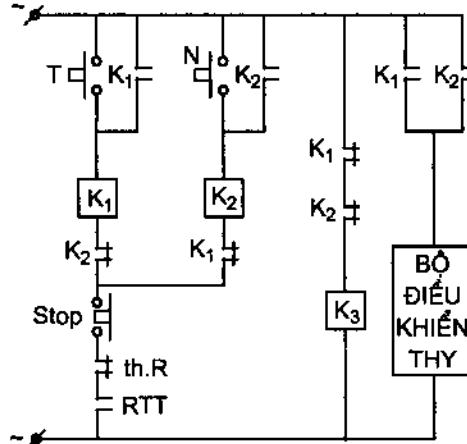
**Sơ đồ 18.** Điều khiển động cơ một chiều kích từ độc lập có điều chỉnh tốc độ vô cấp bằng điện áp phản ứng (hình 5.21).

Hiện nay, hầu hết các bộ thay đổi điện áp một chiều đều dùng thyristo. Sơ đồ dùng bộ chỉnh lưu có điều khiển là cầu 3 pha không đối xứng (3 diốt và 3 thyristo). Điện áp xoay chiều 3 pha cấp cho cầu chỉnh lưu qua 3 cuộn kháng K.

Động cơ D được đảo chiều bằng cách đảo chiều dòng điện phản ứng nhờ 2 công tắc tơ K1 và K2. Động cơ khi dừng được hãm động năng. Điều khiển điện áp phản ứng (điều khiển tốc độ động cơ) nhờ thay đổi góc mở của các thyristo. Góc mở càng lớn, tốc độ động cơ càng nhỏ. Để ổn định tốc độ động cơ, mạch dùng phản hồi dương dòng kết hợp với phản hồi âm áp (tương đương phản hồi âm tốc độ). Tín hiệu phản hồi  $U_u$  lấy trên mạch phản áp R1 - R2. Tín hiệu phản hồi  $U_i$  lấy trên điện trở sơn R4

Động cơ được bảo vệ khỏi quá nhiệt nhờ phần tử nhiệt Th. R đặt trong bối dây động cơ và được bảo vệ khỏi mất từ trường nhờ role dòng RTT.

Mạch điều khiển như hình 5.22. Bạn đọc có thể tự đọc mà không gặp khó khăn gì.



Hình 5.22. Sơ đồ mạch điều khiển cho mạch lực hình 5.21.

### Sơ đồ 19. Máy công cụ CNC

Khi gia công một chi tiết trên máy công cụ (tiện, phay...) cần phải dịch dao tới điểm gia công (nếu phôi đứng yên) hoặc dịch điểm gia công trên phôi tới dao (nếu dao đứng yên). Các dịch chuyển được thực hiện theo 3 trục vuông góc X, Y, Z trong không gian. Như vậy, một điểm gia công trong không gian sẽ được xác định bởi 3 tọa độ (X, Y, Z). Trước đây, điều khiển các dịch chuyển này là nhờ quay bằng tay hoặc điều khiển bằng tay qua truyền động điện. Ngoài ra, người vận hành còn phải điều chỉnh tốc độ quay, lượng chạy dao, kiểm tra vị trí dao v.v... Do vậy việc gia công không được liên tục và độ chính xác gia công không cao.

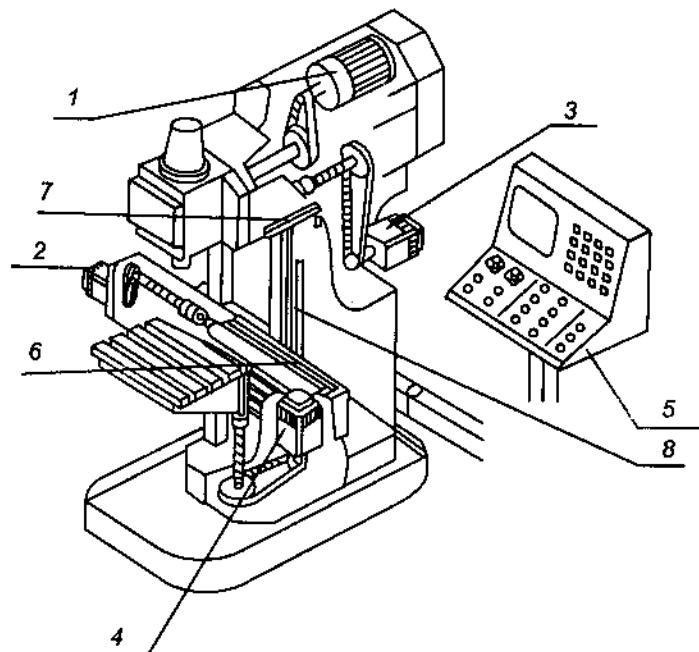
Ở các máy công cụ điều khiển theo chương trình số thì quá trình gia công được thực hiện một cách tự động. Chẳng hạn, việc dịch dao (bàn gá dao) trong không gian của máy CNC được thực hiện qua 3 trục X, Y, Z (hình 5.23). Mỗi dịch chuyển của một trục được một động cơ đảm nhiệm thông qua hệ trục vít me - dai ốc - bi. Động cơ có thể là động cơ xoay chiều hay động cơ một chiều. Điều chỉnh vô cấp tốc độ động cơ xoay chiều nhờ dùng biến tần. Điều chỉnh vô cấp tốc độ động cơ một chiều nhờ thay đổi điện áp kích từ (hoặc điện áp phản ứng). Động cơ một chiều có đặc tính động học tốt đối với các quá trình gia tốc, giảm tốc, phanh hãm và có mômen quán tính nhỏ, độ chính xác điều chỉnh cao nên thường được sử dụng nhiều hơn.

Việc xác định vị trí dịch chuyển nhờ các hệ thống đo dịch chuyển.

Điều khiển các động cơ dịch chuyển, động cơ truyền động chính, điều khiển thực hiện các nguyên công kế tiếp v.v... được thực hiện qua các chuỗi lệnh của chương trình viết dưới dạng mã số.

Các máy công cụ điều khiển theo chương trình số được gọi là các máy NC (Numerical Control) hoặc các máy CNC (Computer Numerical Control)

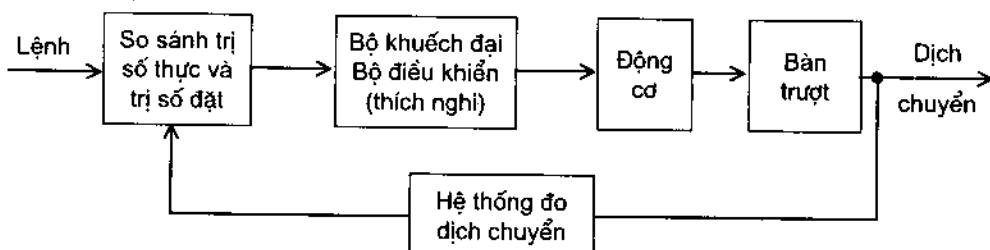
Ở máy công cụ NC có trang bị bộ điều khiển máy MCU (Machine Control Unit). Bộ này có 2 đơn vị : đơn vị xử lý dữ liệu DPU (Date Processing Unit) và đơn vị điều khiển lặp lại CLU (Control Loops Unit).



**Hình 5.23.** Máy phay CNC

1- động cơ truyền động chính ; 2- truyền động chạy dao trực X ; 3- truyền động chạy dao trực Y ;  
4- truyền động chạy dao trực Z ; 5- bảng điều khiển có màn hình ; 6- hệ đo dịch chuyển trực X ;  
7- hệ đo dịch chuyển trực Y ; 8- hệ đo dịch chuyển trực Z.

Các tham số gia công (kích thước chi tiết, quãng đường dịch chuyển, tốc độ, cách lệnh...) được mã hóa, cho dưới dạng các dãy số và được in trên băng đục lỗ thành các câu lệnh. Các thông tin này được đưa vào DPU và chuyển thành các thông tin về kích thước hình học và các thông tin công nghệ. Các thông tin hình học thể hiện dịch chuyển phôi hoặc dao. Các thông tin công nghệ điều khiển vận hành máy. Để dịch chuyển phôi hoặc dao, hệ thống điều khiển phát tín hiệu qua bộ điều khiển đến động cơ tương ứng. Vị trí thực của dao (bàn dao) do động cơ dịch chuyển được đo bởi hệ đo dịch chuyển và được so sánh với giá trị đặt trước. Các sai lệch sẽ được biến đổi thành tín hiệu để tác động vào bộ điều khiển để điều khiển đúng (hình 5.24).



