

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ  
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ

# LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**NGHIÊN CỨU VỀ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT VÀ ỨNG DỤNG CỦA  
ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT ĐỂ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ  
MỘT CHIỀU KÍCH TỪ ĐỘC LẬP**

Sinh viên thực hiện: Võ Ngọc Toàn  
Lớp: 95KĐĐ.  
Giáo viên hướng dẫn: Nguyễn Dư Xứng

TP. HỒ CHÍ MINH Tháng 3 - 2000.

## LỜI NÓI ĐẦU



Trong giai đoạn công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, ngày càng có nhiều thiết bị bán dẫn công suất hiện đại được sử dụng không chỉ trong lĩnh vực sản xuất mà cả trong việc phục vụ đời sống sinh hoạt của con người. Sự ra đời và phát triển của các linh kiện bán dẫn công suất như: diode, transistor, tiristor, triac... Cùng với việc hoàn thiện mạch điều khiển chúng đã tạo nên sự thay đổi sâu sắc, vượt bậc của kỹ thuật biến đổi điện năng và của cả ngành kỹ thuật điện nói chung.

Hiện nay, mạng điện ở nước ta chủ yếu là điện xoay chiều với tần số điện công nghiệp. Để cung cấp nguồn điện một chiều có giá trị điện áp và dòng điện điều chỉnh được cho những thiết bị điện dùng trong các hệ thống truyền động điện một chiều, người ta đã hoàn thiện bộ chỉnh lưu có điều khiển dùng tiristor.

Vì những lý do trên, đề tài “ ***Nghiên cứu về điện tử công suất và ứng dụng của điện tử công suất để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập*** “ sẽ đi sâu vào nghiên cứu các hệ thống truyền động có dùng điện tử công suất để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập.

Luận văn được trình bày gồm ba chương:

Chương I: Giới thiệu về điện tử công suất.

Chương II: Nghiên cứu và trình bày các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập

Chương III: Các hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập có dùng điện tử công suất.

Do điều kiện thời gian, kiến thức còn hạn hẹp, nên tập luận văn sẽ không tránh khỏi những thiếu sót về mặt nội dung lẫn hình thức. Sinh viên thực hiện rất mong nhận được sự quan tâm, chỉ bảo của quý thầy cô, bạn bè để tập luận văn được hoàn thiện hơn.

KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ  
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ

## NHIỆM VỤ LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên : VÕ NGỌC TOÀN

Lớp : 95KĐĐ

Ngành : Điện - Điện tử

1. Tên đề tài: *Nghiên cứu về điện tử công suất và ứng dụng của điện tử công suất để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập.*

2. Các số liệu ban đầu:

.....

.....

3. Nội dung các phần thuyết minh, tính toán:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 5. Giáo viên hướng dẫn: Nguyễn Dur Xứng.
- 6. Ngày giao nhiệm vụ:
- 7. Ngày hoàn thành nhiệm vụ:

Giáo viên hướng dẫn

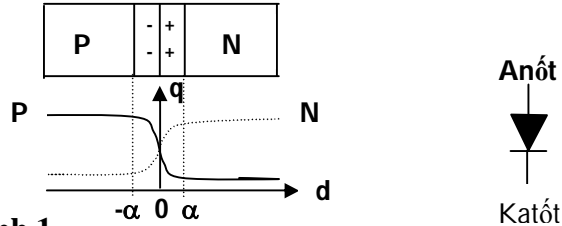
Thông qua bộ môn  
Ngày tháng năm 2000  
Chủ nhiệm bộ môn

## Chương I

# GIỚI THIỆU VỀ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

## I. DIODE CÔNG SUẤT:

### I. 1 Cấu tạo:



Hình 1. (a) Cấu tạo của diode.  
(b) Ký hiệu của diode.

Diode công suất là linh kiện bán dẫn có hai cực, được cấu tạo bởi một lớp bán dẫn N và một lớp bán dẫn P ghép lại.

Silic là một nguyên tố hóa học thuộc nhóm IV trong bảng hệ thống tuần hoàn. Silic có 4 điện tử thuộc lớp ngoài cùng trong cấu trúc nguyên tử. Nếu ta kết hợp thêm vào một nguyên tố thuộc nhóm V mà lớp ngoài cùng có 5 điện tử thì 4 điện tử của nguyên tố này tham gia liên kết với 4 điện tử tự do của Silic và xuất hiện một điện tử tự do. Trong cấu trúc tinh thể, các điện tử tự do làm tăng tính dẫn điện. Do điện tử có điện tích âm nên chất này được gọi là chất bán dẫn loại N (negative), có nghĩa là âm.

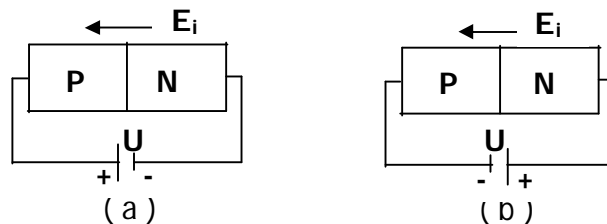
Nếu thêm vào Silic một nguyên tố thuộc nhóm III mà có 3 nguyên tử thuộc nhóm ngoài cùng thì xuất hiện một lỗ trống trong cấu trúc tinh thể. Lỗ trống này có thể nhận 1 điện tử, tạo nên điện tích dương và làm tăng tính dẫn điện. Chất này được gọi là chất bán dẫn loại P (positive), có nghĩa là dương.

Trong chất bán dẫn loại N điện tử là hạt mang điện đa số, lỗ trống là thiểu số. Với chất bán dẫn loại P thì ngược lại.

Ở giữa hai lớp bán dẫn là mặt ghép PN. Tại đây xảy ra hiện tượng khuếch tán. Các lỗ trống của bán dẫn loại P tràn sang N là nơi có ít lỗ trống. Các điện tử của bán dẫn loại N chạy sang P là nơi có ít điện tử. Kết quả tại mặt tiếp giáp phía P nghèo đi về điện tích dương và giàu lên về điện tích âm. Còn phía bán dẫn loại N thì ngược lại nên gọi là vùng điện tích không gian dương.

Trong vùng chuyển tiếp ( $-α$ ) hình thành một điện trường nội tại. Ký hiệu là  $E_i$  và có chiều từ N sang P hay còn gọi là barie điện thế (khoảng từ 0,6V đến 0,7V đối với vật liệu là Silic). Điện trường này ngăn cản sự di chuyển của các điện tích đa số và làm dễ dàng cho sự di chuyển của các điện tích thiểu số (điện tử của vùng P và lỗ trống của vùng N). Sự di chuyển của các điện tích thiểu số hình thành nên dòng điện ngược hay dòng điện rò.

### I. 2 Nguyên lý hoạt động:



Hình 1. 2

- a). Sự phân cực thuận diode.
- b). Sự phân cực ngược diode.

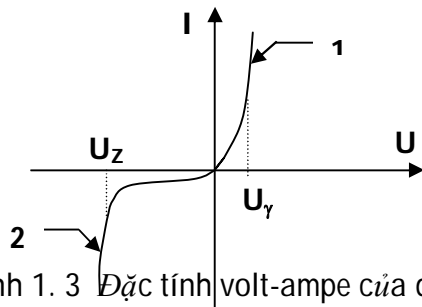
Khi đặt diode công suất dưới điện áp nguồn  $U$  có cực tính như hình vẽ, chiều của điện trường ngoài ngược chiều với điện trường nội  $E_i$ . Thông thường  $U > E_i$  thì có dòng điện chạy trong mạch, tạo nên điện áp rơi trên diode khoảng 0,7V khi dòng điện là định mức. Vậy sự phân cực thuận hạ thấp barie điện thế. Ta nói mặt ghép PN được phân cực thuận.

Khi đổi chiều cực tính điện áp đặt vào diode, điện trường ngoài sẽ tác động cùng chiều với điện trường nội tại  $E_i$ . Điện trường tổng hợp cản trở sự di chuyển của các điện tích đa số. Các điện tử của vùng N di chuyển thẳng về cực dương nguồn  $U$  làm cho điện thế vùng N vốn đã cao lại càng cao hơn so với vùng P. Vì thế vùng chuyển tiếp lại càng rộng ra, không có dòng điện chạy qua mặt ghép PN. Ta nói mặt ghép PN bị phân cực ngược. Nếu tiếp tục tăng  $U$ , các điện tích được gia tốc, gây nên sự va chạm dây chuyền làm barie điện thế bị đánh thủng.

Đặc tính volt-ampe của diode công suất được biểu diễn gần đúng bằng biểu thức sau:  $I = I_S [ \exp (eU/kT) - 1 ]$  ( 1. 1 )

Trong đó:

- $I_S$  : Dòng điện rò, khoảng vài chục mA
- $e = 1,59.10^{-19}$  Coulomb
- $k = 1,38.10^{-23}$  : Hằng số Boltzmann
- $T = 273 + t^0$  : Nhiệt độ tuyệt đối ( $^0$  K)
- $t^0$  : Nhiệt độ của môi trường ( $^0$  C)
- $U$  : Điện áp đặt trên diode (V)



Hình 1. 3 Đặc tính volt-ampe của diode.

Đặc tính volt-ampe của diode gồm có hai nhánh:

1. Nhánh thuận
2. Nhánh ngược

Khi diode được phân cực thuận dưới điện áp  $U$  thì barie điện thế  $E_i$  giảm xuống gần bằng 0. Tăng  $U$ , lúc đầu dòng  $I$  tăng từ từ cho đến khi  $U$  lớn hơn khoảng 0,1V thì  $I$  tăng một cách nhanh chóng, đường đặc tính có dạng hàm mũ.

Tương tự, khi phân cực ngược cho diode, tăng  $U$ , dòng điện ngược cũng tăng từ từ. Khi  $U$  lớn hơn khoảng 0,1V dòng điện ngược dừng lại ở giá trị vài chục mA và được ký hiệu là  $I_S$ . Dòng  $I_S$  là do sự di chuyển của các điện tích thiểu số tạo nên. Nếu tiếp tục tăng  $U$  thì các điện tích thiểu số di chuyển càng dễ dàng hơn, tốc độ di chuyển tỉ lệ thuận với điện trường tổng hợp, động năng của chúng tăng lên. Khi  $|U| = |U_z|$  thì sự va chạm giữa các điện tích thiểu số di chuyển với tốc độ cao sẽ bẻ

gây được các liên kết nguyên tử Silic trong vùng chuyển tiếp và xuất hiện những điện tử tự do mới. Rồi những điện tích tự do mới này chịu sự tăng tốc của điện trường tổng hợp lại tiếp tục bắn phá các nguyên tử Silic. Kết quả tạo một phản ứng dây chuyền làm cho dòng điện ngược tăng lên ào ạt và sẽ phá hỏng diode. Do đó, để bảo vệ diode người ta chỉ cho chúng hoạt động với giá trị điện áp:  $U = (0,7 \rightarrow 0,8)U_Z$ .

Khi diode hoạt động, dòng điện chạy qua diode làm cho diode phát nóng, chủ yếu ở tại vùng chuyển tiếp. Đối với diode loại Silic, nhiệt độ mặt ghép cho phép là  $200^{\circ}\text{C}$ . Vượt quá nhiệt độ này diode có thể bị phá hỏng. Do đó, để làm mát diode, ta dùng quạt gió để làm mát, cánh tản nhiệt hay cho nước hoặc dầu biến thể chảy qua cánh tản nhiệt với tốc độ lớn hay nhỏ tùy theo dòng điện.

*Các thông số kỹ thuật cơ bản để chọn diode là:*

- Dòng điện định mức  $I_{dm}$  (A)
- Điện áp ngược cực đại  $U_{ngmax}$  (V)
- Điện áp rơi trên diode  $\Delta U$  (V)

### **I. 3 Ứng dụng:**

Ứng dụng chủ yếu của diode công suất là chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều cung cấp cho tải.

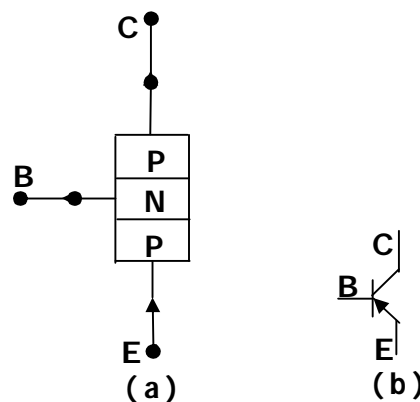
Các bộ chỉnh lưu của diode được chia thành hai nhóm chính:

- Chỉnh lưu bán kỳ hay còn gọi là chỉnh lưu nửa sóng.
- Chỉnh lưu toàn kỳ hay còn gọi là chỉnh lưu toàn sóng.

## **II. TRANSISTOR CÔNG SUẤT:**

### **II. 1 Cấu tạo:**

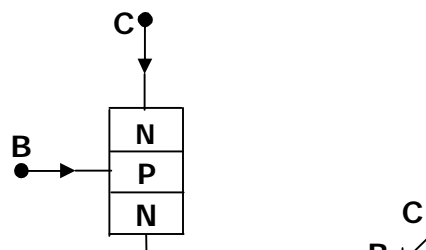
Transistor là linh kiện bán dẫn gồm 3 lớp: PNP hay NPN.



Hình 1. 4 Transistor PNP:

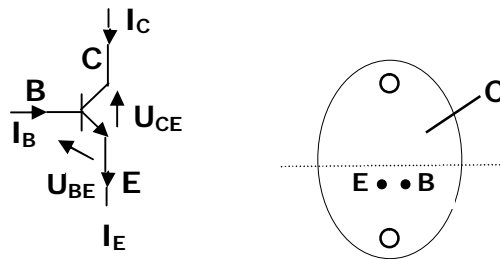
a). Cấu tạo

b). Ký hiệu



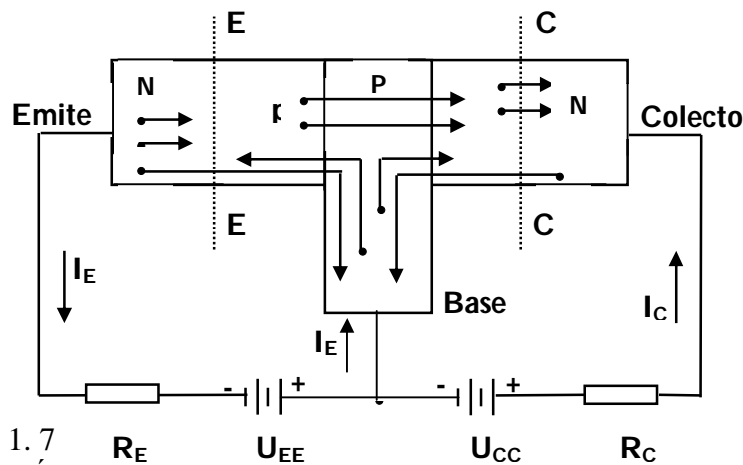
Về mặt vật lý, transistor gồm 3 phần: phần phát, phần nền và phần thu. Vùng nền (B) rất mỏng.

Transistor công suất có cấu trúc và ký hiệu như sau:



Hình (a) Transistor công suất (b)  
a). Cấu trúc b). Ký hiệu

## II. 2 Nguyên lý hoạt động:



Hình 1. 7

Điện thế  $U_{EE}$  phân cực thuận mối nối B - E (PN) là nguyên nhân làm cho vùng phát (E) phóng điện tử vào vùng P (cực B). Hầu hết các điện tử (electron) sau khi qua vùng B rồi qua tiếp mối nối thứ hai phía bên phải hướng tới vùng N (cực thu), khoảng 1% electron được giữ lại ở vùng B. Các lỗ trống vùng nền di chuyển vào vùng phát.

Mối nối B - E ở chế độ phân cực thuận như một diode, có điện kháng nhỏ và điện áp rơi trên nó nhỏ thì mối nối B - C được phân cực ngược bởi điện áp  $U_{CC}$ . Bản chất mối nối B - C này giống như một diode phân cực ngược và điện kháng mối nối B - C rất lớn.



Dòng điện đo được trong vùng phát gọi là dòng phát  $I_E$ . Dòng điện đo được trong mạch cực C (số lượng điện tích qua đường biên CC trong một đơn vị thời gian là dòng cực thu  $I_C$ ).

Dòng  $I_C$  gồm hai thành phần:

- Thành phần thứ nhất (thành phần chính) là tỉ lệ của hạt electron ở cực phát tới cực thu. Tỉ lệ này phụ thuộc duy nhất vào cấu trúc của transistor và là hằng số được tính trước đối với từng transistor riêng biệt. Hằng số đã được định nghĩa là  $\alpha$ . Vậy thành phần chính của dòng  $I_C$  là  $\alpha I_E$ . Thông thường  $\alpha = 0,9 \rightarrow 0,999$ .

- Thành phần thứ hai là dòng qua mối nối B - C ở chế độ phân cực ngược lại khi  $I_E = 0$ . Dòng này gọi là dòng  $I_{CBO}$  - nó rất nhỏ.

- Vậy dòng qua cực thu:  $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$ .

\* Các thông số của transistor công suất:

- $I_C$ : Dòng colectơ mà transistor chịu được.

- $U_{CESat}$ : Điện áp  $U_{CE}$  khi transistor dẫn bão hòa.

- $U_{CEO}$ : Điện áp  $U_{CE}$  khi mạch bдор để hở,  $I_B = 0$ .

- $U_{CEX}$ : Điện áp  $U_{CE}$  khi bдор bị khóa bởi điện áp âm,  $I_B < 0$ .

- $t_{on}$ : Thời gian cần thiết để  $U_{CE}$  từ giá trị điện áp nguồn  $U$  giảm xuống

$U_{CESat} \approx 0$ .

- $t_f$ : Thời gian cần thiết để  $i_C$  từ giá trị  $I_C$  giảm xuống 0.

- $t_s$ : Thời gian cần thiết để  $U_{CE}$  từ giá trị  $U_{CESat}$  tăng đến giá trị điện áp nguồn

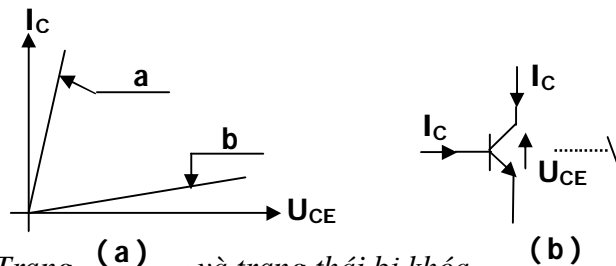
$U$ .

- $P$ : Công suất tiêu tán bên trong transistor. Công suất tiêu tán bên trong transistor được tính theo công thức:  $P = U_{BE} \cdot I_B + U_{CE} \cdot I_C$ .

- Khi transistor ở trạng thái mở:  $I_B = 0, I_C = 0$  nên  $P = 0$ .

- Khi transistor ở trạng thái đóng:  $U_{CE} = U_{CESat}$ .

Trong thực tế transistor công suất thường được cho làm việc ở chế độ khóa:  $I_B = 0, I_C = 0$ , transistor được coi như hở mạch. Nhưng với dòng điện gốc ở trạng thái có giá trị bão hòa, thì transistor trở về trạng thái đóng hoàn toàn. Transistor là một linh kiện phụ thuộc nên cần phối hợp dòng điện gốc và dòng điện góp. Ở trạng thái bão hòa để duy trì khả năng điều khiển và để tránh điện tích ở cực gốc quá lớn, dòng điện gốc ban đầu phải cao để chuyển sang trạng thái dẫn nhanh chóng. Ở chế độ khóa dòng điện gốc phải giảm cùng qui luật như dòng điện góp để tránh hiện tượng chọc thủng thứ cấp.



Hình 1. 8 Trạng (a) và trạng thái bị khóa (b)

a). Trạng thái đóng mạch hay ngắn mạch  $I_B$  lớn,  $I_C$  do tải giới hạn.