**Hình 5.24.** Chu trình điều khiển vị trí trên máy NC.

Chu trình điều khiển tốc độ cũng dựa trên cơ sở của chu trình điều khiển vị trí. Tốc độ thực được đo bằng máy phát tốc.

Ngoài ra, các thông tin hình học và công nghệ còn phải qua bộ điều khiển thích nghi. Đó là xích nối giữa hệ điều khiển và máy. Bộ điều khiển thích nghi tránh được việc thực hiện các lệnh không hợp lý. Ví dụ : Khi mâm cặp máy tiện chưa kẹp chất chi tiết thì cho dù hệ điều khiển có phát lệnh dịch chuyển, bộ thích nghi cũng không cho lệnh chạy dao.

Điều khiển NC có nhược điểm là kém linh hoạt. Mọi thay đổi về chương trình đều phải sửa lại bằng đục lỗ (đục băng khác), mất thời gian. Hiện nay, các hệ điều khiển đều có sự tham gia của máy vi tính. Đó là các máy công cụ CNC.

Ở máy công cụ CNC có một chương trình do nơi chế tạo máy cài đặt vào máy tính. Người vận hành có thể cài đặt các thông số trực tiếp qua các phần mềm riêng lẻ. Chương trình gia công có thể nhập vào và gọi ra từ các bộ lưu giữ chương trình. Các lệnh có thể bổ sung, thay thế.

Các máy CNC hiện đại còn có màn hình đồ họa để mô phỏng động hoặc đồ họa tĩnh quá trình cắt gọt.

## CÂU HỎI CHƯƠNG 5

1. Tìm các sơ đồ điều khiển theo nguyên tắc thời gian. Giải thích ?
2. Tìm các sơ đồ điều khiển theo nguyên tắc tốc độ. Giải thích ?
3. Tìm các sơ đồ điều khiển theo nguyên tắc vị trí. Giải thích ?

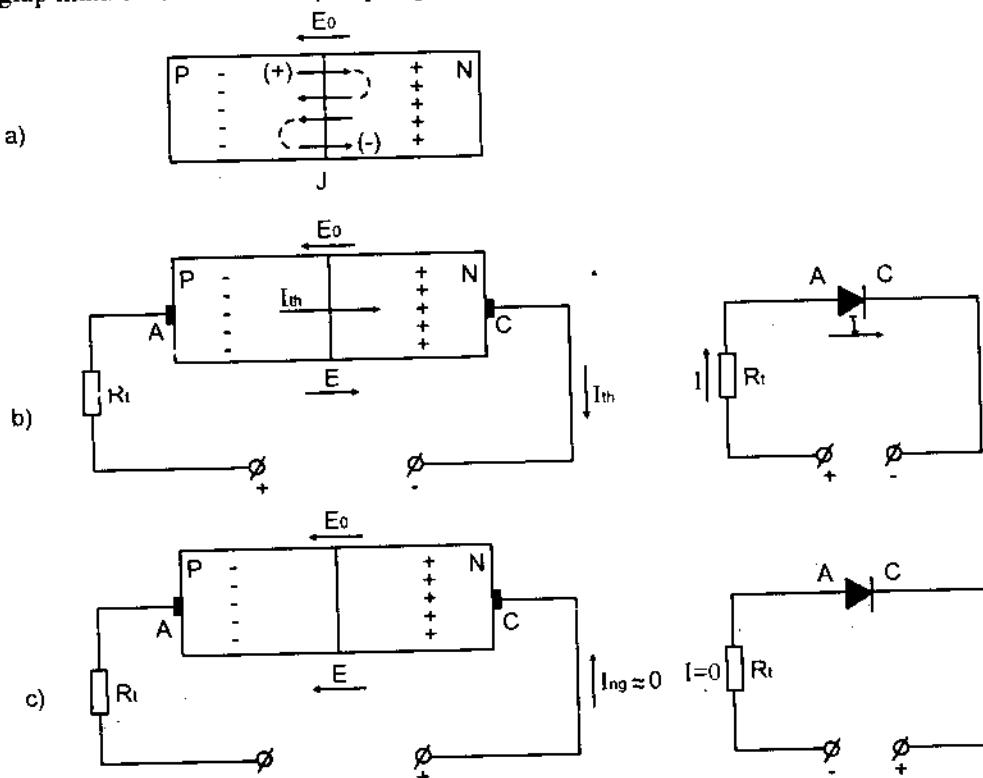
## PHỤ LỤC

### Phụ lục 1 - BÁN DẪN, ĐIỐT, THYRISTO VÀ TRIAC

Các mạch điều khiển hiện nay sử dụng các phần tử bán dẫn để tạo thành mạch điều khiển không tiếp điểm rất nhiều. Để người đọc dễ nhận biết vai trò của mỗi phần tử trong mạch điều khiển khi gặp phải trong thực tế, chúng tôi giới thiệu tóm tắt nguyên tắc hoạt động, các thông số cần quan tâm và phạm vi ứng dụng của mỗi phần tử trong mạch điều khiển.

#### 1. Tính dẫn điện một chiều của lớp tiếp xúc P-N

Khi ghép 2 loại bán dẫn P và N lại với nhau (hình PL1.1) thì tại chỗ 2 mặt ghép giáp nhau sẽ hình thành một lớp tiếp xúc P-N (kí hiệu J).



*Hình PL1.1. Sự hình thành lớp tiếp xúc P-N và tính dẫn điện một chiều của lớp tiếp xúc P-N.*

Quá trình xảy ra như sau : Tại mặt ghép, các điện tử âm tự do từ bán dẫn N chuyển sang bán dẫn P, chúng tái hợp với các lỗ trống dương và trở nên trung hòa. Phía bán dẫn P, do mất lỗ trống dương nên trở thành âm hơn. Phía bán dẫn N, do

mất điện từ âm nên trở thành dương hơn. Do vậy một điện trường  $E_o$  ở lớp tiếp xúc P-N được hình thành, hướng từ N sang P. Điện trường này như một bức rào không cho điện tử từ N tiếp tục sang P và lỗ trống từ P tiếp tục sang N (hình PL1.1a).

Nếu bây giờ, nối P-N với một nguồn điện một chiều để tạo sự phân cực thuận (hình PL1.1b) tức là nối cực dương của nguồn với bán dẫn P (cực anode A), cực âm của nguồn với bán dẫn N (cực катод C) thì có một điện trường ngoài E do nguồn điện tạo ra hướng từ P sang N, mạnh hơn  $E_o$  và ngược hướng với  $E_o$ . Điện trường này khử ảnh hưởng của  $E_o$  và giúp điện tử âm tiếp tục từ N sang P (lỗ trống dương từ P sang N), tạo ra dòng điện thuận  $I_{th}$  qua lớp tiếp xúc P-N (hình PL1.1b).

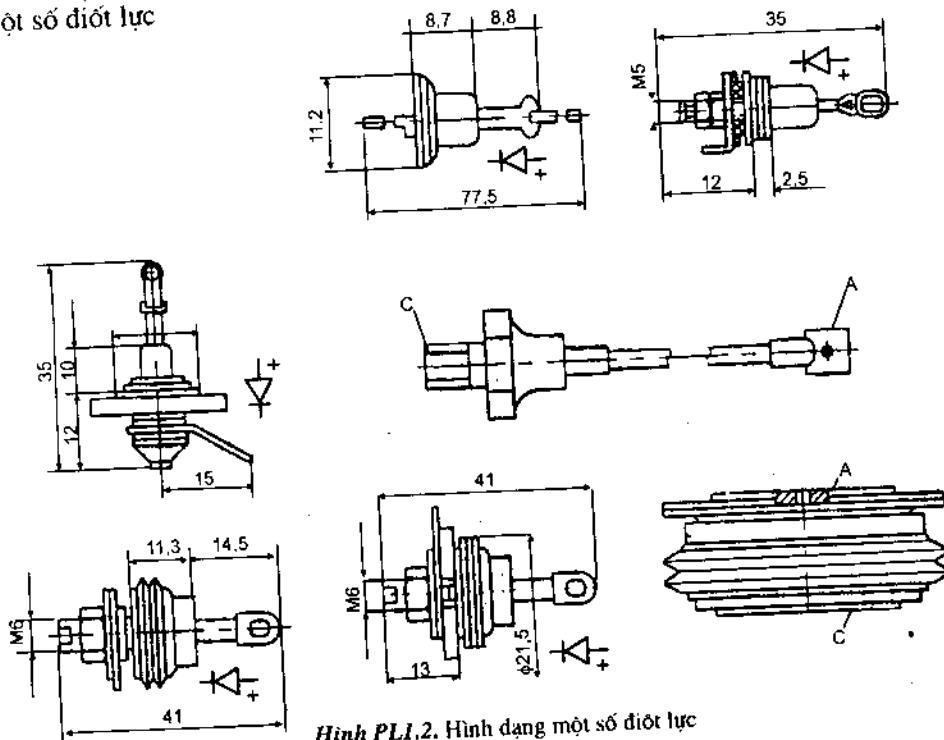
Nếu nối P-N để tạo ra sự phân cực ngược (hình PL1.1c) tức là nối cực dương nguồn với bán dẫn N, cực âm nguồn với bán dẫn P thì điện trường ngoài E sẽ hướng từ N sang P cùng chiều với  $E_o$ . Điện trường này sẽ cùng với  $E_o$  cản trở sự dịch chuyển của điện tử từ N sang P (lỗ trống từ P sang N) nên dòng điện không tạo ra được. Thực tế vẫn có một dòng điện rất nhỏ chảy qua lớp tiếp xúc gọi là dòng điện ngược (vì chảy từ N sang P) hay dòng điện dò.

Vậy : lớp tiếp xúc P-N có một tính chất đặc biệt là chỉ cho dòng điện chảy qua khi phân cực thuận và ngăn cản không cho dòng điện chảy qua khi phân cực ngược.

## 2. Điot

Điot là dụng cụ bán dẫn gồm 2 miếng bán dẫn P và N ghép lại với nhau. Đầu bán dẫn P gọi là cực A (anode) đầu bán dẫn N gọi là cực C (catot).

Kí hiệu điot như trên hình PL1.1b và c. Hình PL1.2 trình bày dạng bên ngoài một số điot lực

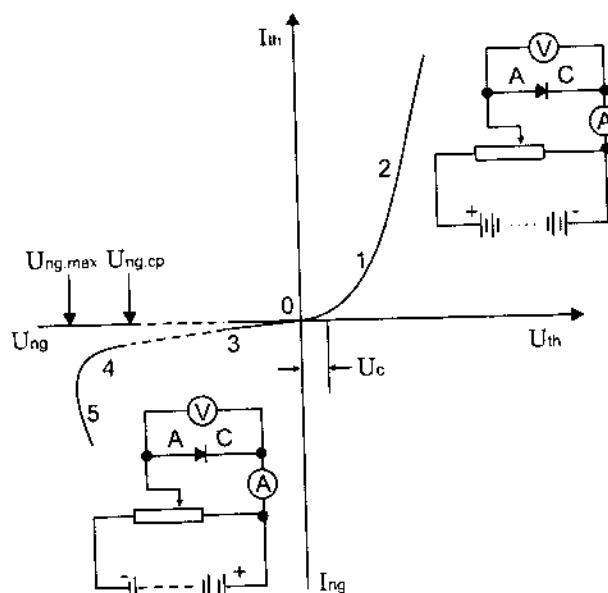


Hình PL1.2. Hình dạng một số điot lực

Quan hệ  $I$  ( $U$ ) giữa dòng điện chảy qua diốt và điện áp đặt vào 2 cực của diốt gọi là đặc tính von-ampe của diốt.

Đặc tính von-ampe của diốt gồm 2 nhánh (hình PL1.3).

Nhánh thuận : ứng với phân áp thuận. Sơ đồ nối mạch thử ở góc phân tư I. Dòng điện thuận  $I_{th}$  qua diốt tăng theo trục số điện áp  $U_{th}$ . Diốt ở trạng thái thông. Khi điện áp thuận đặt vào diốt vượt ngưỡng  $U_0 \approx 0,1V$  và chưa lớn lắm thì đặc tính có dạng parabol (đoạn 1). Khi điện áp lớn hơn thì đặc tính gần như lên thẳng (đoạn 2).



Hình PL1.3. Đặc tính von-ampe của diốt

Nhánh ngược : ứng với phân áp ngược. Sơ đồ nối mạch thử ở góc phân tư III. Lúc đầu, điện áp ngược tăng thì dòng điện ngược (dòng dò) rất nhỏ, tăng nhưng rất chậm. Tới điện áp ngược  $|U_{ng}| > 0,1V$  thì dòng điện ngược có trị số nhỏ vài mA và gần như giữ nguyên (đoạn 3). Sau đó, khi điện áp ngược đủ lớn  $|U_{ng}| = |U_{ng,max}|$  thì dòng điện ngược tăng nhanh (đoạn khuỷu 4) và cuối cùng (đoạn 5) thì diốt bị đánh thủng. Lúc này, dòng điện ngược tăng vọt dù cho điện áp giảm. Điện áp ngược tương ứng gọi là điện áp chọc thủng. Diốt bị phá hỏng.

Để đảm bảo an toàn cho diốt, ta nên cho diốt làm việc với điện áp ngược cho phép không quá  $U_{ng, cp} = 0,8 U_{ng,max}$ . Lúc đó dòng dò qua diốt nhỏ không đáng kể và diốt được coi như ở trạng thái khoá.

Từ đặc tính von-ampe của diốt, có thể thấy diốt với tính chất đặc biệt của lớp tiếp xúc P-N, chỉ cho dòng chảy qua từ anode A sang cathode C khi được phân áp thuận và không cho dòng điện chảy qua từ cathode C sang anode A khi bị phân áp ngược. Đó là tính chất thông - khóa của diốt. Diốt là một van bán dẫn. Vì cứ phân áp thuận thì diốt cho dòng chảy qua nên diốt là van không điều khiển. Trị số của dòng điện

thuận  $I_{th}$  phụ thuộc điện áp và tổng trở của mạch. Diốt được dùng để chỉnh lưu (nắn) dòng điện xoay chiều thành một chiều.

Với một diốt, cần quan tâm tới các tham số chính sau :

- Dòng điện chỉnh lưu định mức : dòng điện trung bình lớn nhất được phép qua diốt khi phân áp thuận mà không gây ra tăng nhiệt quá mức cho phép ở diốt.

- Điện áp ngược cho phép : điện áp ngược đặt lên diốt mà không gây hỏng diốt.

- Công suất tổn hao trung bình : công suất tiêu tán ở diốt khi dẫn dòng thuận. Khi công suất tổn hao lớn phải dùng tản nhiệt.

- V.V...

Trong nhiều sơ đồ chỉnh lưu, nhiều diốt có thể nối chung catot hoặc nối chung anot. Ta hãy xem xét vấn đề này.

*Sự dẫn dòng của nhóm diốt mắc catot chung.*

Sơ đồ nhóm diốt mắc catot chung như trên hình PL1.4.

Nếu thế  $V_1 > V_2 > V$  thì diốt  $D_1$  thông. Sụt áp trong diốt rất nhỏ (vài phần von) nên khi  $D_1$  thông thì có thể coi  $V_1 \approx V$ . Như vậy diốt  $D_2$  có thể catot  $V = V_1$  lớn hơn thế anot  $V_2$  nên  $D_2$  bị phân áp ngược và khóa.

Nếu thế  $V_2 > V_1 > V$  thì diốt  $D_2$  thông và ta có  $V \approx V_2$ . Diốt  $D_1$  sẽ có thể catot  $V = V_2$  lớn hơn thế anot  $V_1$  nên bị phân áp ngược và khóa.

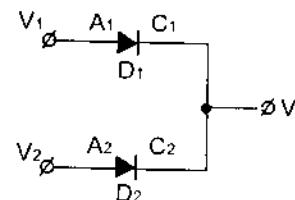
Vậy, có thể nói : Trong một nhóm các diốt mắc theo sơ đồ catot chung, diốt nào có thể anot lớn nhất sẽ thông và khi thông, nó đặt lên các catot chung một thế lớn nhất làm các diốt khác bị khóa vì phân áp ngược.

*Sự dẫn dòng của nhóm diốt mắc anot chung*

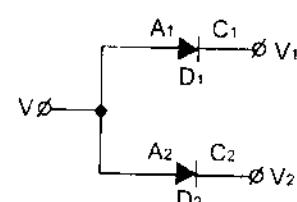
Sơ đồ nhóm diốt mắc anot chung như trên hình PL1.5.