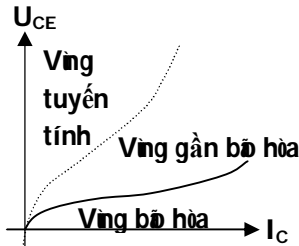
b). Trạng thái hở mạch  $I_B = 0$ .

Các tổn hao chuyển mạch của transistor có thể lớn. Trong lúc chuyển mạch, điện áp trên các cực và dòng điện của transistor cũng lớn. Tích của dòng điện và điện áp cùng với thời gian chuyển mạch tạo nên tổn hao năng lượng trong một lần

chuyển mạch. Công suất tổn hao chính xác do chuyển mạch là hàm số của các thông số của mạch phụ tải và dạng biến thiên của dòng điện gốc.

\* *Đặc tính tĩnh của transistor*:  $U_{CE} = f(I_C)$ .

Để cho khi transistor đóng, điện áp sụt bên trong có giá trị nhỏ, người ta phải cho nó làm việc ở chế độ bão hòa, tức là  $I_B$  phải đủ lớn để  $I_C$  cho điện áp sụt  $U_{CE}$  nhỏ nhất. Ở chế độ bão hòa, điện áp sụt trong transistor công suất bằng 0,5 đến 1V trong khi đó transistor là khoảng 1,5V.



Hình 1. 9 *Đặc tính tĩnh của transistor*:  $U_{CE} = f(I_C)$ .

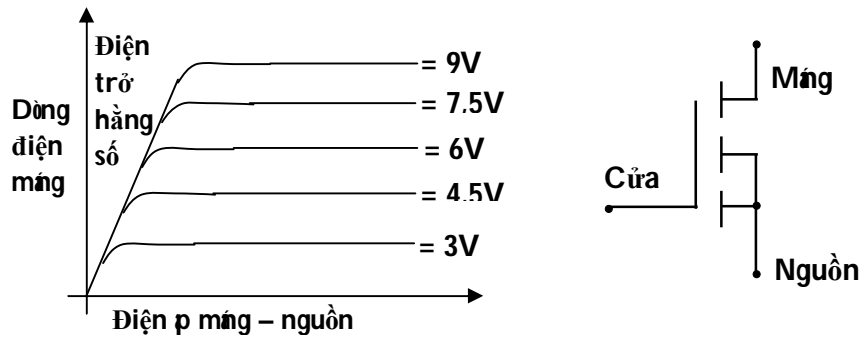
### II. 3 Ú

Transistor công suất dùng để đóng cắt dòng điện một chiều có cường độ lớn. Tuy nhiên trong thực tế transistor công suất thường cho làm việc ở chế độ khóa.

$I_B = 0, I_C = 0$ : transistor coi như hở mạch.

### II. 4 Transistor Mos công suất:

Transistor trường FET (Field – Effect Transistor) được chế tạo theo công nghệ Mos (Metal – Oxid – Semiconductor), thường sử dụng như những chuyển mạch điện tử có công suất lớn. Khác với transistor lưỡng cực được điều khiển bằng dòng điện, transistor Mos được điều khiển bằng điện áp. Transistor Mos gồm các cực chính: cực máng (drain), nguồn (source) và cửa (gate). Dòng điện máng - nguồn được điều khiển bằng điện áp cửa – nguồn.



Hình 1. 10 *Transistor Mos công suất:*

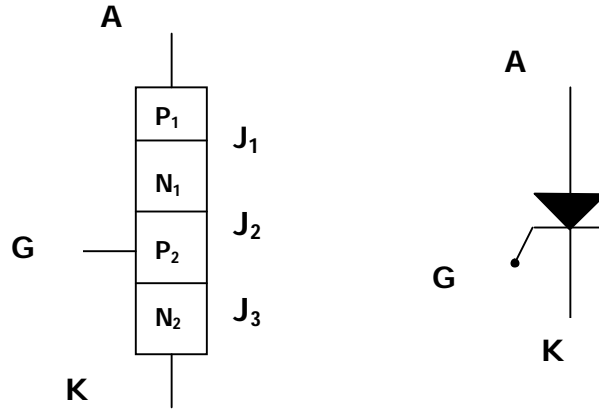
- a). *Họ đặc tính ra.*
- b). *Ký hiệu thông thường kênh N.*

Transistor Mos là loại dụng cụ chuyển mạch nhanh. Với điện áp 100V tổn hao dẫn ở chúng lớn hơn ở transistor lưỡng cực và transistor, nhưng tổn hao chuyển mạch nhỏ hơn nhiều. Hệ số nhiệt điện trở của transistor Mos là dương. Dòng điện và điện áp cho phép của transistor Mos nhỏ hơn của transistor lưỡng cực và transistor.

### III. TIRISTOR:

#### III. 1 Cấu tạo:

Tiristor là linh kiện gồm 4 lớp bán dẫn PNPN liên tiếp tạo nên anốt, katốt và cực điều khiển.



Hình 1. 11 (a)

(b)

- a). Cấu tạo  
b). Ký hiệu của tiristor.

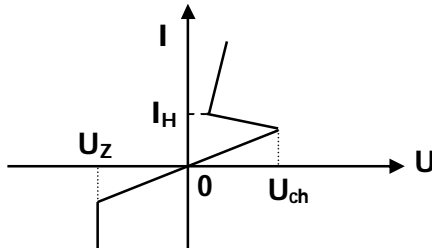
Trong đó:

- A: anốt.
- K: katốt.
- G: cực điều khiển.
- J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub>: các mặt ghép.

Tiristor gồm 1 đĩa Silic từ đơn thể loại N, trên lớp đệm loại bán dẫn P có cực điều khiển bằng dây nhôm, các lớp chuyển tiếp được tạo nên bằng kỹ thuật bay hơi của Gali. Lớp tiếp xúc giữa anốt và katốt là bằng đĩa molybden hay tungsten có hệ số nóng chảy gần bằng với Gali. Cấu tạo dạng đĩa kim loại để dễ dàng tản nhiệt.

#### III. 2 Nguyên lý hoạt động:

Đặt tiristor dưới điện áp một chiều, anốt nối vào cực dương, katốt nối vào cực âm của nguồn điện áp, J<sub>1</sub>, J<sub>3</sub> phân cực thuận, J<sub>2</sub> phân cực ngược. Gần như toàn bộ điện áp nguồn đặt trên mặt ghép J<sub>2</sub>. Điện trường nội tại E<sub>i</sub> của J<sub>2</sub> có chiều từ N<sub>1</sub> hướng về P<sub>2</sub>. Điện trường ngoài tác động cùng chiều với E<sub>i</sub> vùng chuyển tiếp cũng là vùng cách điện càng mở rộng ra không có dòng điện chạy qua tiristor mặc dù nó bị đặt dưới điện áp.



Hình 1. 12 Đặc tính volt-ampe của tiristor.

**\* Mở tiristor:**

Cho một xung điện áp dương  $U_g$  tác động vào cực G ( dương so với K ), các điện tử từ  $N_2$  sang  $P_2$ . Đến đây, một số ít điện tử chảy vào cực G và hình thành dòng điều khiển  $I_g$  chạy theo mạch G -  $J_3$  - K - G còn phần lớn điện tử chịu sức hút của điện trường tổng hợp của mặt ghép  $J_2$  lao vào vùng chuyển tiếp này, tăng tốc, động năng lớn bề gây các liên kết nguyên tử Silic, tạo nên điện tử tự do mới. Số điện tử mới được giải phóng tham gia bắn phá các nguyên tử Silic trong vùng kế tiếp. Kết quả của phản ứng dây chuyền làm xuất hiện nhiều điện tử chạy vào  $N_1$  qua  $P_1$  và đến cực dương của nguồn điện ngoài, gây nên hiện tượng dẫn điện ào ạt,  $J_2$  trở thành mặt ghép dẫn điện, bắt đầu từ một điểm ở xung quanh cực G rồi phát triển ra toàn bộ mặt ghép.

Điện trở thuận của tiristor khoảng  $100K\Omega$  khi còn ở trạng thái khóa, trở thành  $0,01\Omega$  khi tiristor mở cho dòng chạy qua.

Tiristor khóa +  $U_{AK} > 1V$  hoặc  $I_g > I_{gst}$  thì tiristor sẽ mở. Trong đó  $I_{gst}$  là dòng điều khiển được tra ở sổ tay tra cứu tiristor.

$t_{on}$ : Thời gian mở là thời gian cần thiết để thiết lập dòng điện chạy trong tiristor, tính từ thời điểm phóng dòng  $I_g$  vào cực điều khiển. Thời gian mở tiristor kéo dài khoảng  $10\mu s$ .

**\* Khóa tiristor: Có 2 cách:**

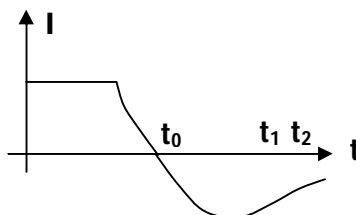
- Làm giảm dòng điện làm việc  $I$  xuống dưới giá trị dòng duy trì  $I_H$  ( Holding Current ).

- Đặt một điện áp ngược lên tiristor. Khi đặt điện áp ngược lên tiristor:  $U_{AK} < 0$ ,  $J_1$  và  $J_3$  bị phân cực ngược,  $J_2$  phân cực thuận, điện tử đảo chiều hành trình tạo nên dòng điện ngược chảy từ katốt về anốt, về cực âm của nguồn điện ngoài.

Tiristor mở +  $U_{AK} < 0 \rightarrow$  tiristor khóa.

Thời gian khóa  $t_{off}$ : Thời gian từ khi bắt đầu xuất hiện dòng điện ngược ( $t_0$ ) đến dòng điện ngược bằng 0 ( $t_2$ ),  $t_{off}$  kéo dài khoảng vài chục  $\mu s$ .

**\* Xét sự biến thiên của dòng điện  $i(t)$  trong quá trình tiristor khóa:**



Hình 1. 13 Sự biến thiên của dòng điện  $i(t)$  trong quá trình tiristor khóa.

Từ  $t_0$  đến  $t_1$  dòng điện ngược lớn, sau đó  $J_1, J_3$  trở nên cách điện. Do hiện tượng khuếch tán một ít điện tử giữa hai mặt  $J_1$  và  $J_3$  ít dần đi đến hết.  $J_2$  khôi phục tính chất của mặt ghép điều khiển.

### III. 3 Ứng dụng:

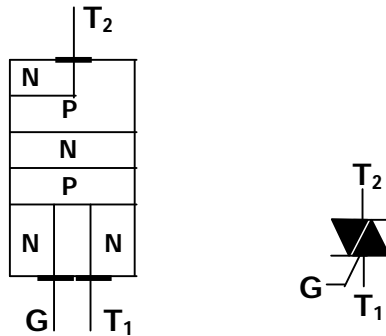
Tiristor được sử dụng trong các bộ nguồn đặc biệt: trong mạch chỉnh lưu, bộ băm và trong bộ biến tần trực tiếp hoặc các bộ biến tần có khâu trung gian một chiều.

- Ứng dụng tiristor trong mạch điều khiển tốc độ động cơ.
- Chuyển mạch tĩnh.
- Không chế pha.
- Nạp ắc quy.
- Không chế nhiệt độ.

## IV. TRIAC:

### IV. 1 Cấu tạo:

Triac là thiết bị bán dẫn ba cực, bốn lớp có đường đặc tính volt-ampe đối xứng, nhận góc mở  $\alpha$  cho cả hai chiều. Triac được chế tạo để làm việc trong mạch điện xoay chiều, có tác dụng như 2 SCR đấu song song ngược.



Hình 1. 14

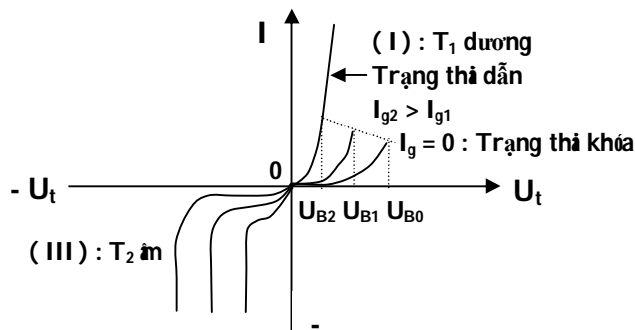
a). Cấu tạo cơ (a)

b). Ký hiệu của triac.

Triac được chế tạo trên cùng một đơn tinh thể gồm hai cực và chỉ có một cực điều khiển.

### IV. 2 Nguyên lý làm việc:

$T_1$  là cực gắn với cực điều khiển G.



Ở góc phần tư thứ nhất ( I ):  $U_{T2} > U_{T1}$  còn ( III ) thì ngược lại.

Điện áp  $U_{B0}$  là giá trị điện áp mở đưa triac từ trạng thái bị khóa sang dẫn khi không có dòng điều khiển,  $I_g = 0$ . Khi có dòng điều khiển  $I_g$  triac sẽ mở với điện áp đặt vào nhỏ hơn.

Triac chỉ bị khóa khi  $I_g = 0$  và điện áp đặt vào nhỏ hơn ngưỡng  $U_B$  và mở theo chiều này hoặc chiều khác tùy theo cực tính của dòng điện điều khiển.

\* *Có 4 cách để mở triac:*

- Ở góc phần tư thứ nhất ( I ):

Cách I<sup>+</sup>: Dòng, áp, cực điều khiển dương.

Cách I<sup>-</sup>: Dòng, áp, cực điều khiển âm.

- Ở góc phần tư thứ ba ( III ):

Cách III<sup>+</sup>: Dòng, áp, cực điều khiển dương.

Cách III<sup>-</sup>: Dòng, áp, cực điều khiển âm.

- Triac có ưu điểm là mạch điều khiển đơn giản nhưng công suất giới hạn nhỏ hơn tiristor.

### **IV. 3 Ứng dụng:**

Triac dùng để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều, trong mạch chỉnh lưu. Ngoài ra, triac còn dùng để điều chỉnh ánh sáng điện, nhiệt độ lò.

## Chương II

### NGHIÊN CỨU VÀ TRÌNH BÀY CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU KÍCH TỪ ĐỘC LẬP

#### I. KHÁI NIỆM CHUNG:

##### I. 1 Định nghĩa:

Điều chỉnh tốc độ động cơ là dùng các biện pháp nhân tạo để thay đổi các thông số nguồn như điện áp hay các thông số mạch như điện trở phụ, thay đổi từ thông... Từ đó tạo ra các đặc tính cơ mới để có những tốc độ làm việc mới phù hợp với yêu cầu. Có hai phương pháp để điều chỉnh tốc độ động cơ:

- Biến đổi các thông số của bộ phận cơ khí tức là biến đổi tỷ số truyền chuyển tiếp từ trục động cơ đến cơ cấu máy sản xuất.

- Biến đổi tốc độ góc của động cơ điện. Phương pháp này làm giảm tính phức tạp của cơ cấu và cải thiện được đặc tính điều chỉnh. Vì vậy, ta khảo sát sự điều chỉnh tốc độ theo phương pháp thứ hai.

Ngoài ra cần phân biệt điều chỉnh tốc độ với sự tự động thay đổi tốc độ khi phụ tải thay đổi của động cơ điện.

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

##### I. 2 Các chỉ tiêu kỹ thuật để đánh giá hệ thống điều chỉnh tốc độ:

Khi điều chỉnh tốc độ của hệ thống truyền động điện ta cần chú ý và căn cứ vào các chỉ tiêu sau đây để đánh giá chất lượng của hệ thống truyền động điện:

###### I. 2. a Hướng điều chỉnh tốc độ:

Hướng điều chỉnh tốc độ là ta có thể điều chỉnh để có được tốc độ lớn hơn hay bé hơn so với tốc độ cơ bản là tốc độ làm việc của động cơ điện trên đường đặc tính cơ tự nhiên.

###### I. 2. b Phạm vi điều chỉnh tốc độ (Dãy điều chỉnh):

Phạm vi điều chỉnh tốc độ  $D$  là tỉ số giữa tốc độ lớn nhất  $n_{\max}$  và tốc độ bé nhất  $n_{\min}$  mà người ta có thể điều chỉnh được tại giá trị phụ tải là định mức:  $D = n_{\max}/n_{\min}$ .

Trong đó:

-  $n_{\max}$ : Được giới hạn bởi độ bền cơ học.

-  $n_{\min}$ : Được giới hạn bởi phạm vi cho phép của động cơ, thông thường người ta chọn  $n_{\min}$  làm đơn vị.

Phạm vi điều chỉnh càng lớn thì càng tốt và phụ thuộc vào yêu cầu của từng hệ thống, khả năng từng phương pháp điều chỉnh.

###### I. 2. c Độ cứng của đặc tính cơ khi điều chỉnh tốc độ:

Độ cứng:  $\beta = \Delta M/\Delta n$ . Khi  $\beta$  càng lớn tức  $\Delta M$  càng lớn và  $\Delta n$  nhỏ nghĩa là độ ổn định tốc độ càng lớn khi phụ tải thay đổi nhiều. Phương pháp điều

chỉnh tốc độ tốt nhất là phương pháp mà giữ nguyên hoặc nâng cao độ cứng của đường đặc tính cơ. Hay nói cách khác  $\beta$  càng lớn thì càng tốt.

### I. 2. d Độ bằng phẳng hay độ liên tục trong điều chỉnh tốc độ:

Trong phạm vi điều chỉnh tốc độ, có nhiều cấp tốc độ. Độ liên tục khi điều chỉnh tốc độ  $\gamma$  được đánh giá bằng tỉ số giữa hai cấp tốc độ kề nhau:

$$\gamma = n_i/n_{i+1}$$

Trong đó:

- $n_i$ : Tốc độ điều chỉnh ở cấp thứ  $i$ .
- $n_{i+1}$ : Tốc độ điều chỉnh ở cấp thứ  $(i + 1)$ .

Với  $n_i$  và  $n_{i+1}$  đều lấy tại một giá trị moment nào đó.

$\gamma$  tiến càng gần 1 càng tốt, phương pháp điều chỉnh tốc độ càng liên tục. Lúc này hai cấp tốc độ bằng nhau, không có nhảy cấp hay còn gọi là điều chỉnh tốc độ vô cấp.

$\gamma \neq 1$  : Hệ thống điều chỉnh có cấp.

### I. 2. e Tổn thất năng lượng khi điều chỉnh tốc độ:

Hệ thống truyền động điện có chất lượng cao là một hệ thống có hiệu suất làm việc của động cơ  $\eta$  là cao nhất khi tổn hao năng lượng  $\Delta P_{\text{phu}}$  ở mức thấp nhất.

### I. 2. f Tính kinh tế của hệ thống khi điều chỉnh tốc độ:

Hệ thống điều chỉnh tốc độ truyền động điện có tính kinh tế cao nhất là một hệ thống điều chỉnh phải thỏa mãn tối đa các yêu cầu kỹ thuật của hệ thống. Đồng thời hệ thống phải có giá thành thấp nhất, chi phí bảo quản vận hành thấp nhất, sử dụng thiết bị phổ thông nhất và các thiết bị máy móc có thể lắp ráp lẫn cho nhau.

## II. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ BẰNG CÁCH THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP ĐẶT VÀO PHẦN ỨNG ĐỘNG CƠ:

Đối với các máy điện một chiều, khi giữ từ thông không đổi và điều chỉnh điện áp trên mạch phần ứng thì dòng điện, moment sẽ không thay đổi. Để tránh những biến động lớn về gia tốc và lực động trong hệ điều chỉnh nên phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp trên mạch phần ứng thường được áp dụng cho động cơ một chiều kích từ độc lập.

Để điều chỉnh điện áp đặt vào phần ứng động cơ, ta dùng các bộ nguồn điều áp như: máy phát điện một chiều, các bộ biến đổi van hoặc khuếch đại từ... Các bộ biến đổi trên dùng để biến dòng xoay chiều của lưới điện thành dòng một chiều và điều chỉnh giá trị sức điện động của nó cho phù hợp theo yêu cầu.

Phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập:

$$n = \frac{U}{K_E \Phi} - \frac{R_u + R_f}{K_E K_M \Phi^2} M$$

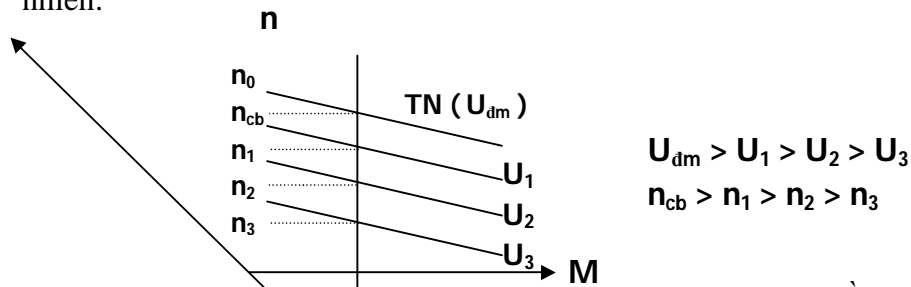
Ta có tốc độ không tải lý tưởng:  $n_0 = U_{\text{dm}}/K_E \Phi_{\text{dm}}$ . Và độ cứng của đường đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{dM}{dn} = - \frac{K_E K_M \Phi^2}{R_u + R_f}$$



Khi thay đổi điện áp đặt lên phần ứng của động cơ thì tốc độ không tải lý tưởng sẽ thay đổi nhưng độ cứng của đường đặc tính cơ thì không thay đổi.

Như vậy, khi ta thay đổi điện áp thì độ cứng của đường đặc tính cơ không thay đổi. Họ đặc tính cơ là những đường thẳng song song với đường đặc tính cơ tự nhiên:



Hình 2. 1 Họ đặc tính cơ khi thay đổi điện áp đặt vào phần ứng động cơ.

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng thực chất là giảm áp và cho ra những tốc độ nhỏ hơn tốc độ cơ bản  $n_{cb}$ . Đồng thời điều chỉnh nhảy cấp hay liên tục tùy thuộc vào bộ nguồn có điện áp thay đổi một cách liên tục và ngược lại.

Theo lý thuyết thì phạm vi điều chỉnh  $D = \infty$ . Nhưng trong thực tế động cơ điện một chiều kích từ độc lập nếu không có biện pháp đặc biệt chỉ làm việc ở phạm vi cho phép:  $U_{mincp} = U_{dm}/10$ , nghĩa là phạm vi điều chỉnh:

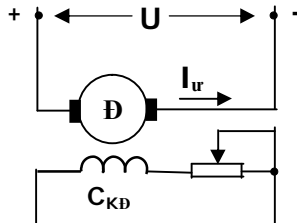
$D = n_{cb}/n_{min} = 10/1$ . Nếu điện áp phần ứng  $U < U_{mincp}$  thì do phản ứng phần ứng sẽ làm cho tốc độ động cơ không ổn định.

Nhận xét: Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần ứng động cơ sẽ giữ nguyên độ cứng của đường đặc tính cơ nên được dùng nhiều trong máy cắt kim loại và cho những tốc độ nhỏ hơn  $n_{cb}$ .

\* *Ưu điểm*: Đây là phương pháp điều chỉnh triệt để, vô cấp có nghĩa là có thể điều chỉnh tốc độ trong bất kỳ vùng tải nào kể cả khi ở không tải lý tưởng.

\* *Nhược điểm*: Phải cần có bộ nguồn có điện áp thay đổi được nên vốn đầu tư cơ bản và chi phí vận hành cao.

### III. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ BẰNG CÁCH THAY ĐỔI TỪ THÔNG:



Hình 2. 2 Sơ đồ điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều bằng cách thay đổi từ thông.

Điều chỉnh từ thông kích thích của động cơ điện một chiều là điều chỉnh moment điện từ của động cơ  $M = K_M \Phi I_u$  và sức điện động quay của động cơ  $E_u = K_E \Phi n$ . Thông thường, khi thay đổi từ thông thì điện áp phản ứng được giữ nguyên giá trị định mức.

Đối với các máy điện nhỏ và đôi khi cả các máy điện công suất trung bình, người ta thường sử dụng các biến trở đặt trong mạch kích từ để thay đổi từ thông do tổn hao công suất nhỏ. Đối với các máy điện công suất lớn thì dùng các bộ biến đổi đặc biệt như: máy phát, khuếch đại máy điện, khuếch đại từ, bộ biến đổi van...

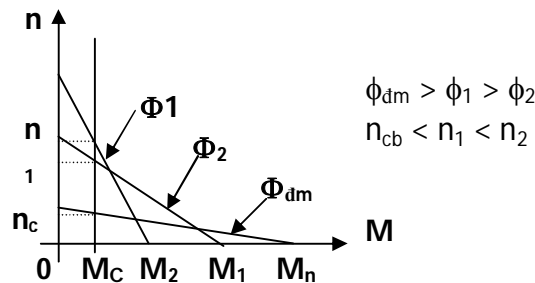
Thực chất của phương pháp này là giảm từ thông. Nếu tăng từ thông thì dòng điện kích từ  $I_{KT}$  sẽ tăng dần đến khi hư cuộn dây kích từ. Do đó, để điều chỉnh tốc độ chỉ có thể giảm dòng kích từ tức là giảm nhỏ từ thông so với định mức. Ta thấy lúc này tốc độ tăng lên khi từ thông giảm:  $n = U/K_E \Phi$ .

Mặt khác ta có: Moment ngắn mạch  $M_n = K_M \Phi I_n$  nên khi  $\Phi$  giảm sẽ làm cho  $M_n$  giảm theo.

Độ cứng của đường đặc tính cơ:

$$\beta = -\frac{K_E K_M \Phi^2}{R}$$

Khi  $\Phi$  giảm thì độ cứng  $\beta$  cũng giảm, đặc tính cơ sẽ dốc hơn. Nên ta có họ đường đặc tính cơ khi thay đổi từ thông như sau:



PH1 Hình 2. 3 Họ đặc tính cơ khi thay đổi từ thông. Động cơ có thể điều chỉnh

được tốc độ vô cấp và cho ra những tốc độ lớn hơn tốc độ cơ bản.

Theo lý thuyết thì từ thông có thể giảm gần bằng 0, nghĩa là tốc độ tăng đến vô cùng. Nhưng trên thực tế động cơ chỉ làm việc với tốc độ lớn nhất:

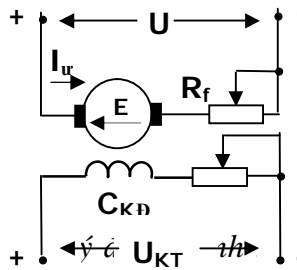
$$n_{max} = 3n_{cb} \text{ tức phạm vi điều chỉnh: } D = n_{max}/n_{cb} = 3/1.$$

Bởi vì ứng với mỗi động cơ ta có một tốc độ lớn nhất cho phép. Khi điều chỉnh tốc độ tùy thuộc vào điều kiện cơ khí, điều kiện cổ góp động cơ không thể đổi chiều dòng điện và chịu được hồ quang điện. Do đó, động cơ không được làm việc quá tốc độ cho phép.

**Nhận xét:** Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông có thể điều chỉnh tốc độ vô cấp và cho những tốc độ lớn hơn  $n_{cb}$ . Phương pháp này được dùng để điều chỉnh tốc độ cho các máy mài vạn năng hoặc là máy bào giường. Do quá trình điều chỉnh tốc độ được thực hiện trên mạch kích từ nên tổn thất năng lượng ít, mang tính kinh tế. Thiết bị đơn giản.

#### IV. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ BẰNG CÁCH THAY ĐỔI ĐIỆN TRỞ PHỤ TRÊN MẠCH PHẦN ỨNG:

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phần ứng có thể được dùng cho tất cả động cơ điện một chiều. Trong phương pháp này điện trở phụ được mắc nối tiếp với mạch phần ứng của động cơ theo sơ đồ nguyên lý như sau:



Hình 2. 4 Sơ đồ  $n_g$  động cơ bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phần ứng.

Ta có phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập:

Khi thay đổi giá trị điện trở phụ  $R_f$  ta nhận thấy tốc độ không tải lý tưởng: và

$$n = \frac{U}{K_E \Phi} - \frac{R_u + R_f}{K_E K_M \Phi^2} M$$

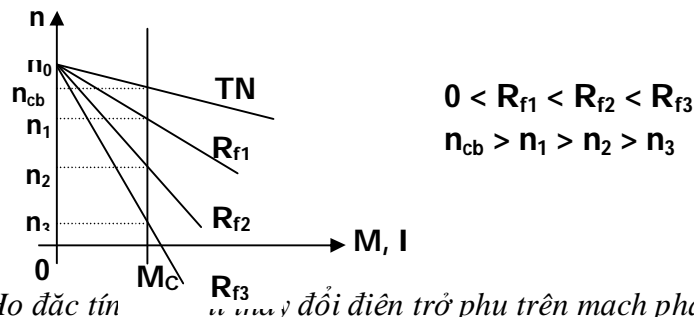
độ cứng của đường đặc tính cơ:

$$n_0 = \frac{U_{dm}}{K_E \Phi} = const ; \quad \beta = - \frac{K_E K_M \Phi^2}{R_u + R_f}$$

sẽ thay đổi khi giá trị  $R_f$  thay đổi. Khi  $R_f$  càng lớn,  $\beta$  càng nhỏ nghĩa là đường đặc tính cơ càng dốc. Ứng với giá trị  $R_f = 0$  ta có độ cứng của đường đặc tính cơ tự nhiên được tính theo công thức sau:

$$\beta_{TN} = - \frac{K_E K_M \Phi^2}{R_u}$$

Ta nhận thấy  $\beta_{TN}$  có giá trị lớn nhất nên đường đặc tính cơ tự nhiên có độ cứng lớn hơn tất cả các đường đặc tính cơ có đóng điện trở phụ trên mạch phần ứng. Vậy khi thay đổi giá trị  $R_f$  ta được họ đặc tính cơ như sau:



Hình 2. 5 Họ đặc tính cơ của động cơ khi thay đổi điện trở phụ trên mạch phần ứng.

Nguyên lý điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phản ứng được giải thích như sau: Giả sử động cơ đang làm việc xác lập với tốc độ  $n_1$  ta đóng thêm  $R_f$  vào mạch phản ứng. Khi đó dòng điện phản ứng  $I_{ur}$  đột ngột giảm xuống, còn tốc độ động cơ do quán tính nên chưa kịp biến đổi. Dòng  $I_{ur}$  giảm làm cho moment động cơ giảm theo và tốc độ giảm xuống, sau đó làm việc xác lập tại tốc độ  $n_2$  với  $n_2 > n_1$ .

Phương pháp điều chỉnh tốc độ này chỉ có thể điều chỉnh tốc độ  $n < n_{cb}$ . Trên thực tế không thể dùng biến trở để điều chỉnh nên phương pháp này sẽ cho những tốc độ nhảy cấp tức độ bằng phẳng  $\gamma$  xa 1 tức  $n_1$  cách xa  $n_2$ ,  $n_2$  cách xa  $n_3$ ...

Khi giá trị  $n_{min}$  càng tiến gần đến 0 thì phạm vi điều chỉnh:

$$D = n_{cb}/n_{min} \approx \infty.$$

Trong thực tế,  $R_f$  càng lớn thì tổn thất năng lượng phụ tăng. Khi động cơ làm việc ở tốc độ  $n = n_{cb}/2$  thì tổn thất này chiếm từ 40% đến 50%. Cho nên, để đảm bảo tính kinh tế cho hệ thống ta chỉ điều chỉnh sao cho phạm vi điều chỉnh:  $D = (2 \rightarrow 3)/1$ .

Khi giá trị  $R_f$  càng lớn thì tốc độ động cơ càng giảm. Đồng thời dòng điện ngắn mạch  $I_n$  và moment ngắn mạch  $M_n$  cũng giảm. Do đó, phương pháp này được dùng để hạn chế dòng điện và điều chỉnh tốc độ dưới tốc độ cơ bản. Và tuyệt đối không được dùng cho các động cơ của máy cắt kim loại.

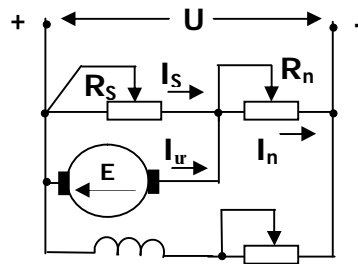
Nhận xét: Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phản ứng chỉ cho những tốc độ nhảy cấp và nhỏ hơn  $n_{cb}$ .

\* *Ưu điểm*: Thiết bị thay đổi rất đơn giản, thường dùng cho các động cơ cho cần trục, thang máy, máy nâng, máy xúc, máy cán thép.

\* *Nhược điểm*: Tốc độ điều chỉnh càng thấp khi giá trị điện trở phụ đóng vào càng lớn, đặc tính cơ càng mềm, độ cứng giảm làm cho sự ổn định tốc độ khi phụ tải thay đổi càng kém. Tổn hao phụ khi điều chỉnh rất lớn, tốc độ càng thấp thì tổn hao phụ càng tăng.

## V. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ BẰNG CÁCH RẼ MẠCH PHẦN ỨNG:

Động cơ điện một chiều kích từ độc lập khi điều chỉnh tốc độ bằng cách rẽ mạch phần ứng có sơ đồ nguyên lý như sau:



Hình 2. 6 Sơ đồ nguyên lý phụ  $R_{KD}$  áp điều chỉnh tốc độ bằng cách rẽ mạch phần ứng.

Một hệ thống khi điều chỉnh cần tốc độ nhỏ hơn  $n_{cb}$  và điều chỉnh nhảy cấp. Hệ thống có độ cứng tương đối lớn và thiết bị vận hành đơn giản thì người ta dùng phương pháp rẽ mạch phần ứng hay còn gọi là phân mạch.

Theo phương pháp rẽ mạch phần ứng thì phần ứng động cơ nối song song với điện trở và nối tiếp với một điện trở khác. Phương pháp này giống với phương pháp thay đổi điện trở trên mạch phần ứng nhưng điện áp phần ứng lại không thay đổi. Do đó, phương pháp này đòi hỏi phải:

- Điện áp đặt vào phần ứng động cơ không thay đổi.
- Vì dòng kích từ không thay đổi nên khi điều chỉnh tốc độ, từ thông không đổi làm cho moment phụ tải cho phép được giữ không đổi và bằng trị số định mức.

Ta có phương trình đặc tính cơ:

$$n = \frac{U}{K_E \Phi} \frac{R_s}{R_s + R_n} - \frac{R_u + \frac{R_s R_n}{R_s + R_n}}{K_E K_M \Phi^2} M$$

$$n = n_0 \frac{R_s}{R_s + R_n} - \frac{R_u + \frac{R_s R_n}{R_s + R_n}}{K_E K_M \Phi^2} M$$

$$\Rightarrow n'_0 = n_0 \frac{R_s}{R_u + R_n} < n_0$$

Từ phương trình trên, ta nhận thấy tốc độ động cơ  $n_D < n_{cb}$ . Mặt khác ta có:

$$R_u + R_n > R_u + \frac{R_s}{R_s + R_n} > R_u$$

$$\beta_{R_f} = \beta_{R_n} < \beta_{PM} < \beta_{TN}$$

Độ cứng của đường đặc tính cơ rẽ mạch phần ứng  $\beta_{PM}$  nhỏ hơn độ cứng của đặc tính cơ tự nhiên  $\beta_{TN}$  nhưng lại lớn hơn độ cứng của đặc tính cơ có điện trở phụ  $\beta_{R_f}$  với điện trở phụ chính là  $R_n$ .

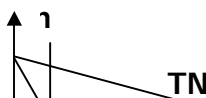
Để điều chỉnh tốc độ động cơ trong trường hợp này ta tiến hành như sau:

\* Giữ nguyên  $R_n$  thay đổi giá trị  $R_s$ :

- Khi  $R_s = 0$ : Đây là trạng thái hãm động năng với tốc độ hãm động năng  $n_{HĐN} = 0$ .

- Khi:  $R_s = \infty$ :  $I_a = I_n$

Ta có họ đặc tính như sau:



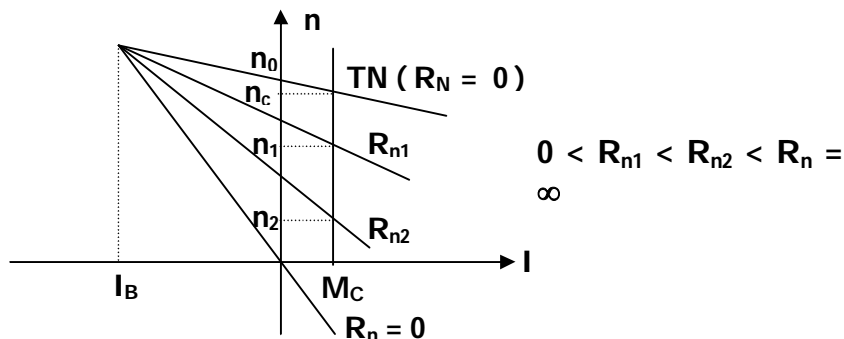
Hình 2.7 *Họ đặc tính cơ khi  $R_n = const$ ,  $R_s$  thay đổi.*

Như vậy, khi giữ nguyên  $R_n$ , thay đổi giá trị  $R_s$  thì vùng điều chỉnh tốc độ bị hạn chế và modun độ lớn đặc tính cơ tăng dần khi tốc độ giảm.

\* *Giữ nguyên  $R_s$ , thay đổi giá trị  $R_n$ :*

- Khi  $R_n = 0$ :  $R_s$  không ảnh hưởng đến đường đặc tính cơ. Lúc này ta xem  $R_s$  như là tải nối song song với động cơ. Ta có được đường đặc tính cơ tự nhiên.

- Khi  $R_n = \infty$ : Động cơ điện bị hở mạch nên không có điện áp rơi trên phần ứng động cơ. Đây là trạng thái hãm động năng với  $R_{HĐN} = R_s$ . Ta có :  $I_B = U_{dm}/R_s$ . Ta có họ đặc tính cơ như sau:



· **Hình 2.8** *Họ đặc tính cơ khi  $R_s = const$ ,  $R_n$  thay* chỉnh không bị hạn chế như trường hợp trên. Nhưng khi tốc độ giảm xuống thì độ cứng đường đặc tính cơ lại bị giảm xuống.

\* *Ngoài ra còn có phương pháp thay đổi đồng thời giá trị của  $R_s$  và  $R_n$ :* Phương pháp này thường được sử dụng trong thực tế.

So với phương pháp điều chỉnh bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phần ứng ta nhận thấy: Khi tốc độ và moment động cơ như nhau nghĩa là khi công suất cơ như nhau dòng điện nhận từ lưới trong sơ đồ rẽ mạch phần ứng luôn luôn lớn hơn trong sơ đồ điều chỉnh bằng điện trở phụ trên mạch phần ứng một lượng bằng dòng điện chạy qua  $R_s$ .

Phương pháp này chỉ dùng cho cần trục, cầu trục, thang máy, máy cán thép. Đồng thời tuyệt đối không dùng cho máy cắt kim loại.

Nhận xét: Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách rẽ mạch phần ứng thì điều chỉnh tốc độ nhảy cấp và cho những tốc độ nhỏ hơn  $n_{cb}$ .

\* *Ưu điểm:*

- Với cùng một tốc độ yêu cầu thì độ cứng của đường đặc tính cơ phân mạch có độ cứng lớn hơn đặc tính cơ dùng điện trở phụ trên mạch phản ứng.
- Thiết bị vận hành đơn giản.