Nếu thế  $V > V_1 > V_2$  thì diốt  $D_2$  thông. Sụt áp trong diốt  $D_2$  không đáng kể nên  $V \approx V_2$ . Vậy, do  $D_2$  dẫn trước nên diốt  $D_1$  có thể anot  $V = V_2$  nhỏ hơn thế catot  $V_1$ . Diốt  $D_1$  bị phân áp ngược và khóa.

Nếu thế  $V > V_2 > V_1$  thì bằng cách suy luận tương tự, diốt  $D_1$  sẽ thông, còn diốt  $D_2$  sẽ khóa.



Hình PL1.4. Nhóm diốt mắc catot chung



Hình PL1.5. Nhóm diốt mắc anot chung

Vậy : Trong một nhóm các diốt mắc theo sơ đồ anot chung, diốt nào có thể catôt nhỏ nhất sẽ thông và khi thông, nó đặt lên các anot chung một thế nhỏ nhất làm các diốt khác bị khóa vì phân áp ngược.

Các nhóm diốt mắc catôt chung hoặc mắc anot chung thường được sử dụng trong nhiều sơ đồ.

- Các sơ đồ chỉnh lưu hình tia, hình cầu 1 pha và 3 pha (xem hình vẽ ở Bảng 2.1).

Các thyristo (mục 3 Phụ lục 1) cũng có cách mắc catôt chung và anot chung (xem hình vẽ ở Bảng 2.2, 2.3).

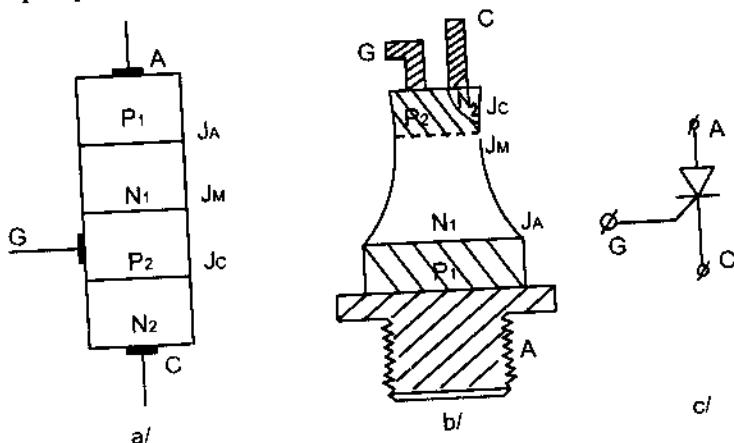
- Các sơ đồ phân tử logic không tiếp điểm :

Phân tử AND (VÀ) dùng 2 diốt mắc anot chung như trên hình PL1.6a. Chỉ cần hoặc  $X_1$  hoặc  $X_2$  có thể âm là diốt tương ứng dẫn và đầu ra  $Y$  có thể âm. Chỉ khi cả  $X_1$  và  $X_2$  đều có thể dương thì cả 2 diốt đều không dẫn và đầu ra  $Y$  có thể dương.

Phân tử OR (HOẶC) dùng diốt mắc catôt chung như trên hình PL1.6b. Chỉ cần hoặc đầu  $X_1$  hoặc đầu  $X_2$  hoặc đầu  $X_3$  có thể dương là diốt tương ứng dẫn dòng và đầu ra  $Y$  sẽ có thể dương.

### 3. Thyristo

Thyristo là dụng cụ bán dẫn gồm 4 lớp bán dẫn liên tiếp nhau  $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$  và tạo ra 3 lớp tiếp xúc  $J_A, J_M, J_C$  như sơ đồ nguyên lý cấu tạo trên hình PL1.7a.

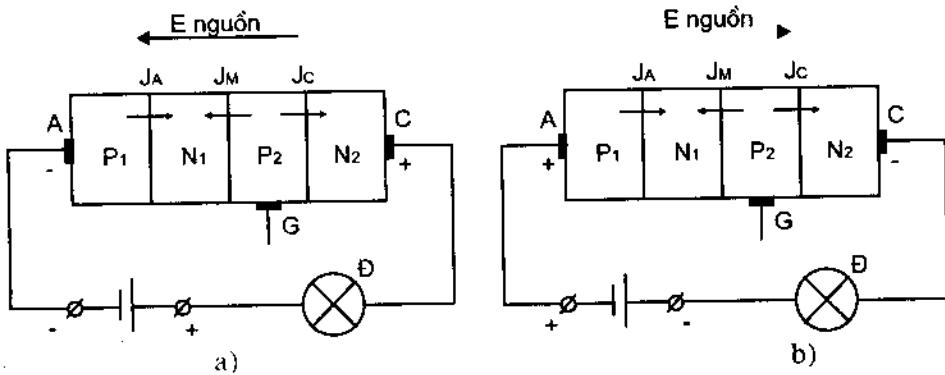


Hình PL1.7.

Nguyên lý cấu tạo và kí hiệu thyristo

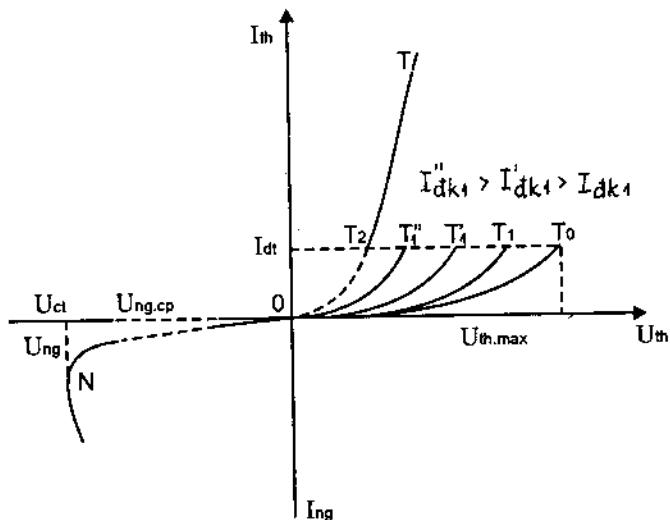
Thyristo có 3 cực. Cực gắn với lớp  $P_1$  là anot A, cực gắn với lớp  $N_2$  là catot C, cực gắn với lớp  $P_2$  là cực điều khiển G (PL1.7b). Nguyên lí cấu tạo thyristo như hình PL1.7b và kí hiệu thyristo như hình PL1.7c.

Cũng như diốt, tuỳ cực tính nguồn nối vào cực A và C của thyristo mà thyristo có thể được phân áp thuận hay phân áp ngược.

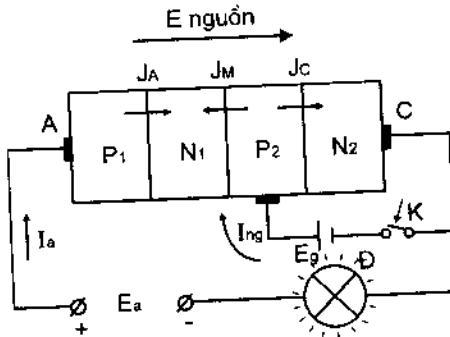


Hình PL1.8. Sơ đồ phân áp ngược (a) và phân áp thuận (b) một thyristo

Khi phân áp ngược (hình PL1.8a) thì lớp tiếp xúc  $J_M$  được phân cực thuận (diện trở rất nhỏ) nhưng các lớp  $J_A$ ,  $J_C$  lại bị phân cực ngược (diện trở rất lớn) nên không có dòng điện từ C sang A. Bóng đèn Đ (phụ tải) không sáng. Thực tế vẫn có một dòng dò rất nhỏ (cỡ vài mA) và đặc tính von-ampe khi phân áp ngược là đoạn ON trên hình PL1.9. Khi điện áp ngược tăng tới một giá trị đủ lớn ( $U_{cl}$ ) thì thyristo bị chọc thủng giống như trường hợp của diốt. Kết quả là dòng ngược tăng nhanh, mạnh và thyristo bị hỏng.



Khi phân áp thuận (hình PL1.8b) thì các lớp tiếp xúc  $J_A$ ,  $J_C$  được phân cực thuận nhưng lớp  $J_M$  lại bị phân cực ngược và có điện trở rất lớn. Do vậy trong trường hợp này cũng chỉ có một dòng dò rất nhỏ qua  $J_M$  (đoạn  $OT_1$  trên hình PL1.9).