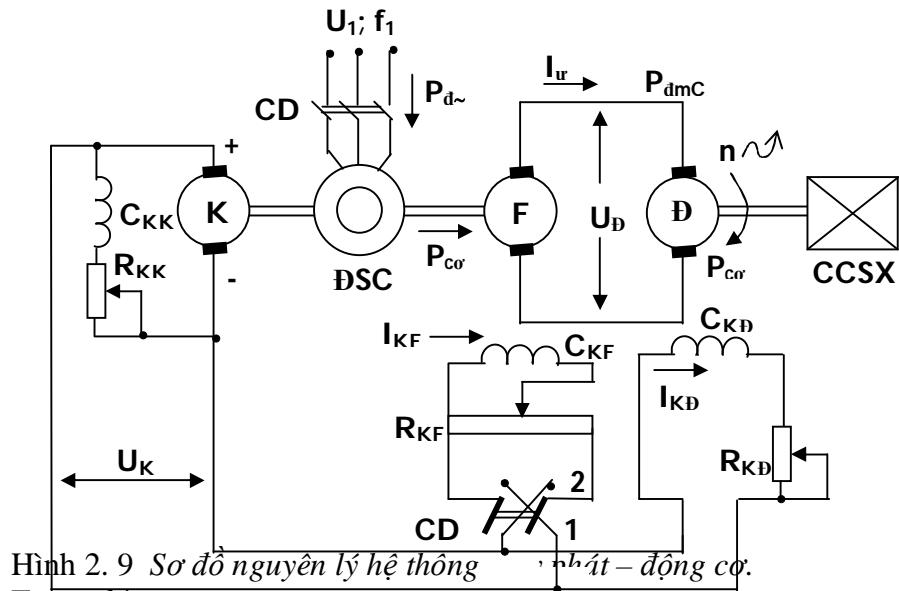
*\* Nhược điểm:*

- Phương pháp này dùng tiếp điểm để đóng cắt điện trở nên độ tinh chỉnh không cao, điều chỉnh tốc độ có cấp, phạm vi điều chỉnh:  $D = (2 \rightarrow 3) / 1$ .
- Do tổn thất công suất trong sơ đồ này khá lớn nên phạm vi ứng dụng bị hạn chế. Phương pháp này chỉ áp dụng cho động cơ có công suất nhỏ, thời gian làm việc ngắn với tốc độ thấp.

## **VI. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ BẰNG HỆ THỐNG MÁY PHÁT - ĐỘNG CƠ ( F - Đ ):**

### **VI. 1 Sơ đồ nguyên lý:**

Với những hệ thống điều chỉnh tốc độ vô cấp, phạm vi điều chỉnh tốc độ tương đối rộng. Cần những tốc độ lớn hơn hay nhỏ hơn so với tốc độ cơ bản và cần điều chỉnh liên tục như truyền động chính của một số máy bào giường có năng suất thấp, truyền động quay trục cán thép có công suất trung bình và nhỏ, truyền động đúc ống trong phương pháp đúc liên tục... thì người ta dùng hệ thống F - Đ có sơ đồ nguyên lý như sau:



Hình 2. 9 Sơ đồ nguyên lý hệ thống  
Trong đó:

- ĐSC: Động cơ sơ cấp, cung cấp động lực cho toàn hệ thống. Nhận công suất điện xoay chiều, biến đổi điện năng thành cơ năng kéo máy phát F và máy phát kích thích K. ĐSC có thể là động cơ nổ, động cơ điện tùy thuộc vào chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống.
- F: Máy phát một chiều kích thích độc lập, cung cấp trực tiếp nguồn một chiều cho phần ứng động cơ.
- Đ: Động cơ điện một chiều kích từ độc lập kéo cơ cấu sản xuất (CCSX), là đối tượng cần điều chỉnh tốc độ trong phạm vi tương đối nhỏ.
- K: Máy phát kích thích, thực chất là máy phát điện một chiều đặc biệt có từ dư lớn nên có khả năng tự kích. Phát ra điện một chiều  $U_K$  cung cấp cho mạch kích thích máy phát  $C_{KF}$  và kích thích của động cơ  $C_{KD}$ .

## VI. 2 Nguyên lý hoạt động:

Để khởi động hệ thống F - Đ ta tiến hành các bước như sau:

- Mở tất cả các cầu dao  $CD_1, CD_2$ .
- Điều chỉnh biến trở ở mạch kích thích của động cơ  $R_{KD}$  ở trị số cực tiểu sao cho  $\Phi_{Dmax}$  và điều chỉnh biến trở ở mạch kích thích của máy phát  $R_{KF}$  ở trị số cực đại sao cho  $\Phi_{Fmin}$ .
- Đóng cầu dao  $CD_1$  ( lúc này  $CD_2$  vẫn hở ) khởi động động cơ ĐSC. Động cơ ĐSC sẽ quay và đợi cho tốc độ ổn định. ĐSC quay làm cho máy phát F và máy phát kích thích K quay.
- Đóng cầu dao  $CD_2$  để chọn chiều quay cho động cơ là thuận hay ngược. Lúc này có  $\Phi_F$  nhưng rất bé sẽ làm cho  $E_F$  bé nên  $U_D = E_F - I_r R_{UF}$  bé. Động cơ sẽ khởi động và quay với tốc độ thấp.
- Để tăng dần điện áp đặt vào động cơ, ta điều chỉnh biến trở  $R_{KF}$  giảm dần về trị số cực tiểu ( tăng dòng kích từ của máy phát ), do đó, dòng  $I_r$  tăng dần, động cơ tăng tốc độ cho đến khi đạt đến  $n_{cb}$ . Quá trình khởi động đến đây là chấm dứt.
- Để ngừng truyền động ta điều chỉnh  $R_{KF}$  tăng dần để giảm dòng kích thích của máy phát làm cho điện áp phát ra của máy phát  $U_F$  giảm. Do đó, tốc độ



của động cơ giảm xuống và ngừng hẳn vào lúc  $U_F = 0$ . Sau đó mở cầu dao  $CD_2$  dùng động cơ ĐSC.

Muốn thay đổi chiều quay của động cơ ta gạt cầu dao  $CD_2$  sang vị trí 2.

Với hệ thống F - Đ ta có thể điều chỉnh tốc độ theo hai hướng như sau:

\* Để cho  $n_D < n_{cb}$ : Điều chỉnh biến trở  $R_{KF}$  của máy phát đạt giá trị cực đại để giảm dòng kích từ của máy phát làm cho  $U_F$  giảm, tốc độ động cơ giảm xuống đạt  $n_D < n_{cb}$ .

Gọi  $D_{UD}$ : Phạm vi điều chỉnh bằng cách thay đổi điện áp đặt lên phần ứng động cơ. Ta có:  $D_{UD} = n_{cb}/n_{min} = 10/1$ .

\* Để cho  $n_D > n_{cb}$ : Ta giữ  $U_F$  ở trị số định mức và điều chỉnh biến trở  $R_{KD}$  đạt giá trị cực đại để giảm từ thông kích thích của động cơ. Lúc này tốc độ của động cơ tăng lên đạt  $n_D > n_{cb}$ .

Gọi  $D_{\Phi D}$ : Phạm vi điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông của động cơ. Ta có:  $D_{\Phi D} = n_{max}/n_{cb} = 3/1$ .

Kết hợp hai phương pháp điều chỉnh là giảm điện áp đặt vào phần ứng động cơ  $U_D$  và giảm từ thông  $\Phi_D$  ta được phạm vi điều chỉnh chung:

$$D = D_{UD}D_{\Phi D} = n_{max}/n_{min} = 30/1.$$

### VI. 3 Thành lập phương trình đặc tính cơ của hệ thống F - Đ:

Phương trình đặc tính cơ tổng quát:

$$n = \frac{U}{K_E \Phi} - \frac{R}{K_E \Phi} I_u$$

$$\Rightarrow n = \frac{U}{K_E \Phi_D} - \frac{R_{uD}}{K_E \Phi_D} I_u$$

$$n = \frac{E_F}{K_E \Phi_D} - \frac{R_{uD} + R_{uF}}{K_E \Phi_D^2} I_u M$$

Phương trình cân bằng sức điện động của máy phát:  $U_D = E_F - I_u R_{uF}$

Thay vào phương trình đặc tính cơ ta được:

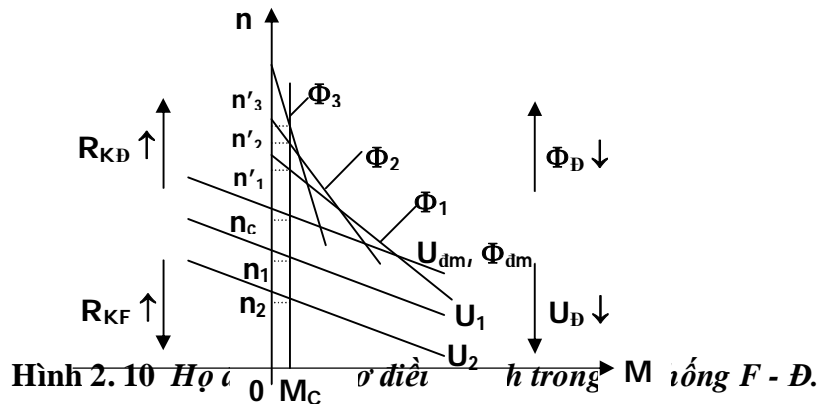
$$n = \frac{E_F}{K_E \Phi_D} - \frac{R_{uD} + R_{uF}}{K_E \Phi_D} I_u$$

Đây là phương trình đặc tính tốc độ của hệ thống.

Thay  $I_r = M / K_M \Phi_D$  vào phương trình đặc tính tốc độ ta được phương trình đặc tính cơ của động cơ trong hệ thống F - Đ như sau:

$$n_D = \frac{E_F}{K_E \Phi_D} - \frac{R_{uD} + R_{uF}}{K_E K_M \Phi_D^2} M$$

Từ phương trình đặc tính cơ của hệ thống ta nhận thấy: Ứng với mỗi hướng điều chỉnh tốc độ động cơ khác nhau ( lớn hay nhỏ hơn so với tốc độ cơ bản ) ta sẽ có những họ đặc tính điều chỉnh khác nhau như đã trình bày ở trên.



#### VI. 4 Đánh giá hệ thống F - Đ:

##### VI. 4. a Ưu điểm:

- Hệ thống này có thể điều chỉnh tốc độ vô cấp, phạm vi điều chỉnh rộng:  $D = (10 \rightarrow 30)/1$  bởi vì quá trình điều chỉnh được thực hiện bằng mạch kích thích của máy phát và động cơ. Có thể dùng phương pháp biến trở.

- Hệ thống có sự chuyển đổi trạng thái làm việc rất linh hoạt, khả năng quá tải lớn nên thường được sử dụng ở các máy khai thác trong công nghiệp nhỏ.

##### VI. 4. b Nhược điểm:

- Dùng 4 máy để quay nên khi làm việc sẽ gây tiếng ồn lớn, chiếm nhiều diện tích để đặt máy. Đồng thời tổng công suất đặt vào hệ thống F - Đ quá lớn: Gấp 3 lần so với yêu cầu nên vốn đầu tư lớn.

- Hiệu suất hoạt động của hệ thống tương đối thấp:

$$\eta = P_{c02}/P_{d\sim} < 0,75$$

- Đặc tính cơ dốc nên khi có dao động ở phụ tải thì thể hiện rõ hơn nữa.

- Ngoài ra, do các máy phát một chiều có từ dư, đặc tính từ hóa có trễ nên khó điều chỉnh sâu tốc độ.

##### VI. 4. c Nhận xét:

Với hệ thống F - Đ vòng hở như trên, ta không thể thực hiện việc ổn định tốc độ động cơ là nhiệm vụ cần thiết đối với các hệ thống truyền động nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm được gia công trên máy, nâng cao chất lượng kỹ thuật của một qui trình công nghệ mà máy sản xuất tham gia hoặc nâng cao năng suất của máy.

Để thực hiện nhiệm vụ đó, ta thường dùng các hệ thống F-Đ có khuếch đại máy điện dùng phản hồi vòng kín. Trong các hệ thống này, các bộ khuếch đại máy điện sẽ sử dụng các liên hệ phản hồi, nghĩa là đưa một tín hiệu đầu ra của hệ thống quay trở lại đầu vào của nó. Tín hiệu đầu ra có thể là điện áp, dòng

điện trong mạch chính hoặc tốc độ quay của động cơ. Tín hiệu đầu vào là sức từ động của khuếch đại máy điện. Các khuếch đại máy điện thường dùng hiện nay là máy kích từ nhiều cuộn dây điều chỉnh được, khuếch đại máy điện tự kích và khuếch đại máy điện từ trường giao trực.

## VII. HỆ THỐNG KHUẾCH ĐẠI MÁY ĐIỆN – ĐỘNG CƠ:

### VII. 1 Khuếch đại máy điện ( KĐMĐ ):

KĐMĐ là máy phát một chiều đặc biệt. Có 2 loại KĐMĐ:

- KĐMĐ tự kích.
- KĐMĐ từ trường giao trực.

#### VII. 1. a Khuếch đại máy điện tự kích:

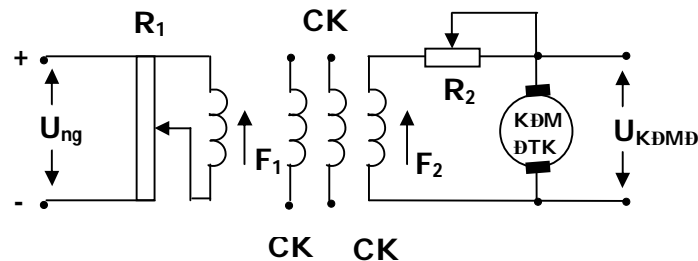
Là loại máy phát điện một chiều đặc biệt. Mạch từ được làm bằng thép kỹ thuật cán nguội nên có từ trở nhỏ và đặc tính từ trễ hẹp.

Hệ thống kích từ có từ 3 đến 4 cuộn dây:

- Một cuộn làm kích từ độc lập ( kích từ chính ) đặt điện áp một chiều vào và dùng để điều khiển sức điện động phát ra của phần ứng máy điện.
- Một cuộn làm nhiệm vụ tự kích, lấy điện áp phát ra hai đầu phần ứng hoặc dòng điện trên mạch phần ứng quay trở lại tự kích.
- Các cuộn còn lại dùng để thực hiện các phản hồi trong hệ thống.

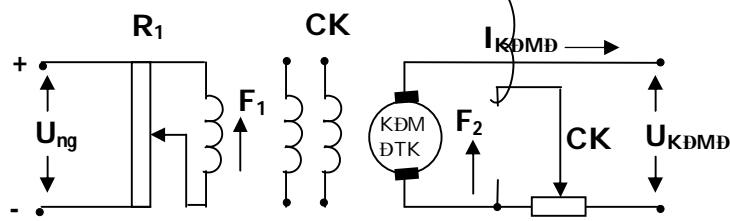
*Sơ đồ nguyên lý KĐMĐ tự kích:*

\* KĐMĐ tự kích theo điện áp ( tự kích song song ):



Hình 2. 11 Sơ đồ nguyên lý KĐMĐ tự kích song song.

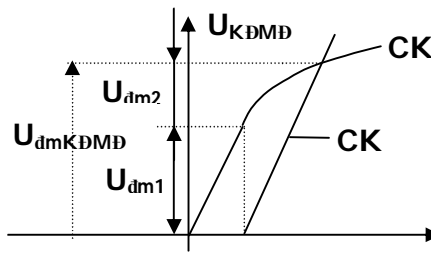
\* KĐMĐ tự kích theo dòng điện ( tự kích nối tiếp ):



Hình 2. 12 Sơ đồ CK và lý KĐMĐ tự kích nối tiếp.

Nhờ cuộn tự kích mà điện áp phát ra của KĐMĐ được nâng cao so với máy phát thông thường. Dựa vào đặc tính volt-ampe của KĐMĐ ta thấy:

$$U_{dmKĐMĐ} = U_{dm1} + U_{dm2}$$



Hình 2. 13 Đặc tính vô tải của hệ thống KĐMĐ.

Khi có thêm CK<sub>2</sub> thì U tăng lên một lượng U<sub>dm2</sub>.

Hệ số công suất:  $K_P = P_{fu}/P_{KT} = U_{KĐMĐ}I_{KĐMĐ}/U_KI_K = \text{hàng trăm}/1$ .

### VII. 1 Khuếch đại máy điện từ trường giao trục:

Là máy phát một chiều đặc biệt:

- Mạch từ làm bằng thép kỹ thuật điện cán nguội, cực từ dạng ẩn.

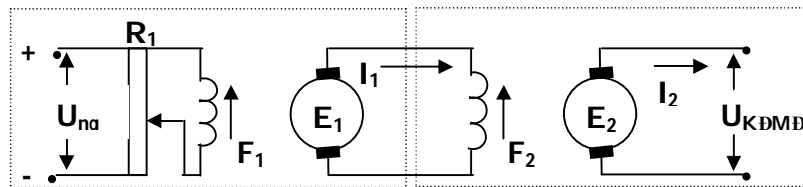
- Phần kích có từ 3 đến 4 cuộn dây:

. Một cuộn làm kích thích chính ( kích từ độc lập ) tạo ra từ trường chính.

. Một cuộn làm nhiệm vụ bù.

. Các cuộn còn lại dùng để thực hiện phản hồi trong truyền động.

- Trên cổ góp đặt hai cặp chổi than có trục vuông góc nhau. Trong đó, một cặp được nối tắt với nhau còn một cặp để lấy điện áp ra.



MF<sub>I</sub> : K<sub>DI</sub>

MF<sub>II</sub> : K<sub>DI</sub>

Hình 2. 14 Sơ đồ tương đương KĐMĐ từ trường giao trục.

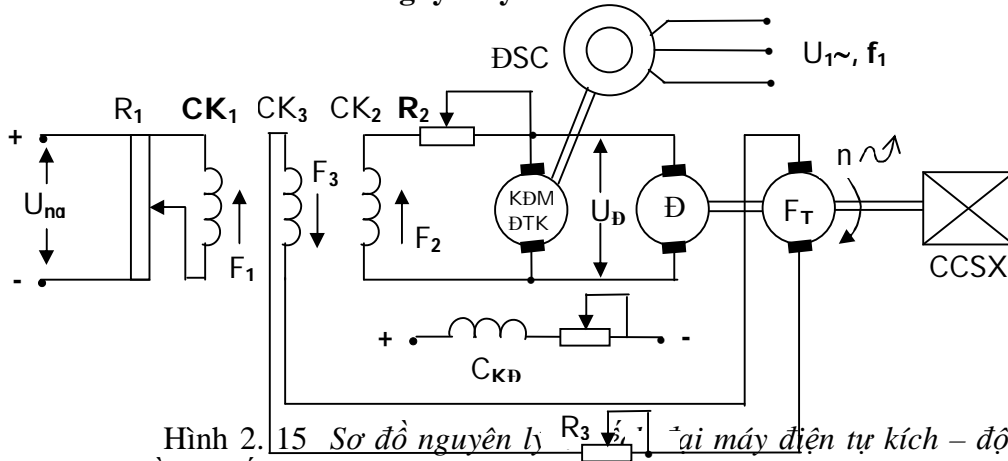
Đứng về mặt khuếch đại ta có thể xem KĐMĐ từ trường giao trục tương đương với hai máy phát điện làm việc kế tiếp nhau và có sơ đồ nguyên lý như trên.

Hệ số khuếch đại:  $K_P = K_{PI}K_{PII} = U_{KĐMĐ}I_2/U_KI_K$ .

Đây là loại máy điện có hệ số khuếch đại cao nhất, K<sub>P</sub> có giá trị hàng ngàn lần.

### VII. 2 Khuếch đại máy điện tự kích – động cơ dùng phản hồi âm tốc độ:

## VII. 2. a Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.15 Sơ đồ nguyên lý của máy điện tự kích – động cơ dùng phản hồi âm tốc độ.

Trong đó:

- $P_{dm}$  của động cơ  $\leq 5KW$ .
- $CK_1$ : Cuộn kích thích chủ đạo (kích từ độc lập), sinh ra sức từ động  $F_1$ .
- $CK_2$ : Cuộn tự kích thích, sinh ra sức từ động  $F_2$  cùng chiều với  $F_1$ .
- $R_2$ : Điều chỉnh hệ số tự kích. Giá trị  $R_2$  càng nhỏ thì hệ số tự kích càng lớn và ngược lại.
- $CK_3$ : Cuộn phản hồi âm tốc độ (tín hiệu đưa về để khử  $F_1$ ), sinh ra sức từ động  $F_3$  ngược chiều  $F_1$ .

## VII. 2. b Nguyên lý hoạt động:

Ta có:  $F_3 = I_3 W_{CK3}$

$$I_3 = \frac{E_{FT}}{R_{uFT} + R_3 + R_{CK3}}$$

$E_{FT}$ : Sức điện động của máy phát đo tốc độ FT. Là máy phát một chiều đặc biệt được chế tạo với mạch từ bão hòa rất sâu để từ thông này phát ra hoàn toàn bằng hằng số nên sức điện động phát ra của máy phát tỷ lệ bậc nhất với tốc độ. Do đó, khi đọc sức điện động người ta biết được tốc độ theo mối quan hệ:  $E_{FT} = K_E \phi_{FT} n_{FT} = K_E \phi_{FT} n$ .

Vì mạch từ bão hòa sâu nên  $\phi_{FT}$  xem như là hằng số nên  $E_{FT}$  tỷ lệ thuận với  $n_{FT}$ .

Từ các biểu thức trên, ta nhận thấy khi  $R_3 = \text{const}$  thì:  $F_3 \sim I_3 \sim E_{FT} \sim n$ . Vì vậy  $F_3 \sim n$ . Sức từ động của KĐMĐ:  $F_T = F_1 + F_2 + F_3$ .

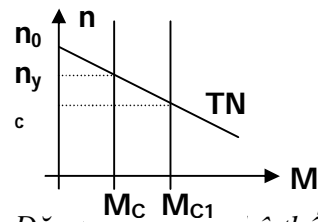
Hệ thống này có khả năng điều chỉnh tốc độ theo hai hướng:

\* Để cho  $n > n_{cb}$ : Ta giảm từ thông bằng cách tăng giá trị  $R_{KD}$ .

\* Để cho  $n < n_{cb}$ : Ta giảm điện áp đặt lên phần ứng của động cơ  $U_D$  thông qua điều chỉnh giảm giá trị  $R_1$ .

Ngoài ra, khi điều chỉnh  $R_2$  để thay đổi hệ số tự kích nghĩa là thay đổi độ cứng của đường đặc tính cơ. Thực chất quá trình này là nâng cao độ cứng của đường đặc tính cơ để đạt được tốc độ cao nhất khi động cơ được mở rộng lên. Đồng thời nhờ phản hồi âm tốc độ mà động cơ có khả năng làm việc với tốc độ thấp hơn  $n_{cb}/10$ , nghĩa là có thể mở rộng thêm tốc độ thấp và cao nên ta được phạm vi điều chỉnh lớn:  $D = (40 \rightarrow \text{hàng trăm})/1$ .

Hệ thống này có khả năng ổn định tốc độ khi phụ tải thay đổi nhờ khâu phản hồi âm tốc độ: Khi động cơ đang làm việc với phụ tải  $M_c$  và tốc độ đạt yêu cầu  $n_{yc}$ . Vì lý do nào đó, moment phụ tải đặt lên trục động cơ thay đổi, khác  $n_{yc}$  thì nhờ quá trình phản hồi âm tốc độ hệ thống sẽ tự động ổn định tốc độ đạt  $n_{yc}$ . Quá trình tự động này được giải thích như sau: Giả sử khi  $M_c$  tăng sẽ làm cho  $n_D$  giảm  $< n_{yc}$ . Mà khi  $n$  giảm  $\rightarrow E_{FT}$  giảm  $\rightarrow I_3$  giảm  $\rightarrow F_3$  giảm  $\rightarrow F_T = F_1 + F_2 + F_3$  tăng  $\rightarrow E_{KĐMĐ}$  tăng  $\rightarrow U_D$  tăng  $\rightarrow n$  tăng đạt đến  $n_{yc}$ . Và khi  $M_c$  giảm thì quá trình sẽ tự động xảy ra theo chiều ngược lại để tốc độ động cơ đạt  $n_{yc}$ .



Hình 2. 16 Đặc tính cơ của hệ thống khuếch đại máy điện tự kích – động cơ dùng phản hồi âm tốc độ.

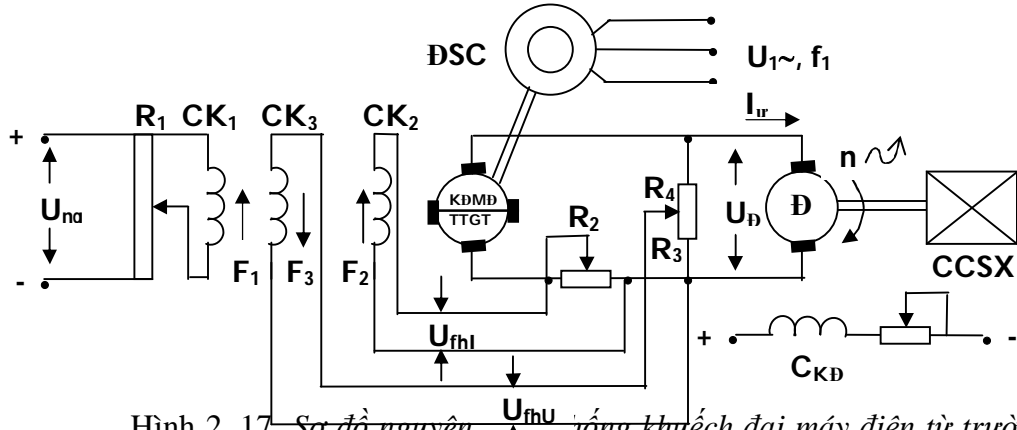
### VII. 2. c Nhận xét:

\* *Ưu điểm:* Dùng sai số tốc độ quay trở lại điều khiển hệ thống để tự động ổn định tốc độ ( khâu phản hồi trực tiếp ). Việc tính toán khâu phản hồi âm tốc độ tiến hành rất đơn giản, tiện lợi.

\* *Nhược điểm:* Dùng máy phát tốc độ nên giá thành của hệ thống cao.

**VII. 3 Hệ thống khuếch đại máy điện từ trường giao trực – động cơ dùng phản hồi dương dòng điện và phản hồi âm điện áp:**

**VII. 3. a Sơ đồ nguyên lý:**



Hình 2. 17 Sơ đồ nguyên lý động khuếch đại máy điện từ trường giao trực – động cơ dùng phản hồi dương dòng điện và phản hồi âm điện áp.

Trong đó:

- CK<sub>1</sub>: Cuộn kích thích chủ đạo, sinh ra sức từ động F<sub>1</sub>.
- CK<sub>2</sub>: Cuộn phản hồi dương dòng điện, sinh ra sức từ động F<sub>2</sub> cùng chiều với F<sub>1</sub>.
- CK<sub>3</sub>: Cuộn phản hồi âm điện áp, sinh ra sức từ động F<sub>3</sub> ngược chiều với F<sub>1</sub>.

**VII. 3. b Nguyên lý hoạt động:**

Ta có:  $F_2 = I_2 W_{CK2}$  Với:

$$I_2 = \frac{U_{fhI}}{R_{CK2}}; U_{fhI} = I_u \frac{R_2 R_{CK2}}{R_2 + R_{CK2}}$$

Nếu cho  $R_2 = \text{const}$  thì ta được:  $F_2 \sim I_2 \sim U_{fhI} \sim I_u \Rightarrow F_2 \sim I_u$ .

$F_3 = I_3 W_{CK3}$  Với:

$$I_3 = \frac{U_{fhU}}{R_{CK3}}; U_{fhU} = U_D \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

Khi giữ cho  $R_3 = \text{const}$  thì ta được:  $F_3 \sim I_3 \sim U_{fhU} \sim U_D \Rightarrow F_3 \sim U_D$ .

Tương tự như hệ thống KĐMĐ tự kích – động cơ dùng phản hồi âm tốc độ, hệ thống này cũng có khả năng điều chỉnh tốc độ theo hai hướng lớn hay nhỏ hơn so với  $n_{cb}$ .

Hệ thống này có khả năng mở rộng phạm vi điều chỉnh, tự động ổn định tốc độ nhờ phản hồi dương dòng điện và phản hồi âm tốc độ. Giả sử: Khi hệ thống làm việc với phụ tải  $M_c$  và tốc độ đạt  $n_{yc}$ . Khi  $M_c$  tăng  $\rightarrow$   $n$  giảm nhỏ so với  $n_{yc}$ , lúc đó hệ thống sẽ:  $M_c$  tăng  $\rightarrow$   $M$  tăng (moment động cơ tăng để cân bằng với phụ tải)  $\rightarrow$   $I_u$  tăng  $\rightarrow$   $F_2$  tăng. Khi  $I_u$  tăng  $\rightarrow$   $\Delta U_{KĐMĐ} = I_u R_{uKĐMĐ}$  tăng  $\rightarrow$   $U_D = E_{KĐMĐ} - \Delta U_{KĐMĐ}$  giảm  $\rightarrow$   $F_T = F_1 + F_2 + F_3$  tăng  $\rightarrow$   $E_{KĐMĐ}$  tăng  $\rightarrow$   $U_D$  tăng  $\rightarrow$   $n$  sẽ tăng đạt  $n_{yc}$ . Khi  $M_c$  giảm thì quá trình xảy ra theo chiều ngược lại.

**VII. 3. c Nhận xét:**

\* *Ưu điểm:* Sử dụng thiết bị đơn giản (chỉ dùng các điện trở  $R_2, R_3, R_4$ ) nên giá thành thấp.

\* *Nhược điểm:* Việc tính toán thiết kế phối hợp giữa hai khâu phản hồi này để ổn định tốc độ là khá phức tạp (khâu phản hồi gián tiếp).

### **VII. 3 Nhận xét hệ thống khuếch đại máy điện – động cơ:**

#### **VII. 3. a Ưu điểm:**

Ngoài những ưu điểm của các hệ thống F - Đ vòng hở như:

- Phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng với độ chính xác và tin cậy cao.
- Khởi động máy êm.
- Có khả năng hãm tái sinh, trả năng lượng lại cho lưới điện.
- Tổn hao năng lượng khi điều chỉnh tốc độ và mở máy thấp.

Các hệ thống KĐMĐ – động cơ vòng kín còn có những ưu điểm:

- Có khả năng tự động ổn định tốc độ động cơ khi phụ tải thay đổi.
- Có khả năng tăng tính ổn định tốc độ của hệ thống nhờ khâu ổn

định.

- Có hệ số khuếch đại công suất lớn.

#### **VII. 4. b Nhược điểm:**

Hệ thống KĐMĐ – động cơ có những nhược điểm tương tự như hệ thống F - Đ:

- Dùng nhiều máy điện với tổng công suất lắp đặt lớn do đó đòi hỏi giá thành cao.

- Hiệu suất hoạt động thấp.

- Diện tích lắp đặt máy rộng và đòi hỏi nền móng chắc chắn nên phí tổn vận hành lớn.

- Gây tiếng ồn lớn.

### **VIII. HỆ THỐNG KHUẾCH ĐẠI TỪ - ĐỘNG CƠ:**

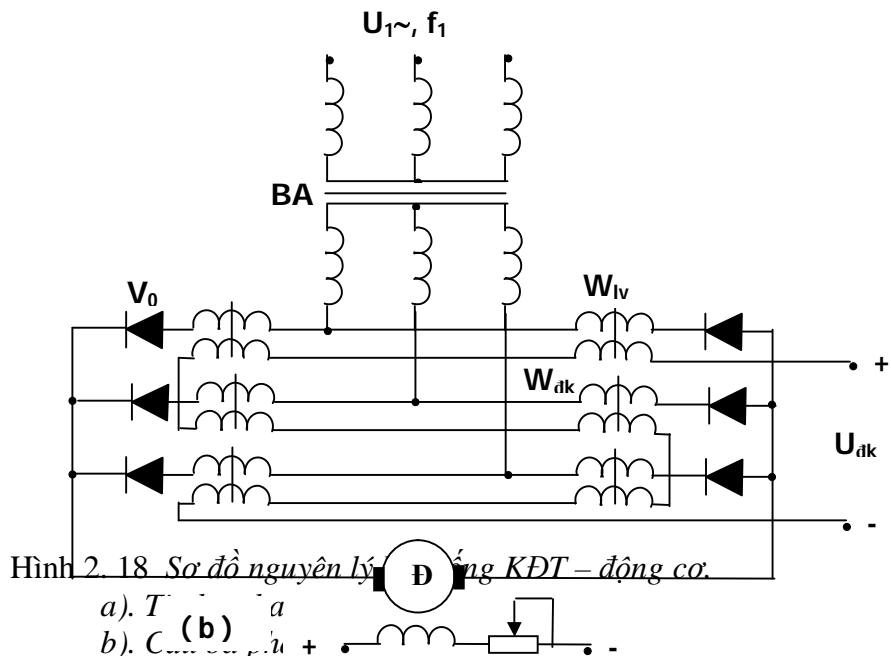
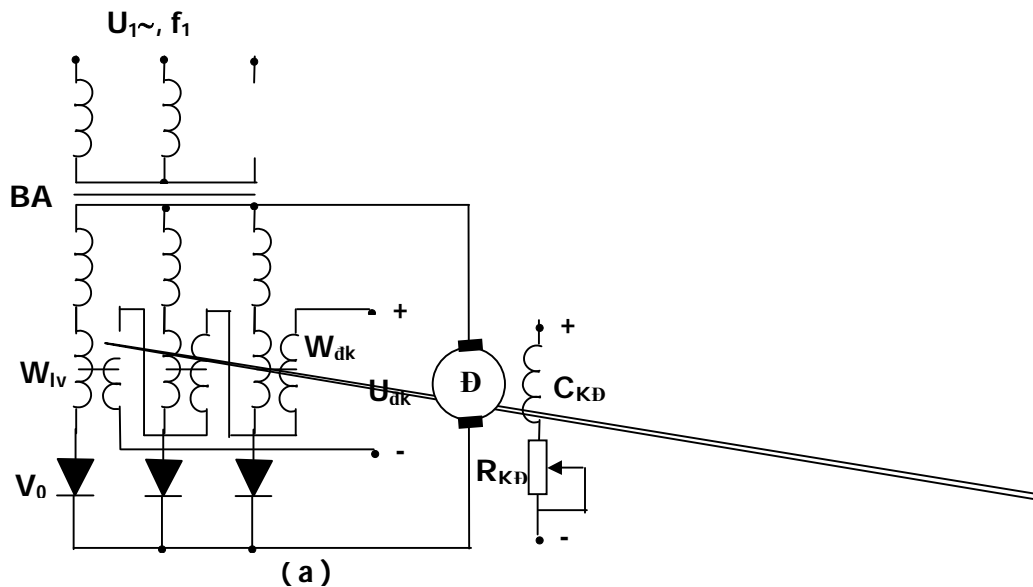
#### **VIII. 1 Sơ đồ nguyên lý:**

Khuếch đại từ ( KĐT ) hay còn gọi là bộ biến đổi van từ, là tổ hợp của kháng bão hòa với chỉnh lưu không điều khiển.

KĐT được dùng để làm bộ điều chỉnh dòng điện và điện áp trong các hệ thống điều khiển, điều chỉnh và kiểm tra tự động.

Trong các máy nâng vận chuyển, KĐT thường được dùng làm máy kích thích cho các máy phát trong hệ thống F - Đ. Đối với máy cắt gọt kim loại, KĐT thường được dùng kết hợp với chỉnh lưu diode bán dẫn để cung cấp cho phần ứng động cơ một chiều với sơ đồ nguyên lý như sau:





Hình 2. 18 Sơ đồ nguyên lý máy biến KĐT – động cơ.

a).  $T$   $\dots$  a  
 b).  $C_{kĐ}$   $\dots$  u +  $\dots$  -

Trong các sơ đồ này, máy biến  $C_{kĐ}$  chức năng biến đổi giá trị điện áp cho phù hợp với yêu cầu của động cơ. Tạo ra số pha hoặc điểm trung tính cho phù hợp với sơ đồ chỉnh lưu nếu cần và nâng cao hệ số công suất của hệ.

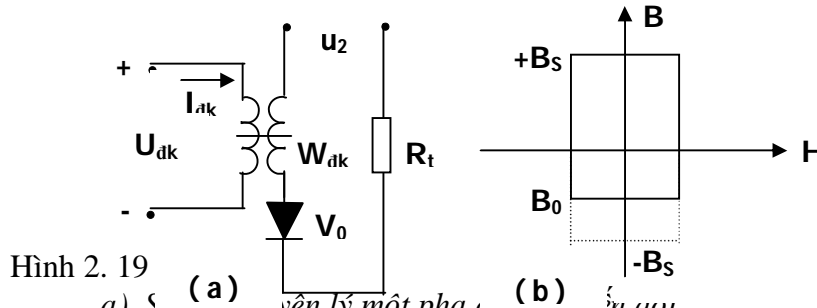
Các van không điều khiển  $V_0$  dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều thành một chiều và tạo ra thành phần dòng điện tự từ hóa cho KĐT.

Cuộn kháng bão hòa KBH dùng để điều chỉnh giá trị sức điện động của bộ biến đổi.

**VIII. 2 Nguyên lý hoạt động:**

Trong hệ thống KĐT – động cơ, tốc độ động cơ được điều chỉnh bằng cách thay đổi trị số trung bình của sức điện động chỉnh lưu bằng cách biến đổi dòng điện điều khiển, tức là biến đổi mức độ bão hòa của mạch từ.

Để đơn giản trong việc khảo sát nguyên lý hoạt động của hệ thống này, ta tách ra một trong ba pha từ các sơ đồ trên và giả thuyết rằng đặc tính từ trễ của lõi thép có dạng lý tưởng.



Hình 2. 19

- (a). Sơ đồ nguyên lý một pha của bộ chỉnh lưu.  
 (b). Dạng đặc tính từ trễ lý tưởng của lõi thép.

Ta có:  $u_2 = U_{2m} \sin \omega t = iR_t + X_K$  ( di / dt )

Trong đó:  $X_K$  có giá trị thay đổi theo trạng thái từ hóa của lõi thép. Lúc đầu, lõi thép được từ hóa cố định nhờ cuộn điều khiển  $W_{dk}$  đến một giá trị  $B_0$  nào đó trong phạm vi  $( -B_s \leq B_0 \leq +B_s )$ .

\* Ở bán kỳ dương của nguồn  $u_2$ : dòng điện thuận đi qua  $V_0$  từ hóa lõi cuộn kháng, làm cho biên độ từ cảm biến thiên. Lúc này, vì lõi thép chưa bão hòa nên  $X_K$  rất lớn, nguồn chủ yếu rơi trên cuộn kháng còn giá trị  $iR_t \approx 0$ . Ta có:

$$u_2 = U_{2m} \sin \omega t = iR_t + X_K ( di/dt ) = N_{IV} \omega S ( dB / dt )$$

Với điều kiện ban đầu:  $t = 0, B = B_0$ , giải phương trình này ta được:

$$B = B_0 + B_m ( 1 - \cos \omega t )$$

Trong đó:

- Biên độ từ cảm:  $B_m = U_{2m} / \omega N_{IV} S$
- $N_{IV}$ : Số vòng dây của cuộn làm việc.
- $S$  : Diện tích tiết diện lõi của cuộn kháng.
- $\omega$  : Tần số góc của dòng điện.

Khi lõi thép bão hòa, ta có  $X_K = 0$ . Do đó, toàn bộ nguồn áp chỉ đặt lên tải.