Hình PL1.10.

Vậy : thyristo khác diốt ở chỗ : diốt dẫn điện ngay sau khi được phân áp thuận, còn thyristo có phân áp thuận cũng chưa dẫn điện. Đây chỉ là điều kiện cần nhưng chưa đủ. Muốn thyristo thông khi có phân áp thuận cần phải cấp một xung điện áp dương vào cực điều khiển G. Xung dương điều khiển có thể tạo ra một cách đơn giản nhờ đóng công tắc K ở sơ đồ hình PL1.10. Khi có xung dương, thyristo sẽ chuyển điểm làm việc từ  $T_1$  sang  $T_2$  rồi T. thyristo ở trạng thái thông. Ta không xét sâu vấn đề này.

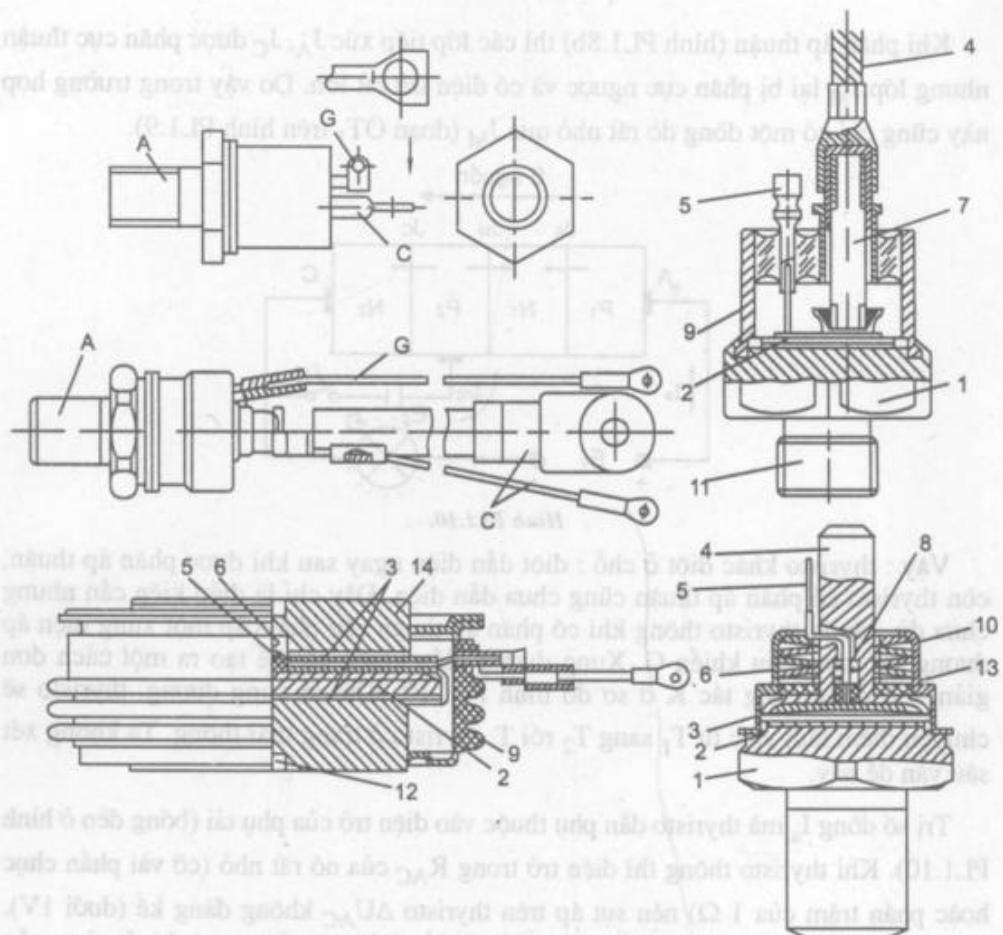
Trị số dòng  $I_a$  mà thyristo dẫn phụ thuộc vào điện trở của phụ tải (bóng đèn ở hình PL1.10). Khi thyristo thông thì điện trở trong  $R_{AC}$  của nó rất nhỏ (cỡ vài phân chục hoặc phân trăm của  $1\ \Omega$ ) nên sụt áp trên thyristo  $\Delta U_{AC}$  không đáng kể (dưới 1V). Khi thyristo đã thông thì có cắt dòng điều khiển (không cấp xung) thì thyristo vẫn giữ trạng thái thông. Đây là một đặc điểm cần lưu ý.

Điện áp thuận càng thấp thì đoạn đặc tính  $OT_1$  trở thành  $OT_1'$ ,  $OT_1''$ ... và muốn kích thông thyristo ta phải tăng dòng điều khiển lớn hơn  $I_{dk1} > I_{dk1}' > I_{dk1}''$ . Nếu dòng điều khiển tăng tới giá trị cực đại cho phép  $I_{dkmax}$  (cỡ vài chục đến vài trăm mA tùy loại thyristo) thì đoạn  $OT_1$ ,  $OT_1'$ ,  $OT_1''$ ... trở thành  $OT_2$ . Đặc tính von-ampe của thyristo sẽ như đặc tính von-ampe của diốt (so sánh đặc tính ở hình PL1.9 và PL1.3).

Cách điều khiển thông như trên (có phân áp thuận và có xung điều khiển) là cách điều khiển phổ biến trong các mạch điều khiển thyristo. Đó là phương pháp mở thông thyristo bằng dòng điều khiển. Ta có thể nhận xét :

- Đối với diốt, khi được phân áp thuận sẽ thông ngay nếu  $U_{th} > U_{ngưỡng} \approx (0,1 \div 0,5)V$  tùy loại diốt.

- Đối với thyristo thì phân áp thuận chỉ là một điều kiện. Cùng với phân áp thuận còn cần phải có xung dương điều khiển đưa vào cực điều khiển G.



Hình PLI.11. Hình dạng và kết cấu vài kiểu thyristo

1. anôt ; 2. phần tử chỉnh lưu với cực điều khiển ở giữa ; 3. tấm đệm bằng bạc ; 4. catôt ;
5. cực điều khiển ; 6. lò xo ; 7. dây mềm ; 8-13. tấm cách điện ; 9. thân ; 10. lò xo đĩa ;
11. écu ; 12. lỗ chốt định vị ; 14. nắp

Thyristo còn gọi là diốt có điều khiển. Dòng điều khiển càng lớn, đặc tính von ampe của thyristo càng giống đặc tính của diốt. Tới 1 giá trị cực đại của dòng điều khiển thì thyristo có đặc tính như của diốt.

Sau khi thyristo được thông, trạng thái thông được duy trì cho dù không còn xung điều khiển và thyristo cũng không tự khóa được. Muốn chuyển thyristo về trạng thái khóa, cần có biện pháp.

#### Cách khóa thyristo

Có 2 cách khóa thyristo thường dùng :

- Khóa bằng điện áp : đặt điện áp ngược lên thyristo đang dẫn thông.
- Khóa bằng dòng điện : giảm dòng điện  $I_a = I_{th}$  xuống nhỏ hơn giá trị của dòng điện duy trì  $I_{dt}$  (xem hình PLI.9). Dòng điện  $I_{dt}$  là dòng điện nhỏ nhất mà thyristo vẫn giữ được trạng thái thông khi không có dòng điều khiển.

Để giảm  $I_a$  xuống nhỏ hơn  $I_{dI}$  có thể hoặc tăng điện trở mạch lên rất lớn (như ngắn mạch) hoặc giảm điện áp thuận  $U_{th}$  về gần 0 hoặc bằng 0.

Tóm lại, cách mở thông và khóa một thyristor là :

- Thyristor thông khi được phân áp thuận VÀ có xung điều khiển (mở thông thyristor qua mạch điều khiển).

- Thyristor khoá khi bị phân áp ngược HOẶC khi bị giảm dòng anot  $I_a$  xuống nhỏ hơn dòng duy trì (khoá thyristor qua mạch lực).

#### Các tham số chính của thyristor

Với một thyristor, cần quan tâm tới các tham số sau đây :

- Điện áp thuận cực đại ( $U_{th,max}$ ) : điện áp thuận lớn nhất có thể đặt lâu dài lên thyristor mà thyristor vẫn giữ được trạng thái khoá.
- Điện áp định mức ( $U_{dm}$ ) : điện áp cho phép lâu dài đặt lên thyristor ở cả chiều thuận và chiều ngược.