Khi đó:  $u_2 = U_{2m} \sin \omega t = iR_t = u_b$

Với  $u_b$  là điện áp ra của bộ biến, tức là điện áp đặt trên tải.

\* Ở bán kỳ âm của nguồn  $u_2$ :  $V_0$  ngưng dẫn, dòng điện từ hóa không có nên lõi thép bị khử từ bởi cuộn điều khiển  $W_{dk}$  và độ từ cảm  $B$  sẽ giảm dần về giá trị ban đầu  $B_0$ , điện áp trên tải  $u_b \approx u_2 = 0$ .

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu được xác định theo công thức:

$$U_{KDT} = \frac{p}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_{2m} \sin \omega t d\omega t = \frac{p}{2\pi} U_{2m} (1 + \cos \alpha)$$

Trong đó:

- $p$ : Số lần đập mạch trong bộ chỉnh lưu.
- $\alpha$ : Góc bão hòa

$$\alpha = \arccos \left( 1 - \frac{B_s - B_0}{B_m} \right)$$

-  $B_s$ : Từ cảm bão hòa.

Nếu ta chọn  $B_m = B_s$  thì  $\alpha = \arccos ( B_0 / B_s )$ . Lúc này giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:  $U_{KDT} = U_m [ 1 + ( B_0 / B_s ) ] = f ( B_0 )$ . Với:

$$U_m = pU_{2m}/2\pi$$

Ta nhận thấy: Khi thay đổi giá trị  $B_0$  từ  $-B_S$  đến  $+B_S$  ta sẽ điều chỉnh được điện áp chỉnh lưu  $U_{KĐT}$  từ 0 đến giá trị  $U_{2m}(p/\pi)$ . Vì  $B_0$  là do dòng điều khiển  $I_{dk}$  tạo ra nên thực chất giá trị  $U_{KĐT}$  chính là hàm của  $I_{dk}$ :  $U_{KĐT} = f(I_{dk})$ .

### VIII. 3 Phương trình đặc tính cơ của hệ thống KĐT – động cơ:

Từ công thức:  $n = n_0 - M/\beta$ , ta được phương trình đặc tính cơ của động cơ trong hệ thống:

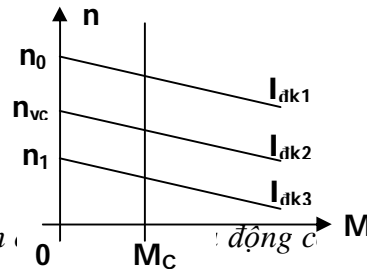
$$n = \frac{U_{KĐT}}{K_E \Phi} - \frac{R_b + R_u}{K_E \Phi} I_u$$

$$n = \frac{U_m (1 + \frac{B_0}{B_S})}{K_E \Phi} - \frac{R_b + R_u}{K_E \Phi} I_u$$

$$n = \frac{U_m (1 + \frac{B_0}{B_S})}{K_E \Phi} - \frac{R_b + R_u}{K_E \Phi} \frac{M}{K_E \Phi}$$

Đây chính là phương trình đặc tính cơ của động cơ trong hệ thống KĐT – động cơ với  $R_b$  là điện trở trong của hệ thống.

Nếu xem cuộn kháng là phần tử tuyến tính thì ta sẽ được họ những đường đặc tính cơ của động cơ là những đường thẳng song song nhau và được gọi là họ đặc tính cơ lý tưởng.



Hình 2. 20 Họ đặc tính cơ của động cơ hệ thống KĐT – động cơ.

### VIII. 4 Nhận xét:

#### VIII. 4. a Ưu điểm:

- Dễ chế tạo.
- Bền và giá thành hạ.
- Do KĐT là bộ biến đổi tĩnh nên khắc phục được những nhược điểm của hệ thống F - Đ như đã trình bày ở phần trên.

#### VIII. 4. b Nhược điểm:

- Do điện trở trong của bộ biến đổi van từ khá lớn nên độ cứng của đường đặc tính cơ thấp, sai số tốc độ lớn và dải điều chỉnh hẹp.
- Về hình thức điều khiển, hệ thống KĐT – động cơ kém linh hoạt hơn hệ F - Đ. Đảo chiều quay động cơ khó khăn và gây tổn thất năng lượng lớn. Quán tính của hệ KĐT - động cơ lớn do ảnh hưởng của điện kháng KĐT, hệ số công suất thấp.

### Chương III

## CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU KÍCH TỪ ĐỘC LẬP CÓ DÙNG ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

### I. HỆ THỐNG CHỈNH LƯU ĐỘNG CƠ:

Để tạo ra bộ nguồn một chiều có điện áp thay đổi được, ngoài các máy phát điện một chiều, KĐMĐ, người ta còn dùng các bộ chỉnh lưu có điều khiển. Vào những năm cuối của thập niên bảy mươi, khi công nghệ chế tạo chất bán dẫn phát triển, đặc biệt là các tiristor chịu được dòng điện lớn và điện áp cao thì các bộ chỉnh lưu tiristor ra đời. Các bộ chỉnh lưu này ngày càng phát triển mạnh mẽ vì có những ưu điểm nổi bật so với dùng nguồn máy phát một chiều hoặc chỉnh lưu dùng đèn khí:

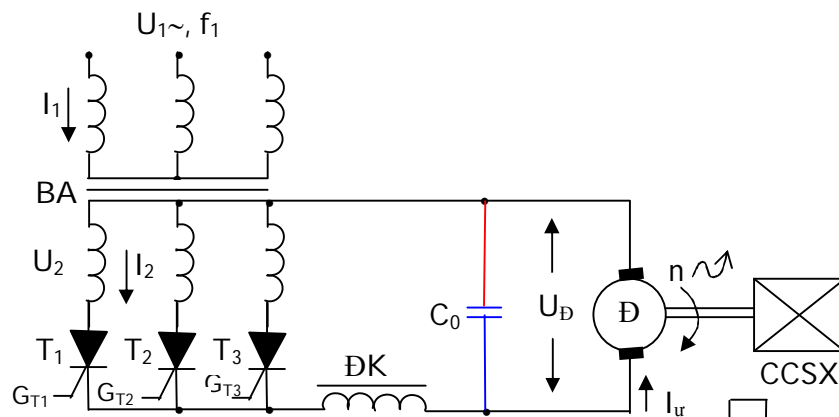
- Có thể tạo ra những bộ nguồn công suất lớn hàng ngàn Kw mà các máy phát điện hoặc đèn thủy ngân cơ khí không thể tạo ra được.
- Tổn thất điện áp trên đèn rất bé, chỉ khoảng từ 0,5V đến 1,5V.
- Độ nhạy của hệ thống cao vì có tính quán tính điện từ bé.
- Làm việc được ở những nơi di chuyển, chấn động mà máy phát điện, đèn khí, thủy ngân khó thực hiện được.
- Hiệu suất cao.

Hệ thống chỉnh lưu được phân chia thành nhiều loại: chỉnh lưu một pha hay ba pha, đối xứng hay không đối xứng, có điều khiển hay không điều khiển... Nhưng trong chương này người viết chỉ xin trình bày hệ thống chỉnh lưu – động cơ điện ba pha dùng linh kiện bán dẫn tiristor để điều khiển. Hệ thống này dùng để thay đổi điện áp và dòng điện ngõ ra bằng cách thay đổi thời điểm đặt xung kích lên cực điều khiển của tiristor, từ đó có thể điều chỉnh tốc độ của động cơ điện. Việc điều chỉnh này thực hiện vô cấp và không cần tiếp điểm.

#### I. 1 Hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ:

##### I. 1. a Sơ đồ nguyên lý:

Chỉnh lưu ba pha hình tia còn được gọi là chỉnh lưu ba pha nửa chu kỳ hay chỉnh lưu ba pha có “đầu không”. Điện áp chỉnh lưu là một nửa sóng của điện áp xoay chiều.



Hình 3. 1 Sơ đồ nguyên lý hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ.

Trong đó:

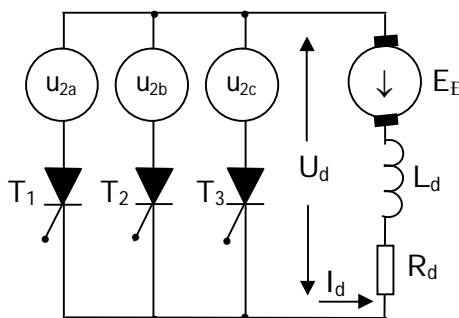
- BA: Máy biến áp chỉnh lưu có nhiệm vụ:
  - . Biến đổi điện áp nguồn  $U_{ng}$  thành điện áp phù hợp  $U_n$  đặt lên bộ chỉnh lưu.
  - . Biến đổi số pha nguồn thành số pha phù hợp với bộ chỉnh lưu.
  - . Đảm bảo cho nguồn và bộ chỉnh lưu chỉ quan hệ với nhau về từ mà không quan hệ trực tiếp về điện nên bảo vệ và điều chỉnh bộ chỉnh lưu được dễ dàng hơn.
- $T_1, T_2, T_3$ : Các tiristor, biến điện áp xoay chiều  $U_2$  thành điện áp một chiều.
- ĐK: Cuộn điện kháng cân bằng.
- Đ: Động cơ điện một chiều kích từ độc lập. Đây là thành phần chủ yếu, đối tượng cần điều chỉnh tốc độ.
- Bộ lọc ( Đ và  $C_0$  ): Cho những thành phần xoay chiều còn sót lại đi qua tụ. Làm cho dòng đi qua động cơ ít nhấp nhô nên moment ít thay đổi, do đó tốc độ động cơ được ổn định.
- BKC: Bộ không chế. Có nhiệm vụ làm bộ tạo xung, đếm xung và phân phối xung đặt lên các cực điều khiển của các tiristor.

**I. 1. b Nguyên lý hoạt động và dạng sóng:**

Với sơ đồ nguyên lý như trên, các tiristor được nối theo nhóm katốt chung nên các phần tử chỉnh lưu có đặc điểm như sau:

- Tiristor dẫn điện là tiristor có anốt được nối với điện áp cao nhất và phải được kích xung đồng pha với điện áp của pha đó.
- Tiristor nào dẫn điện thì nó sẽ gánh trọn dòng điện tải.
- Khi có một tiristor dẫn điện thì hai tiristor còn lại sẽ không dẫn ( nếu ta xét bỏ qua sự chuyển mạch ).

Chế độ làm việc của chỉnh lưu phụ thuộc vào phương thức điều khiển và các tính chất của phụ tải. Trong truyền động điện, tải của chỉnh lưu thường là cuộn kích từ ( L, R ) và mạch phản ứng động cơ ( R, L và E ). Để đơn giản trong việc tìm hiểu nguyên lý hoạt động của hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ trên ta có sơ đồ thay thế như sau:



Hình 3. 2 Sơ đồ thay thế hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ.

Trong đó:

- $E_D$ : Sức phản điện động của động cơ điện.
- $u_{2a}, u_{2b}, u_{2c}$ : Điện áp thứ cấp của máy biến áp BA.
- $R_d$ : Điện trở mạch một chiều ( kể cả điện trở dây quấn thứ cấp của máy biến áp ).
- $L_d$ : Điện cảm mạch một chiều.

Để tiến hành điều chỉnh tốc độ động cơ, người ta thay đổi góc kích  $\alpha$  của tiristor sẽ thay đổi được điện áp chỉnh lưu, làm cho điện áp đặt lên phần ứng động cơ thay đổi. Xét hai trường hợp:

\* Khi  $\alpha = 0$ : Ta kích tiristor tại thời điểm chuyển mạch tự nhiên làm cho điện áp ra trung bình là cực đại:  $U_{d0} = U_{dmax}$

$$U_{d0} = U_{dmax} \cos \alpha = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} U_{2f} \sin \frac{\pi}{m} \quad (3.1)$$

Trong đó:

- $U_{d0}$ : Điện áp chỉnh lưu tại thời điểm  $\alpha = 0$ .
- $m$ : Số pha của chỉnh lưu (  $m = 3$  ).
- $U_{2f}$ : Điện áp pha thứ cấp máy biến áp.

\* Khi  $\alpha \neq 0$ :  $U_d = U_{dmax} \cos \alpha$

$$U_d = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} U_{2f} \sin \frac{\pi}{m} \cos \alpha \quad (3.2)$$

- Khi  $0 < \alpha < 30^\circ$ : Dòng chỉnh lưu sẽ liên tục và có sơ đồ dạng sóng như sau:

Hình 3. 3 Đồ thị điện áp ngõ ra của bộ chỉnh lưu và điện áp ngược đặt lên tiristor  $T_1$ .

Trong khoảng thời gian  $O_1O_2$  điện áp ra  $U_a$  có giá trị lớn nhất, đồng thời tại thời điểm  $O_1$  kích xung cho  $T_1$ .  $T_1$  nhận xung kích nên dẫn điện, mở cho dòng điện chạy qua còn hai van  $T_2$  và  $T_3$  bị khóa. Sau thời điểm  $O_2$  trở đi  $U_b$  có giá trị lớn nhất. Tại  $O_2$ , kích xung cho  $T_2$  nên  $T_2$  dẫn. Lúc này ta có  $U_a < U_b$  nên anốt của  $T_1$  có điện thế thấp hơn so với katốt của nó, do đó  $T_1$  bị khóa. Tương tự, tại thời điểm  $O_3$ ,  $T_3$  dẫn còn  $T_1$  và  $T_2$  bị khóa.

Như vậy mỗi tiristor sẽ cho dòng chạy qua nó trong khoảng thời gian  $120^\circ$  điện và giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu tiristor:

$$U_d = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\frac{2\pi}{3}} \sqrt{2}U_2 \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2 \cos \alpha \quad (3.3)$$

Điện áp ngược đặt lên mỗi tiristor là hiệu số điện thế giữa anốt và katốt của tiristor đó:

. Khi  $T_2$  dẫn:

$$U_{ngT1} = U_b - U_a = \sqrt{6}U_2 \cos(\theta - \frac{\pi}{3}) \quad (3.4)$$

. Khi  $T_3$  dẫn:

$$U_{ngT1} = U_c - U_a = \sqrt{6}U_2 \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \quad (3.5)$$

Điểm cực trị của điện áp ngược đặt lên  $T_1$  là:

$$U_{ngT1} = \sqrt{6}U_2 \text{ khi } \theta = \frac{4\pi}{3}$$

$$U_{ngT1} = \sqrt{6}U_2 \text{ khi } \theta = \frac{11\pi}{3}$$

Dòng điện chỉnh lưu được san bằng có giá trị:

$$I_d = \frac{U_d}{R_d + X_d} \quad (3.6)$$

Giá trị trung bình của dòng điện chạy qua mỗi tiristor là:

$$I_{dTB} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{3}} I_d d\theta = \frac{I_d}{3} \quad (3.7)$$

- Khi  $30^\circ < \alpha < 90^\circ$ : Điện áp ra tức thời sẽ âm trong một số khoảng:

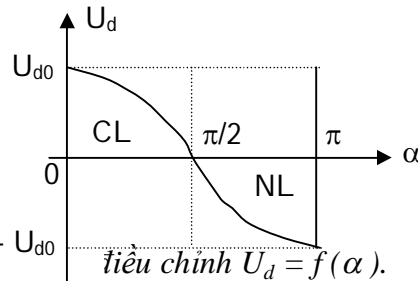
Hình 3. 4 Đồ thị điện áp ra của bộ chỉnh lưu khi  $30^0 < \alpha < 90^0$ .

- Khi  $\alpha = 90^0$ : Điện áp ra trung bình  $U_{d\text{tb}} = 0$ .

- Khi  $\alpha > 90^0$ : Dạng sóng ra của điện áp chỉnh lưu có dạng như sau:

Hình 3. 5 Dạng sóng điện áp ra của bộ chỉnh lưu khi  $\alpha > 90^0$ .

Ta nhận thấy: Trong khoảng  $0 < \alpha < 90^0$ , bộ biến đổi làm việc ở chế độ chỉnh lưu với điện áp  $U_d > 0$ . Và trong khoảng  $90^0 < \alpha < 180^0$ , bộ biến đổi làm việc ở chế độ nghịch lưu với  $U_d < 0$ . Mối quan hệ giữa  $U_d = f(\alpha)$  của bộ chỉnh lưu tiristor được biểu diễn như sau:



Hình 3. 6 : Điều chỉnh  $U_d = f(\alpha)$ .

### **I. 1. c Hiện tượng chuyển mạch:**

Trong sơ đồ chỉnh lưu ba pha hình tia - động cơ, khi phát xung nhằm để mở một van tiristor thì điện áp của pha đó phải dương hơn điện áp của pha có van đang dẫn dòng. Do đó, dòng điện của pha đang dẫn sẽ giảm về 0, còn dòng điện của van kế tiếp sẽ tăng dần lên. Do có điện cảm trong mạch mà quá trình này xảy ra từ từ, cùng một thời điểm cả hai van đều dẫn dòng và chuyển dòng cho nhau. Quá trình này được gọi là quá trình chuyển mạch giữa các van.

Trong quá trình chuyển mạch vì cả hai van đều dẫn điện nên điện áp chỉnh lưu bằng trung bình cộng của hai điện áp pha:  $U_d = (U_a + U_b)/2$ .

Phương trình cân bằng điện áp cho các pha trong lúc chuyển mạch là:

$$U_a - X_{td} \frac{d_{i1}}{dt} = U_d \quad (3.8)$$

Vì  $i_1 + i_2 = I_d$  và nếu ta coi như:

$$\frac{d_{i1}}{dt} = -\frac{d_{i2}}{dt}$$



Thì ta có:  
 Trong đó:  $p$  là số xung áp đập mạch trong một chu kỳ điện áp xoay chiều.

$$\frac{d_{i_2}}{dt} = \frac{U_b - U_a}{2X_{td}} = \frac{U_{2m} \sin \frac{\pi}{p}}{X_{td}} \sin \theta$$

Thời điểm bắt đầu xảy ra hiện tượng chuyển mạch là tại thời điểm  $\theta = \alpha$ . Ta được biểu thức tính dòng điện chạy qua các van:

$$i_1 = I_d - i_k = I_d - \frac{\sqrt{6}}{2X_{td}} U_2 [\cos \alpha - \cos(\theta + \alpha)] \quad (3.9)$$

Qua trình chuyển mạch kết thúc khi  $i_1 = 0$ ,  $i_2 = I_d$ . I (3.10) ; thể rút ra quan hệ giữa góc chuyển mạch  $\gamma$  với các thông số trong hệ thống:

$$\gamma = \arccos\left(\cos \alpha - \frac{I_d}{I_{mk}}\right) - \alpha \quad (3.11)$$

Trong đó:

$$I_{mk} = \frac{U_{2m} \sin \frac{\pi}{p}}{\omega X_{td}}$$

Trong thực tế vận hành ít khi dòng điện chỉnh lưu vượt quá giá trị  $I_d/I_{mk} = 0,1$ . Do đó, có thể nói rằng trong chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ góc chuyển mạch  $\gamma$  cực đại là  $30^\circ$ . Do có sự chuyển mạch nên sức điện động chỉnh lưu bị suy giảm và giá trị trung bình của sụt áp do chuyển mạch được tính theo biểu thức sau:

$$\Delta U_\gamma = \frac{2X_{td} I_d}{2\pi} \quad (3.12)$$

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu ba pha hình tia ... -σ:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2 \cos \alpha - \frac{3X_{td}}{2\pi} I_d \quad (3.13)$$

### I. 1. d Sóng hài và việc sản bằng điện áp ra của sóng hài.

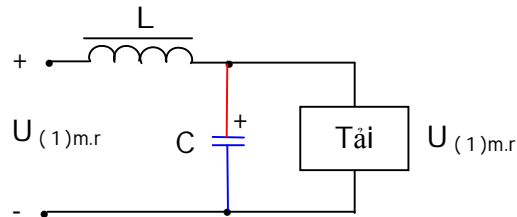
Do tính chất của chỉnh lưu điện tử công suất là biến đổi điện áp xoay chiều thành một chiều nên dạng sóng ra của bộ biến đổi không phải là hình sin mà có chứa các thành phần sóng điều hòa bậc cao. Dạng sóng điện áp ra của chỉnh lưu có tính chất xung, có dạng nhấp nhô. Do đó, điện áp ra của chỉnh lưu gồm hai thành phần: xoay chiều và một chiều:  $U_d = u_d + u_{d-}$ .