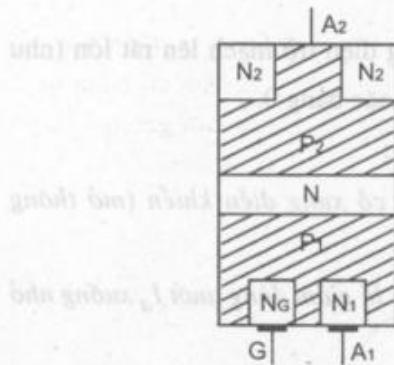
$$U_{dm} \sim \frac{2}{3} U_{th,max}$$

- Suy áp định mức : điện áp rơi trên thyristor ở trạng thái thông với dòng định mức.
- Điện áp chuyển đổi : điện áp thuận nhỏ nhất mà thyristor chuyển từ trạng thái khoá sang trạng thái thông mà không cần dòng điều khiển.
- Dòng điện định mức ( $I_{dm}$ ) : dòng trung bình lớn nhất được phép qua thyristor mà không gây ra tăng nhiệt quá mức cho phép.
- Điện áp ( $U_{Gmin}$ ) và dòng điều khiển ( $I_{Gmin}$ ) : giá trị tối thiểu của điện áp và dòng điều khiển để mở thông thyristor.
- Thời gian mở thông ( $t_m$ ) : thời gian cần để thyristor thông tăng dòng từ 0 đến  $0,9I_{dm}$ .
- Thời gian khoá ( $t_k$ ) : khoảng thời gian từ lúc  $I_{ac} = 0$  đến lúc có lại điện áp mà thyristor không chuyển sang trạng thái thông.

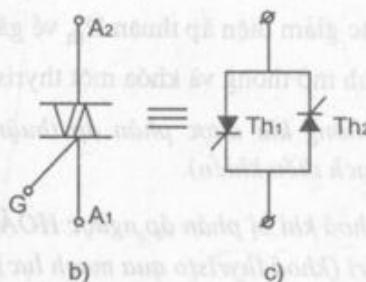
v.v...

#### 4.Triac

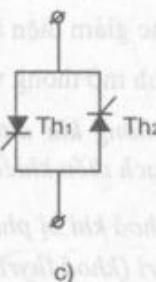
Triac là một dụng cụ bán dẫn gồm 5 lớp bán dẫn, thông thường là N-P-N-P-N với sơ đồ nguyên lý cấu tạo và ký hiệu như hình PL1.12. Phần chính là khối P<sub>2</sub>-N-P<sub>1</sub> trong đó các vùng kích thích N (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>G</sub>) nằm ở vùng P (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>). Triac có đặc tính von-ampe đối xứng.



a)

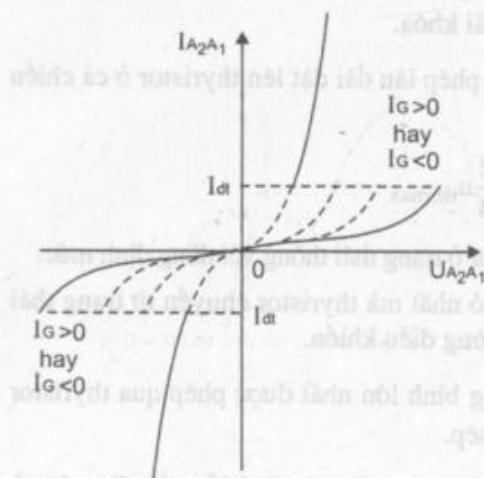


b)



c)

Hình PL1.12. Nguyên lý cấu tạo (a) và kí hiệu (b) của triac. Sự tương ứng giữa triac và thyristo (c).



Hình PL1.13. Đặc tính von-ampe của triac

Hình PL1.13 biểu thị dạng của đặc tính von-ampe của triac với các giá trị khác nhau của dòng điều khiển.

Triac dẫn thông dòng điện theo cả 2 chiều nên có tác dụng như một cặp thyristo mắc song song ngược (hình PL1.12c).

**Mở triac.** Triac thông trong các điều kiện sau :

- Hiệu thế  $U_{A2A1}$  dương với  $I_G$  dương hay âm ;
- Hiệu thế  $U_{A2A1}$  âm với  $I_G$  dương hay âm.

Như vậy có tất cả 4 khả năng mở triac.

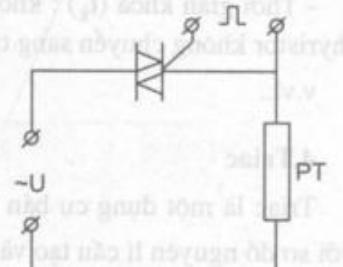
**Khóa triac.** Trong điều kiện làm việc chuẩn tắc thì việc khoá một triac giống như khoá một thyristo khi dòng dẫn giảm xuống thấp hơn giá trị dòng duy trì.

Như trên hình PL1.14, nguồn xoay chiều cấp cho phụ tải qua một triac. Vì triac dẫn điện trong cả 2 nửa chu kỳ từ A<sub>2</sub> sang A<sub>1</sub> và từ A<sub>1</sub> sang A<sub>2</sub> nên phụ tải cũng được cấp điện xoay chiều.

Các tham số chính đối với triac là tương tự như đối với thyristo.

Có 2 chế độ làm việc :

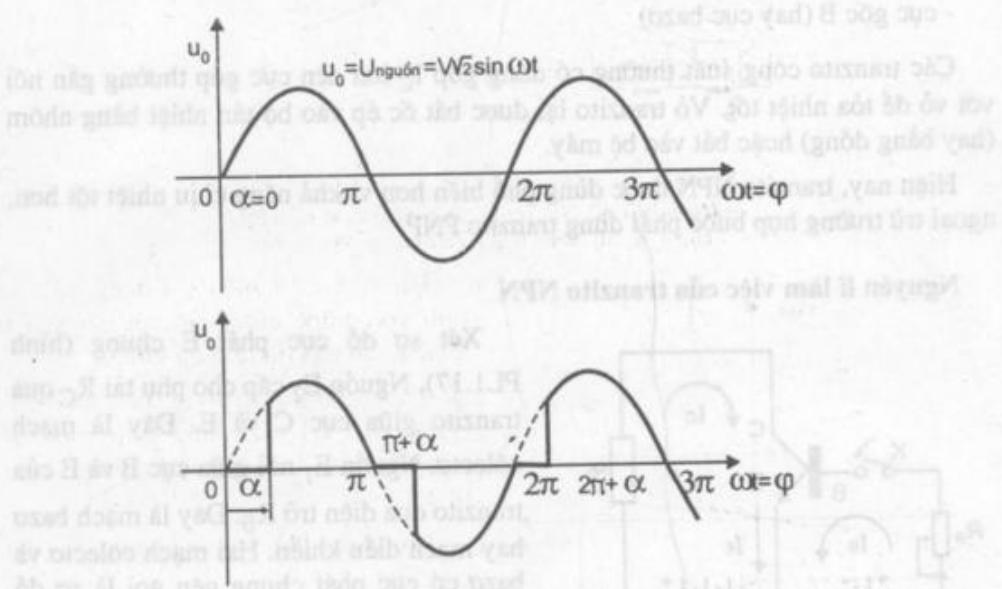
a) Với góc mở  $\alpha = 0$ , triac thông - khóa như một bộ đóng - cắt không tiếp điểm. Khi triac thông, phụ tải được nối thẳng vào nguồn. Khi triac khoá, phụ tải bị cắt khỏi nguồn. Đây là chế độ thông - khóa của triac thường được sử dụng trong các công tắc tơ bán dẫn.



Hình PL1.14. Điều chỉnh dòng xoay chiều dùng triac

b) Với góc mở  $\alpha \neq 0$ , triac làm việc lúc thông như một bộ điều chỉnh dòng điện xoay chiều. Góc mở  $\alpha$  càng lớn, điện áp xoay chiều đặt lên phụ tải càng nhỏ và dòng điện xoay chiều qua phụ tải càng nhỏ. Chế độ làm việc với góc mở  $\alpha = 90^\circ$  thường sử dụng để điều chỉnh tốc độ động cơ (quạt 1 pha chằng hạn).