Trong đó:  $u_{d-}$  là tổng các sóng hài của điện áp chỉnh lưu. Biên độ của chúng phụ thuộc vào điện cảm, điện trở của máy biến áp, tính chất của phụ tải, các van, bậc của sóng hài và sơ đồ kết nối mạch của chỉnh lưu.

Trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ, mặc dù tải mang tính chất cảm kháng ( L, R, E ) sẽ làm cho dạng sóng điện áp ra tương đối bằng phẳng nhưng do có góc kích  $\alpha$  và sự chuyển mạch điện tử nên có nhiều sóng hài hơn so với hệ thống chỉnh lưu không có điều khiển. Khi góc kích  $\alpha$  càng lớn thì biên độ của sóng hài càng lớn. Để khử sóng hài cho dạng sóng điện áp ra được bằng phẳng, ổn định người ta thường dùng đến bộ lọc.

Bộ lọc là khâu trung gian, nó nối nguồn chỉnh lưu với phụ tải. Bộ lọc có chức năng chỉ cho dòng điện có tần số cố định nào đó đi qua mà không bị suy giảm nhưng lại làm suy giảm mạnh dòng điện ở các tần số khác.

Để san bằng dạng sóng điện áp chỉnh lưu ta dùng bộ lọc LC. Bộ lọc này được dùng cho các thiết bị chỉnh lưu công suất lớn như sau:



Hình 3.1 Sơ đồ mạch lọc LC.

Mạch lọc LC là sự kết hợp giữa cuộn dây và tụ điện. Cuộn dây L dùng để san bằng dòng điện, lọc nhiễu tần số cao. Tụ điện C dùng để duy trì điện áp trên tải cố định, không đổi.

Chỉ tiêu của bộ lọc  $K_{ab}$  là hệ số san bằng được xác định theo biểu thức như sau:

$$K_{ab} = \frac{K_v}{K_r} \quad (3.14)$$

Trong đó:  $K_v = \frac{U_{(1)m,v}}{U_{d,v}} = \frac{2}{m_x^2 - 1}$ ;  $K_r = \frac{U_{(1)m,r}}{U_d}$

-  $K_v, K_r$ : Hệ số xung ở đầu vào và ra của bộ lọc. Giá trị của  $K_v$  phụ thuộc vào từng sơ đồ chỉnh lưu còn giá trị của  $K_r$  lớn hay nhỏ là do yêu cầu của phụ tải.

-  $U_{(1)m,v}$ : Biên độ sóng cơ bản ( sóng hài bậc 1 ) của điện áp chỉnh lưu.

-  $U_{d,v}$ : Điện áp ra một chiều của điện áp chỉnh lưu.

-  $U_d$ : Điện áp ra một chiều trên tải.

-  $U_{(1)m,r}$ : Biên độ lớn nhất của xung áp sóng cơ bản ở đầu ra của bộ lọc.

-  $m_x$ : Số xung áp của điện áp chỉnh lưu trong một chu kỳ của điện áp nguồn xoay chiều.

Trong bộ lọc LC, khi thiết kế, các giá trị L và C được tính toán theo công thức như sau:

$$L_{\min} = \frac{2U_d}{[(m_x)^2 - 1]m_x \omega I_d} \quad (3.15)$$

Trong đó:  $C = \frac{10K_{ab}}{L(m_x)^2} \quad (3.16)$

-  $m_x$ : Số pha (  $m_x = 3$  ).

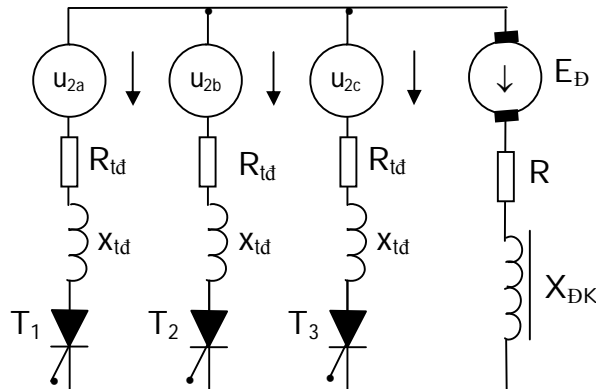
-  $K_v = 0,25$ .

Điện áp ra cực đại đặt lên tụ điện của bộ lọc sẽ là:

$$U_{c \max} = \sqrt{2}U_d \quad (3.17)$$

### **I. 1. e Phương trình đặc tính cơ của động cơ:**

Ở những phần trên, để đơn giản cho việc tìm hiểu nguyên lý hoạt động và dạng sóng của hệ thống chỉnh lưu nên ta bỏ qua các ảnh hưởng của mạch động lực đối với điện áp ra của bộ chỉnh lưu. Khi tiến hành thành lập phương trình đặc tính cơ của động cơ ta phải xét đến sự ảnh hưởng của điện kháng, điện trở của máy biến áp, sức phản điện động của động cơ và các tổn thất khác trên mạch điện.



Hình 3. 8 Sơ đồ tương trị của hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ.

Muốn xét toàn bộ ảnh hưởng của mạch động lực lên điện áp ra của chỉnh lưu có tải là động cơ, ta sử dụng sức điện động của cuộn dây thứ cấp máy biến áp được trình bày như hình 3. 8.

Tương tự như điện áp chỉnh lưu, giá trị trung bình của sức điện động chỉnh lưu được xác định theo công thức như sau:

$$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} E_2 \cos \alpha = E_{d0} \cos \alpha \quad (3.18)$$

Khi chỉnh lưu có tải, điện áp đặt vào động cơ:  $U_D = E_d - \Delta U_{CL}$ .

Sức phản điện động của động cơ:  $E_D = E_d - \Delta U$  với  $\Delta U$ : Điện áp rơi trên toàn mạch phần ứng,  $\Delta U = \Delta U_T + \Delta U_R + \Delta U_X + \Delta U_r$  (3.19)

Và có dạng sóng của điện áp ra chỉnh lưu khi có tải:

Hình 3. 9 *Dạng sóng điện áp ra và dòng điện khi bộ chỉnh lưu có tải là động cơ.*

Từ  $\Delta U = \Delta U_T + \Delta U_R + \Delta U_X + \Delta U_r$ : Trong đó:

- $\Delta U_T$ : Điện áp rơi trên tiristor, khoảng từ 0,5V đến 1,5V.
- $\Delta U_R$ : Điện áp rơi trên điện trở máy biến áp  $\Delta U_R = I_r R_{td}$ .
- $R_{td}$ : Điện trở tương đương của máy biến áp:

$$R_{td} = R_2 + R_1 \left( \frac{W_2}{W_1} \right)^2 \quad (3.20)$$

-  $R_1, W_1$ : Điện trở và số vòng dây trên một pha cuộn sơ cấp của máy biến áp.

-  $R_2, W_2$ : Điện trở và số vòng dây trên một pha cuộn thứ cấp của máy biến áp.

- $\Delta U_X$ : Điện áp rơi trên điện kháng của máy biến áp:

$$\Delta U_X = 0,47 I_r X_{td} \quad (3.21)$$

- $X_{td}$ : Điện kháng tương đương của máy biến áp:

$$X_{td} = X_2 + X_1 \left( \frac{W_2}{W_1} \right)^2 \quad (3.22)$$

- $X_1, X_2$ : Điện kháng trên cuộn sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp.

- $\Delta U_r$ : Điện áp rơi trên hai đầu phần ứng của động cơ:

$$\Delta U_r = I_r R_r$$

Thay các giá trị của  $\Delta U$  vào:  $U_D = E_d - \Delta U_{CL}$  và  $E_D = E_d - \Delta U$  ta được:

$$E_D = U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_T - (R_{td} + 0,47 X_{td} + R_r) I_r \quad (3.23)$$

Chia hai vế của biểu thức cho  $K_E \Phi_D$  ta được:

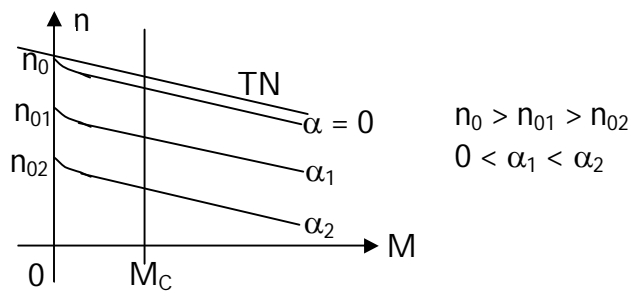
$$n = \frac{U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_T}{K_E \Phi_D} - \frac{R_{td} + 0,47 X_{td} + R_r}{K_E \Phi_D} I_r$$

$$n = \frac{U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_T}{K_E \Phi_D} - \frac{R_{td} + 0,47 X_{td} + R_r}{K_E K_M \Phi_D^2} M \quad (3.24)$$

Đây là phương trình đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ.

Từ ( 3. 24 ), khi thay đổi góc kích  $\alpha$  nghĩa là thay đổi thời điểm kích của các tiristor thì ta thay đổi được điện áp ra của chỉnh lưu. Điện áp ngõ ra của chỉnh lưu thay đổi tức là điện áp đặt lên phần ứng của động cơ sẽ thay đổi làm cho tốc độ của động cơ thay đổi.

Nếu góc kích  $\alpha$  càng lớn, nghĩa là ta kích vào các tiristor càng chậm so với thời điểm chuyển mạch tự nhiên thì  $\cos\alpha$  càng nhỏ sẽ làm cho điện áp chỉnh lưu ra càng bé nên đường đặc tính cơ của động cơ càng dốc, tốc độ của động cơ giảm. Thông thường  $\alpha$  được chọn:  $0 < \alpha < \pi/2$ . Ta có họ đặc tính cơ của động cơ khi góc kích  $\alpha$  thay đổi:



Hình 3. 10 Đường đặc tính cơ của động cơ trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ khi thay đổi góc kích  $\alpha$ .

Trong hệ thống này, có hai hướng để điều chỉnh tốc độ của động cơ:

- Để điều chỉnh tốc độ đạt  $n < n_{cb}$  thì ta tăng góc kích  $\alpha$  làm cho điện áp đặt lên phần ứng của động cơ sẽ giảm nên tốc độ sẽ giảm.

- Để điều chỉnh tốc độ đạt  $n > n_{cb}$  thì ta giảm từ thông kích thích  $\phi_D$  bằng cách giảm  $R_{KD}$ .

### **I. 1. f Nhận xét:**

Hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ, khi kích lần lượt từng tiristor lệch nhau  $120^\circ$  điện thì tiristor được kích sẽ dẫn trong  $120^\circ$  điện. Ở các thời điểm bình thường chỉnh lưu chỉ có một tiristor dẫn, riêng trong thời gian chuyển mạch có hai tiristor dẫn.

Khi mắc động cơ vào hệ thống thì động cơ không thể làm việc với đường đặc tính tự nhiên và tốc độ của động cơ không đạt tới tốc độ cơ bản.

Khi cho góc kích  $\alpha = 0$  thì động cơ đạt tốc độ là  $n_{max}$  vì điện áp  $U_{CL}$  là cực đại. Nhưng  $n_{max}$  luôn luôn nhỏ hơn  $n_{cb}$ .

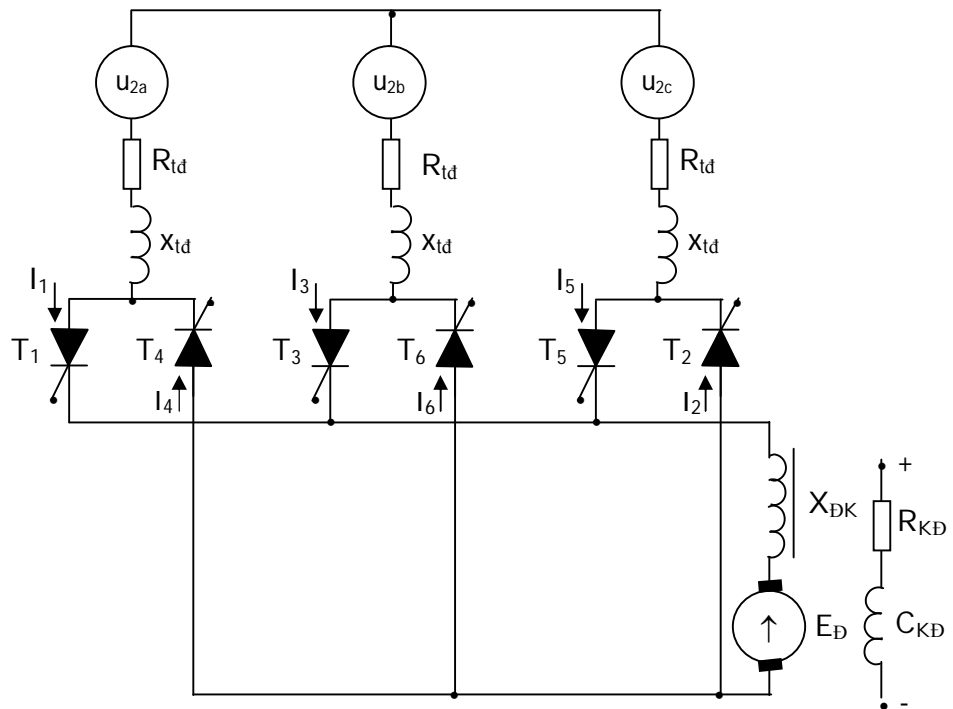
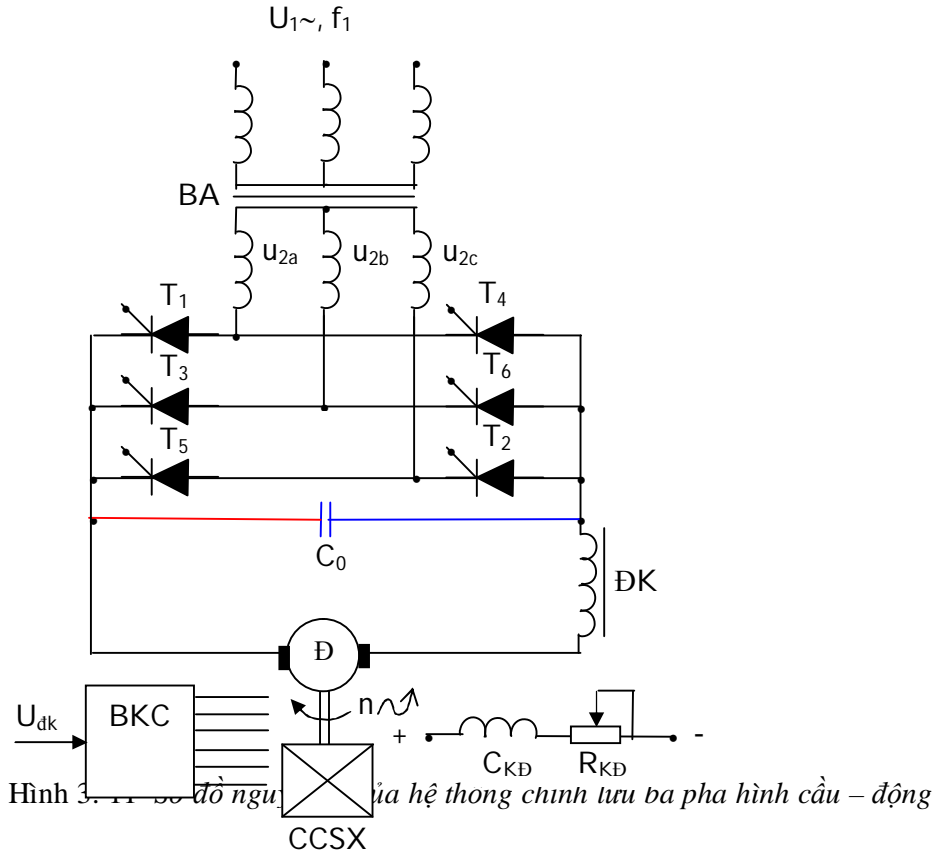
Hệ thống này có khả năng điều chỉnh tốc độ theo hai hướng. Muốn giảm tốc độ thì ta điều chỉnh góc  $\alpha$ . Muốn tăng tốc độ lớn hơn  $n_{cb}$  thì ta giảm từ thông  $\phi_D$  bằng cách giảm  $R_{KD}$ .

Hệ thống này có khả năng thực hiện các phản hồi âm tốc độ, phản hồi dương dòng điện kết hợp âm điện áp để tự động điều chỉnh tốc độ khi phụ tải thay đổi. Các đại lượng phản hồi sẽ được đưa trở về so sánh với  $U_{dk}$  làm cho bộ tạo xung sớm hơn hay muộn hơn so với thời điểm xuất hiện xung đã chỉnh định.

## **I. 2 Hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ:**

**I. 2. a Sơ đồ nguyên lý:**

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ có điều khiển, sơ đồ đẳng trị mạch thứ cấp máy biến áp và phân ứng động cơ được biểu diễn như sau:



Hình 3. 12 Sơ đồ đẳng trị mạch thứ cấp máy biến áp và phần ứng động cơ.

Cầu chỉnh lưu có điều ba pha gồm 6 tiristor được chia làm hai nhóm:

- Nhóm anốt chung ( nhóm chẵn ): T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> và T<sub>6</sub>.
- Nhóm katốt chung ( nhóm lẻ): T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> và T<sub>5</sub>.

Góc kích  $\alpha$  được tính từ giao điểm của các nửa hình sin sóng điện áp.

**I. 2. b Nguyên lý hoạt động và dạng sóng:**

Chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ muốn khởi động hệ thống ta phải kích đồng thời 2 tiristor: 1 tiristor ở nhóm lẻ T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub> và 1 tiristor ở nhóm chẵn T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>. Đầu tiên ta kích T<sub>1</sub> cho T<sub>1</sub> dẫn, sau 60<sup>0</sup> điện ta kích tiếp T<sub>3</sub> nghĩa là các tiristor được kích cách nhau 1/6 chu kỳ. Ngoại trừ 1 trong 2 tiristor lần đầu tiên chỉ dẫn trong 60<sup>0</sup> điện còn tất cả các tiristor khác khi đã được kích nó phải dẫn trong 120<sup>0</sup> điện. Ở các thời điểm bình thường có 2 tiristor dẫn: 1 ở nhóm chẵn và 1 ở nhóm lẻ, riêng trong thời gian chuyển mạch điện tử ứng với góc chuyển mạch  $\gamma$  có 3 tiristor cùng dẫn:

- 1 tiristor được kích đang dẫn dần lên.
- 1 tiristor dẫn đang dẫn và tắt dần.
- 1 tiristor sẽ dẫn tiếp.

Giả sử T<sub>5</sub> và T<sub>6</sub> đang dẫn điện.

Khi ta cho  $\theta = \theta_1 = \pi/6 + \alpha$ , kích xung điều khiển cho T<sub>1</sub>. T<sub>1</sub> mở vì U<sub>a</sub> > 0. T<sub>1</sub> mở sẽ làm cho T<sub>1</sub> bị khóa một cách tự nhiên vì U<sub>a</sub> > U<sub>c</sub>. Lúc này T<sub>1</sub> và T<sub>6</sub> cho dòng chạy qua. Điện áp trên tải U<sub>d</sub> = U<sub>ab</sub> = U<sub>a</sub> - U<sub>b</sub>.

Khi cho  $\theta = \theta_2 = 3\pi/6 + \alpha$ , kích xung điều khiển cho T<sub>2</sub>, T<sub>2</sub> mở vì khi T<sub>6</sub> dẫn dòng, nó đặt lên anốt của T<sub>2</sub> điện áp U<sub>b</sub>, khi  $\theta = \theta_2$  thì U<sub>b</sub> > U<sub>c</sub>, T<sub>2</sub> mở làm cho T<sub>6</sub> bị khóa lại.