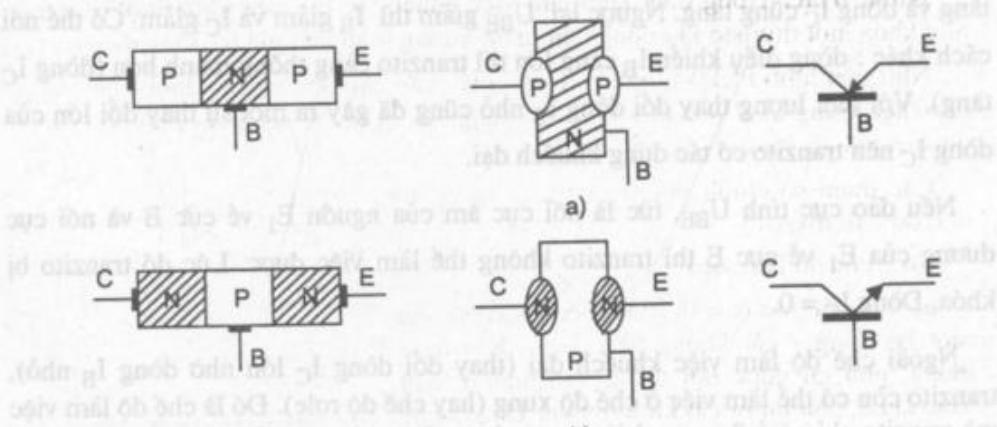
Hình PL1.15 cho dạng điện áp đặt lên phụ tải khi triac thông.



Hình PL1.15. Dạng điện áp đặt lên phụ tải khi triac thông với góc mở  $\alpha = 0$  (a)  
và khi triac thông với góc mở  $\alpha \neq 0$  (b).

## 5. Tranzito

Tranzito là một dụng cụ bán dẫn gồm 3 lớp bán dẫn ghép liên tiếp lại với nhau như sơ đồ trên hình PL1.16.



Hình PL1.16. Nguyên lý cấu tạo và kí hiệu của tranzito thuận (a) và ngược (b)

Có 2 khả năng ghép nối là P-N-P và N-P-N tương ứng với các tranzito thuận và ngược.

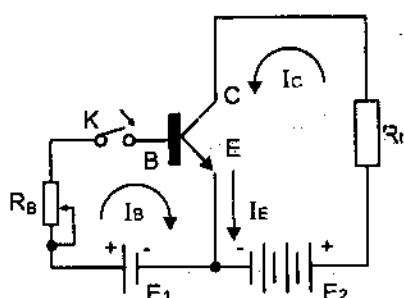
Tranzito có 3 cực:

- cực phát E (hay cực émito)
- cực góp C (hay cực cōlecto)
- cực gốc B (hay cực bazō)

Các tranzito công suất thường có dòng góp  $I_C$  lớn nên cực góp thường gắn nối với vỏ để tỏa nhiệt tốt. Vỏ tranzito lại được bắt ốc ép vào bộ tản nhiệt bằng nhôm (hay bằng đồng) hoặc bắt vào bệ máy.

Hiện nay, tranzito NPN được dùng phổ biến hơn vì khả năng chịu nhiệt tốt hơn, ngoại trừ trường hợp buộc phải dùng tranzito PNP.

### Nguyên lí làm việc của tranzito NPN



Hình PLI.17. Nguyên lí làm việc của tranzito NPN trong sơ đồ cực phát chung

Xét sơ đồ cực phát E chung (hình PLI.17). Nguồn  $E_2$  cấp cho phụ tải  $R_C$  qua tranzito giữa cực C và E. Đây là mạch cōlecto. Nguồn  $E_1$  nối giữa cực B và E của tranzito qua điện trở  $R_B$ . Đây là mạch bazō hay mạch điều khiển. Hai mạch cōlecto và bazō có cực phát chung nên gọi là sơ đồ cực phát chung.

Khi đóng khóa K, giữa cực B và E có dòng điện  $I_B$  (còn gọi là dòng điều khiển). Lúc này tranzito sẽ thông và dẫn dòng tải

cực góp  $I_C$  qua tranzito, từ C sang E. Tăng điện áp B-E (giảm điện trở  $R_B$ ) thì  $I_B$  tăng và dòng  $I_C$  cũng tăng. Ngược lại,  $U_{BE}$  giảm thì  $I_B$  giảm và  $I_C$  giảm. Có thể nói cách khác : dòng điều khiển  $I_B$  càng lớn thì tranzito càng thông mạnh hơn (dòng  $I_C$  tăng). Với một lượng thay đổi dòng  $I_B$  nhỏ cũng đã gây ra một sự thay đổi lớn của dòng  $I_C$  nên tranzito có tác dụng khuếch đại.

Nếu đảo cực tính  $U_{BE}$ , tức là nối cực âm của nguồn  $E_1$  về cực B và nối cực dương của  $E_1$  về cực E thì tranzito không thể làm việc được. Lúc đó tranzito bị khóa. Dòng  $I_C = 0$ .

Ngoài chế độ làm việc khuếch đại (thay đổi dòng  $I_C$  lớn nhờ dòng  $I_B$  nhỏ), tranzito còn có thể làm việc ở chế độ xung (hay chế độ role). Đó là chế độ làm việc mà tranzito chỉ có ở 2 trạng thái ngược nhau : hoặc thông (dẫn dòng từ C sang E) hoặc khóa (không dẫn dòng từ C sang E).

Tranzito làm việc ở chế độ này còn được gọi là khóa bán dẫn (hay khóa điện tử).

Để tranzito làm việc tốt ở chế độ xung, khi chuyển mạch thông, cần phải đảm bảo tranzito thông hoàn toàn (thông bao hòa), còn khi chuyển mạch khóa, cần phải đảm bảo tranzito khóa hoàn toàn (khóa chặt). Như hình PL1.17, khi điện áp điều khiển  $U_{BE}$  về 0 (mờ K) thì tranzito sẽ khóa. Để tranzito khóa hoàn toàn, cần cho  $U_{BE}$  âm một chút (hình PL1.18).

Chế độ thông - khóa của tranzito được ứng dụng trong các sơ đồ phân tử logic. Chế độ khuếch đại được sử dụng rất rộng rãi trong các sơ đồ khuếch đại (điện áp, dòng, xung...)

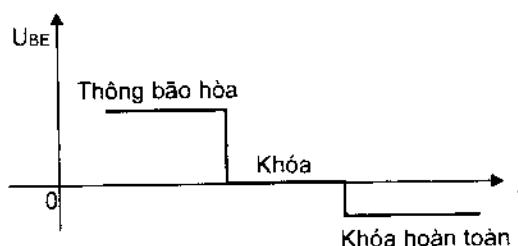
Các tham số chính của tranzito cần quan tâm là :

- Dòng định mức (dòng collector) dẫn từ cực C sang E (đối với tranzito ngược) hoặc từ E sang C (đối với tranzito thuận) khi tranzito thông.

- Dòng bazơ cần để tranzito thông.

- Điện áp cực đại chịu được của tranzito giữa C và E khi tranzito khóa.

v.v...



Hình PL1.18. Điện áp điều khiển  $U_{BE}$  ở chế độ xung của tranzito.

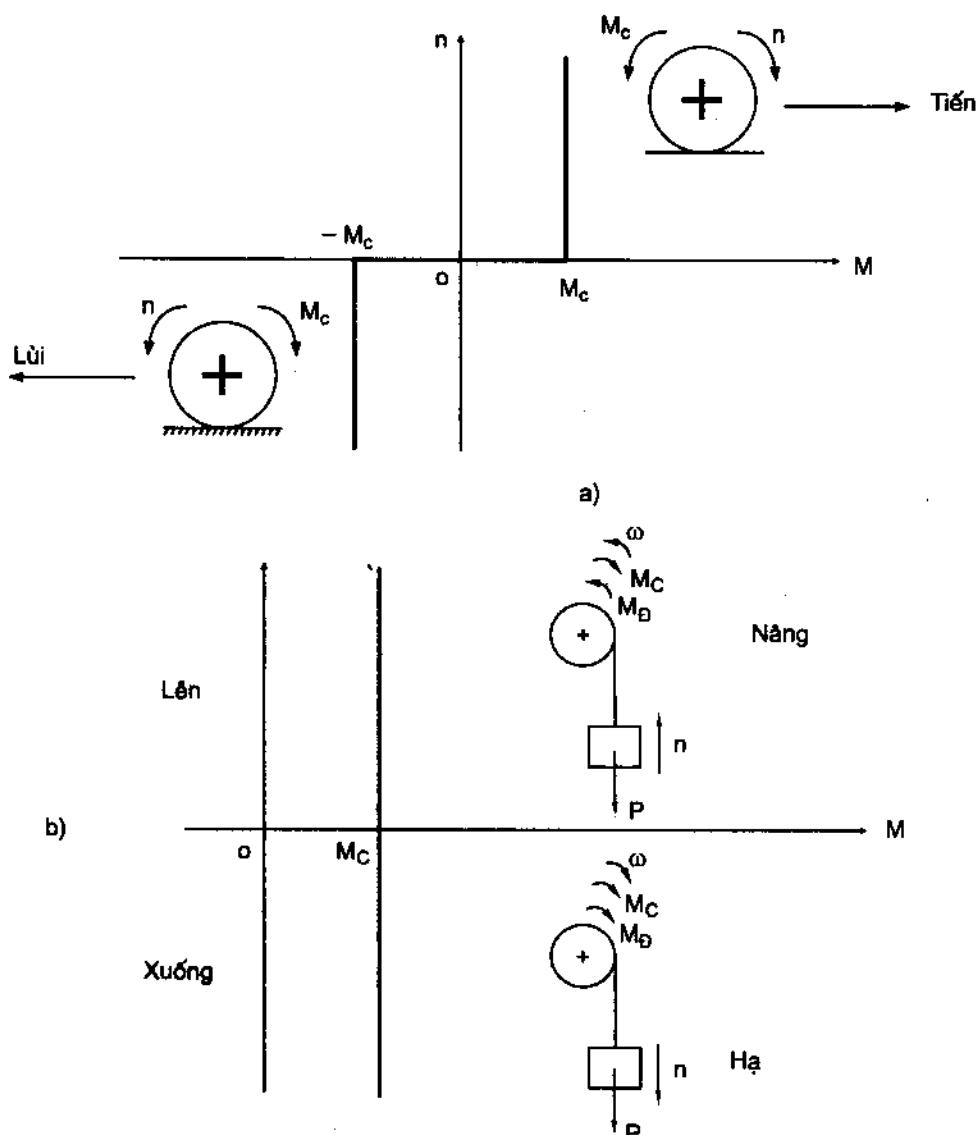
## Phụ lục 2 - MÔMEN CÂN

Mômen cân trong các hệ thống TĐĐ có thể thuộc 2 loại : mômen cân phản kháng và mômen cân thế năng.

### 1. Mômen cân phản kháng

Mômen cân loại này luôn có chiều chống lại chuyển động do động cơ tiến hành. Chiều mômen sẽ đảo lại khi động cơ đảo chiều quay.

Mômen cân thuộc loại này có mômen ma sát ở các ổ trục, mômen cân ở bánh xe, mômen cân ở các gờ trượt...



**Hình PL2.1.** Các loại mômen cản  
a- Mômen cản phản kháng ; b- Mômen cản thế năng

## 2. Mômen cản thế năng

Mômen cản loại này luôn có chiều tác động không đổi khi động cơ thay đổi chiều quay. Do vậy, ở chiều quay này, mômen cản thế năng cản trở chuyển động thì ở chiều quay ngược lại, nó hỗ trợ chuyển động. Phụ tải gây ra mômen cản loại này là phụ tải thế năng mà nguyên nhân là do lực hút của quả đất đặt vào vật, luôn hướng từ trên xuống dưới. Động cơ của cơ cấu nâng - hạ trong máy trực khi nâng vật sẽ bị trọng tải cản chuyển động, còn khi hạ vật sẽ được trọng tải hỗ trợ chuyển động.

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Mở đầu</i>	4
<i>Chương 1. KHÁI QUÁT VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN</i> (1 tiết)	5
<i>Chương 2. CÁC BỘ BIẾN ĐỔI</i> (15 tiết)	8
2.1. Bộ biến đổi mức điện áp (hay dòng điện) xoay chiều	9
2.2. Bộ biến đổi loại dòng điện : xoay chiều thành một chiều	14
2.3. Bộ biến đổi dòng điện : xoay chiều - xoay chiều	21
2.4. Bộ biến đổi dòng điện một chiều - một chiều	24
Câu hỏi chương 2	29
<i>Chương 3 - CÁC PHẦN TỬ ĐIỀU KHIỂN</i> (12 tiết)	31
3.1. Các phần tử bảo vệ	31
3.2. Các phần tử điều khiển có tiếp điểm	34
3.3. Các role	43
3.4. Thiết bị đóng - cắt không tiếp điểm	52
3.5. Công tắc hành trình không tiếp điểm	55
3.6. Các phần tử điện tử	59
Câu hỏi chương 3	62
<i>Chương 4 - ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN</i> (17 tiết)	63
A - Động cơ điện một chiều	63
4.1. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song	65
4.2. Ảnh hưởng của các thông số điện tới đặc tính cơ	68
4.3. Vận hành động cơ điện một chiều kích từ độc lập	70
B - Động cơ điện xoay chiều ba pha	86
4.4. Đặc tính cơ của động cơ điện xoay chiều ba pha KDB	88
4.5. Ảnh hưởng của các thông số điện tới đặc tính cơ	90
4.6. Vận hành động cơ điện xoay chiều KDB	94
Câu hỏi chương 4	113
<i>Chương 5 - CÁC MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN THƯỜNG GẶP</i> (15 tiết)	114
Phụ lục 1	137
Phụ lục 2	149

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI

Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

*Biên tập nội dung :*

BÙI MINH HIẾN

*Biên tập kỹ thuật :*

NGUYỄN PHƯƠNG YÊN

*Trình bày bìa :*

BÙI QUANG TUẤN

*Sửa bản in :*

BÌNH MINH

*Chép bản :*

ĐOÀN VIỆT QUÂN

---

## **GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN**

**Mã số : 7K563T6-DAI**

In 1.500 bản, khổ 16 x 24cm, tại Xí nghiệp In ACS Việt Nam.

Số 10 Phạm Văn Đồng - Kiến Thụy - Hải Phòng.

Số ĐKKHXB : 04-2006/CXB/148-1860GD. In xong và nộp lưu chiểu Quý 1/2006.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ  
HEVOBECO

Địa chỉ : 25 Hàn Thuyên, Hà Nội

TÌM ĐỌC GIÁO TRÌNH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ  
TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIAO DỤC

1. An toàn điện	Nguyễn Đình Thắng
2. Kỹ thuật điện	Đặng Văn Đào
3. Máy điện	Nguyễn Hồng Thành
4. Kỹ thuật lắp đặt điện	Phan Đăng Khải
5. Điện dân dụng và công nghiệp	Vũ Văn Tẩm
6. Cung cấp điện	Ngô Hồng Quang
7. Đo lường các đại lượng điện và không điện	Nguyễn Văn Hoà
8. Kỹ thuật điều khiển động cơ điện	Vũ Quang Hồi
9. Điện tử công suất	Trần Trọng Minh
10. Linh kiện điện tử và ứng dụng	Nguyễn Viết Nguyên
11. Điện tử dân dụng	Nguyễn Thành Trà, Thái Vĩnh Hiển
12. Kỹ thuật số	Nguyễn Viết Nguyên
13. Kỹ thuật mạch điện tử	Đặng Văn Chuyết
14. Cơ kỹ thuật	Đỗ Sanh
15. An toàn lao động	Nguyễn Thế Đạt
16. Vẽ kỹ thuật	Trần Hữu Quế
17. Vật liệu và công nghệ cơ khí	Hoàng Tùng
18. Dụng sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường	Ninh Đức Tốn, Nguyễn Thị Xuân Bảy
19. Kỹ thuật sửa chữa ôtô, máy nổ	Nguyễn Tất Tiến, Đỗ Xuân Kính
20. Công nghệ hàn (lý thuyết và ứng dụng)	Nguyễn Thúc Hà
21. Cơ sở kỹ thuật cắt gọt kim loại	Nguyễn Tiến Lương

Bạn đọc có thể tìm mua tại các Công ty sách - thiết bị trường học  
ở địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục :

81 Trần Hưng Đạo, 187 Giảng Võ, 25 Hàn Thuyên - Hà Nội

15 Nguyễn Chí Thanh - TP. Đà Nẵng

104 Mai Thị Luu - Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh



8 934980 685846



Giá: 12.600 đ