Các xung điều khiển lệch nhau  $\pi/3$  được lần lượt đưa đến cực điều khiển của các tiristor theo thứ tự 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1... Trong mỗi nhóm có một tiristor mở nó sẽ khóa ngay tiristor dẫn dòng trước nó theo bảng tóm tắt sau:

Thời điểm	Mở	Khóa
$\theta_1 = \pi/6 + \alpha$	T <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>
$\theta_2 = 3\pi/6 + \alpha$	T <sub>2</sub>	T <sub>6</sub>
$\theta_3 = 5\pi/6 + \alpha$	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>
$\theta_4 = 7\pi/6 + \alpha$	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>
$\theta_5 = 9\pi/6 + \alpha$	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>
$\theta_6 = 11\pi/6 + \alpha$	T <sub>6</sub>	T <sub>4</sub>

Đồ thị điện áp ngõ ra, dòng điện cực điều khiển và dòng điện chạy qua các tiristor được trình bày như sau:

Hình 3. 13 Đồ thị dạng sóng điện áp ngõ ra, dòng điện cực điều khiển và dòng điện chạy qua các tiristor.



Tương tự như trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ, để tìm hiểu nguyên lý hoạt động của hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ ta xét góc kích  $\alpha$  trong các trường hợp sau:

\* *Khi  $\alpha = 0$* : Ta kích tại thời điểm chuyển mạch tự nhiên.

$$U_{d0c} = U_{d0c \max} = \frac{m}{\pi} \sqrt{3} E_{2d} \sin \frac{\pi}{m} \quad (3.25)$$

m: Số pha của hệ thống chỉnh lưu, trong trường hợp này thì  $m = 6$ .

\* *Khi  $\alpha \neq 0$* :

$$U_{d0c} = U_{d0c \max} \cos \alpha = \frac{m}{\pi} \sqrt{3} E_{2d} \sin \frac{\pi}{m} \cos \alpha \quad (3.26)$$

Ta xét trong các khoảng thời gian:

Trong khoảng thời gian  $O_1O_2$ , cặp  $T_1, T_6$  dẫn cho dòng điện chạy qua.

Khi đó giá trị của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d(O_1O_2) = U_a - U_b = U_{ab} = \sqrt{6} U_2 \sin(\theta + \frac{\pi}{6})$$

Trong khoảng thời gian  $O_2O_3$ , cặp  $T_1, T_2$  dẫn cho dòng điện chạy qua nên:

$$U_d(O_2O_3) = U_{ac} = \sqrt{6} U_2 \sin(\theta - \frac{\pi}{6})$$

Tương tự, ta được:

$$U_d(O_3O_4) = U_{bc} = \sqrt{6} U_2 \sin(\theta - \frac{\pi}{2})$$

$$U_d(O_4O_5) = U_{ba} = \sqrt{6} U_2 \sin(\theta - \frac{5\pi}{6})$$

$$U_d(O_5O_6) = U_{ca} = \sqrt{6} U_2 \sin(\theta - \frac{7\pi}{6})$$

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{\pi}{6} + \alpha + \frac{\pi}{3}} \sqrt{6} U_2 \sin(\theta + \frac{\pi}{6}) d\theta = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 \cos \alpha \quad (3.27)$$

Do đó, ta thấy khi thay đổi góc kích  $\alpha$  thì ta có thể thay đổi được giá trị trung bình của điện áp đặt vào phần ứng động cơ. Khi  $\alpha$  biến đổi từ 0 đến  $\pi$  thì giá trị điện áp trung bình  $U_d$  biến thiên từ  $+U_{d\max}$  đến  $-U_{d\max}$ .

Điện áp ngược đặt lên  $T_1$  khi  $T_1$  ngưng dẫn được biểu diễn như sau:

Hình 3. 14 *Điện áp ngõ ra của chỉnh lưu và điện áp ngược đặt lên tiristor  $T_1$ .*

Trong khoảng thời gian  $OO_1$ ,  $T_5$  dẫn điện nên  $U_{ngT1} = U_c - U_a$ .

Trong khoảng thời gian  $O_3O_5$ ,  $T_3$  dẫn điện nên:  $U_{ngT1} = U_b - U_a$ .

Giá trị của điện áp ngược cực đại đặt lên mỗi tiristor là:

$$U_{ng \max} = \sqrt{6}U_2$$

Để sơ đồ chỉnh lưu ba pha hình cầu có thể làm việc được, các xung điều khiển cần có độ rộng lớn hơn  $60^\circ$  điện mới có thể đảm bảo cho việc mở đồng thời 2 tiristor ở hai nhóm.

### **I. 2. c Hiện tượng chuyển mạch:**

Đối với sơ đồ chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ có điều khiển, đối xứng, quá trình chuyển mạch chỉ xảy ra giữa các tiristor trong cùng một nhóm. Đồ thị biểu diễn dạng sóng điện áp ra của chỉnh lưu, dòng điện chạy qua tiristor và điện áp ngược đặt lên mỗi tiristor như sau:

Hình 3. 15 Đồ thị điện áp chỉnh lưu, dòng điện qua các tiristor và điện áp ngược đặt lên  $T_1$  khi xảy ra hiện tượng chuyển mạch.

Khi hệ thống hoạt động, giả sử van  $T_1, T_2$  đang mở. Tại thời điểm  $O_1$ , ta kích xung để  $T_3$  mở. Lúc này sẽ bắt đầu xảy ra sự chuyển mạch của dòng điện từ  $T_1$  sang  $T_3$ .  $T_1$  và  $T_3$  mở đồng thời sẽ làm ngắn mạch hai đầu cuộn thứ cấp của máy biến áp. Trong thời gian này dòng điện chạy qua  $T_3$  tăng dần từ 0 đến  $I_d$ , đồng thời dòng qua  $T_1$  giảm dần từ  $I_d$  xuống 0,  $T_1$  bắt đầu ngưng dẫn. Sau một khoảng thời gian chuyển mạch nào đó thì dòng  $i_{T1}$  mới thực sự giảm về 0 và dòng  $i_{T3}$  đạt đến giá trị  $I_d$ .

$$i_{T1} = I_d - \frac{\sqrt{6}}{2X_{td}} U_2 [\cos\alpha - \cos(\theta + \alpha)] \quad (3.28)$$

$$i_{T3} = \frac{\sqrt{6}}{2X_{td}} U_2 [\cos\alpha - \cos(\theta + \alpha)] \quad (3.29)$$

Mối tương quan giữa góc chuyển mạch  $\gamma$  với các đại lượng của hệ thống:

$$\cos\alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \frac{2X_{td}}{\sqrt{6}U_2} I_d \quad (3.30)$$

Nếu chọn  $O_1$  làm gốc thời gian, ta được:

$$U_a = \sqrt{2}U_2 \sin(\theta + \alpha + \frac{\pi}{6})$$

$$U_a = 2U_2 \sin(\theta + \alpha + \frac{\pi}{6})$$

Giá trị trung bình của sụt áp do hiện tượng trùng dẫn gây nên:

$$\Delta U_\gamma = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2 [\cos\alpha - \cos(\alpha + \gamma)] \quad (3.31)$$

Thay giá trị biểu thức (3.30) vào (3.31) ta được:

$$\Delta U_\gamma = \frac{3X_{td}I_d}{\pi} \quad (3.32)$$

Xét trong khoảng thời gian  $O_2O_3$ :  $U_{T1} = u_b - u_a$

Trong khoảng thời gian  $O_3O_4$ :  $T_2$  và  $T_4$  trùng dẫn nên ta có:

$$U_{T1} = u_b - u_a \text{ và } U_{T1} = u_b - u_c \text{ nên } U_{T1} = u_b - (u_a + u_c)/2.$$

Xét trong khoảng thời gian  $O_4O_5$ :  $U_{T1} = u_b - u_c$

Trong khoảng thời gian  $O_5O_6$ :  $T_3$  và  $T_5$  trùng dẫn nên ta có:

$$U_{T1} = u_b - u_a \text{ và } U_{T1} = u_c - u_a \text{ nên } U_{T1} = (u_b + u_c)/2 - u_a.$$

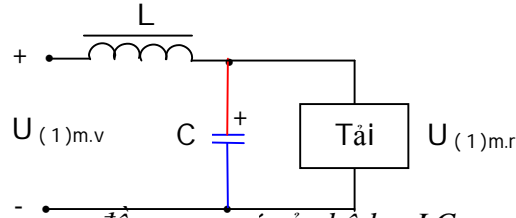
Tương tự cho các khoảng còn lại.

Khi kể đến sự chuyển mạch điện tử, giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu ba pha hình cầu:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 \cos \alpha - \frac{3X_{td} I_d}{\pi} \quad (3.33)$$

### I. 2. d Sóng hài và việc san bằng điện áp ra của bộ chỉnh lưu:

Do tính chất tương tự như hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ, trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ ta vẫn sử dụng bộ lọc LC để lọc sóng hài, san bằng điện áp ra của bộ chỉnh lưu.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của bộ lọc LC.

Hệ số san bằng của bộ lọc:

$$K_{sb} = \frac{U_{(1)m.v}}{U_{(1)m.r}} = 1 + Z_1 \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{Z_2} \right) \quad (3.34)$$

Trong đó:

- $U_{(1)m.v}$ : Biên độ sóng cơ bản ( sóng bậc 1 ) của điện áp chỉnh lưu.
- $U_{(1)m.r}$ : Biên độ lớn nhất của xung áp sóng cơ bản ở đầu ra của bộ lọc.

$$U_{(1)m.r} = U_{(1)m.v} \frac{U_{(1)m.v} Z_1 (Z_2 + r)}{Z_1 (Z_2 + r) + Z_2 r} \quad (3.35)$$

$$- Z_1 = jm_x \omega L.$$

$$- Z_2 = 1/(jm_x \omega C).$$

-  $m_x$ : Xung áp của điện áp chỉnh lưu trong một chu kỳ điện áp nguồn xoay chiều. Đối với sơ đồ chỉnh lưu ba pha hình cầu thì  $m_x = 6$ .

-  $\omega$ : Tần số gốc của nguồn xoay chiều.

Thay các giá trị của  $Z_1, Z_2$  vào ( 3.35 ) và xem như  $1/r \approx 0$  ta được biểu thức tính hệ số san bằng như sau:  $K_{sb} = 1 - m_x^2 \omega^2 LC$

$$\Rightarrow LC = \frac{10|K_{sb}|}{m_x^2}$$

với giá trị của L được tính bằng Henry ( H ) và C tính bằng  $\mu F$ .

Để xác định L ta dựa vào các điều kiện sau:  $I_{d0} > I_{(1)m.v}$  ( 3.36 )

Ta có biểu thức tính biên độ sóng cơ bản của dòng điện chạy qua điện kháng khi coi  $Z_1 \gg Z_2$ :

$$I_{(1)m.v} \approx \frac{U_{(1)m.v}}{m_x \omega L}$$

Thành phần dòng một chiều chạy qua điện kháng khi không tính đến tổn thất năng lượng là:  $I_{d0} = U_{dv}/r$ .

Thay các giá trị của  $I_{d0}$  và  $I_{(1)m.v}$  vào biểu thức ( 3.36 ), ta được:

$$\frac{U_{(1)m.v}}{m_x \omega L} < \frac{U_d}{r} \Rightarrow L > \frac{U_{(1)m.v} r}{U_{dv} m_x \omega}$$

$$\text{Vì } \frac{U_{(1)m.v}}{U_{dv}} = K_v = \frac{2}{m_x^2 - 1} \Rightarrow L > \frac{2r}{(m_x^2 - 1) m_x \omega} \quad (3.37)$$

Biểu thức ( 3.37 ) chính là điều kiện để xác định giá trị L của bộ lọc.

### **I. 2. e Phương trình đặc tính cơ của động cơ:**

Tương tự như hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ, trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu – động cơ thì sức điện động đặt lên động cơ sẽ là:  
$$E_D = U_{d0c} \cos \alpha - \Delta U \quad (3.38)$$

$\Delta U$ : Tổn hao trên toàn mạch phản ứng.

$$E_D = U_{d0c} \cos \alpha - \Delta U_{UC} - \Delta U_R - \Delta U_{XC} - \Delta U_u \quad (3.39)$$

Trong đó:

-  $\Delta U_{UC}$ : Tổn hao trên các van chỉnh lưu:

$$\Delta U_{ucầu} = 2\Delta U_{utia} = (2 \rightarrow 3) V$$

-  $\Delta U_{RC}$ : Tổn hao trên điện trở tác dụng một pha của máy biến

áp:  $\Delta U_{XC} = 0,955 X_{td} I_u$

-  $\Delta U_u$ : Tổn hao trên hai đầu phần ứng của động cơ:

$$\Delta U_u = R_u I_u.$$

Biểu thức (3.38) được viết lại như sau:

$$E_D = U_{d0c} \cos \alpha - \Delta U_{UC} - (2R_{td} + 0,955 X_{td} + R_u) I_u \quad (3.40)$$

Chia hai vế của (3.40) cho  $K_E \Phi_D$  ta được:

$$n = \frac{U_{d0c} \cos \alpha - \Delta U_{UC}}{K_E \Phi_D} - \frac{2R_{td} + 0,955 X_{td} + R_u}{K_E \Phi_D} I_u \quad (3.41)$$

Đây là phương trình đặc tính cơ điện của động cơ.

$$n = \frac{U_{d0c} \cos \alpha - \Delta U_{UC}}{K_E \Phi_D} - \frac{2R_{td} + 0,955 X_{td} + R_u}{K_E K_M \Phi_D^2} M \quad (3.42)$$

(3.42) là phương trình đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập trong hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu - động cơ.

Hệ thống này cũng có hai hướng điều chỉnh tốc độ và phản hồi để ổn định tốc độ động cơ tương tự như hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ.

### **I. 2. f Nhận xét:**

So với hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia – động cơ thì hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu có nhiều ưu điểm hơn:

Giá trị điện áp ngõ ra của chỉnh lưu hình cầu lớn hơn điện áp chỉnh lưu hình tia. Độ nhấp nhô của sóng điện áp chỉnh lưu hình cầu thấp hơn hình tia nên chất lượng của chỉnh lưu ba pha hình cầu là tốt nhất. Đây là hệ thống được sử dụng phổ biến nhất trong thực tế.

Ngày nay, ở các hệ thống hiện đại ta có thể điều chỉnh tốc độ lớn hay nhỏ hơn so với tốc độ cơ bản với phạm vi điều chỉnh lớn:

$$D = (\text{Hàng trăm} \rightarrow \text{hàng ngàn}) / 1.$$

Như vậy, hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu là một hệ thống có:

- Đặc tính cơ cứng.
- Tự động ổn định được tốc độ khi phụ tải thay đổi.
- Có độ nhạy cao, hiệu suất lớn.

### **I. 3 Chế độ nghịch lưu trong hệ thống chỉnh lưu – động cơ:**

Khi động cơ điện do tác động của ngoại lực làm cho tốc độ đổi dấu ( quay ngược ) hoặc đảo chiều dòng điện kích thích thì sức điện động của động cơ điện đảo dấu, đồng thời điều chỉnh góc kích  $\alpha$  biến thiên trong phạm vi:  $\pi/2 < \alpha < \pi$  thì hệ

thống chỉnh lưu – động cơ sẽ làm việc theo chế độ nghịch lưu. Ở chế độ nghịch lưu, dòng điện chỉnh lưu vẫn theo chiều cũ nhưng sức điện động chỉnh lưu đã đảo dấu do các van dẫn dòng trong thời gian điện áp anốt âm. Công suất điện từ của động cơ và của chỉnh lưu là:

$$P_{dt} = UI_d > 0$$

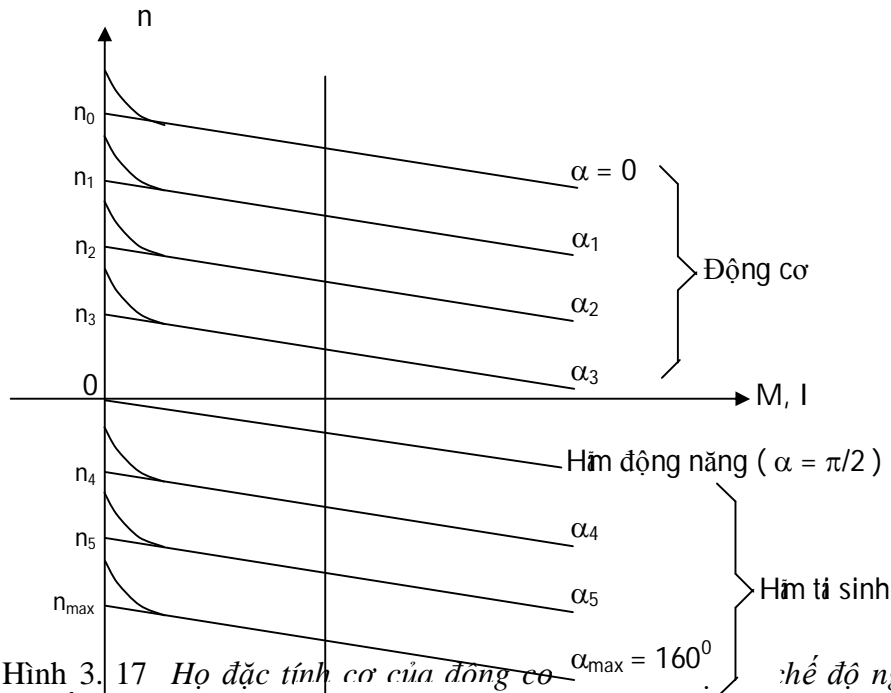
$$P_d = U_d I_d < 0$$

Lúc này, hệ thống chỉnh lưu trở thành thiết bị nhận điện năng do động cơ làm việc ở trạng thái hãm tái sinh phát ra và biến điện năng một chiều này thành điện năng xoay chiều trả về lưới điện.

Ta có phương trình đặc tính cơ của động cơ ở chế độ nghịch lưu trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ như sau:

$$n = \frac{E_{d0} \cos \alpha_{\max} - \Delta U_v - \left( \frac{m}{2\pi} X_{ld} + R_{ld} + R_{uD} + R_{DK} \right) I_u}{K_e \Phi} \quad (3.43)$$

Và họ đặc tính cơ của động cơ điện ở chế độ nghịch lưu trong hệ thống chỉnh lưu – động cơ như sau:



Hình 3.17 Họ đặc tính cơ của động cơ trong hệ thống chỉnh lưu - độ  $M_c = M_{dm}$

Tương tự như ở chế độ chỉnh lưu, trong chế độ nghịch lưu cũng có thể xảy ra các hiện tượng chuyển mạch và gián đoạn của dòng điện. Sau khi kết thúc quá trình chuyển dòng cho van  $T_2$ , van  $T_1$  chuyển từ trạng thái dẫn sang trạng thái khóa. Quá trình này phải kết thúc trước quá trình chuyển mạch tự nhiên tức là thời điểm  $u_{2a}$  bắt đầu dương hơn  $u_{2b}$ . Thời gian của quá trình này gọi là thời gian khóa hay thời gian để cho tiristor phục hồi chắc chắn  $\gamma$  thì góc kích  $\alpha$  được chọn như sau:  $\pi/2 < \alpha \leq \pi - (\delta + \gamma)$ .

Trong đó:

- $\delta$ : Được chọn khoảng  $5^\circ$ .
- $\gamma$ : Được chọn khoảng từ  $15^\circ$  đến  $18^\circ$ .

Trong thực tế, để bộ biến đổi van làm việc an toàn ở chế độ nghịch lưu thì góc kích  $\alpha$  được chọn:  $\alpha_{\max} = 160^\circ$ .

Nếu điều kiện này không được đảm bảo thì nghịch lưu sẽ rơi vào trạng thái sự cố, van cần khóa sẽ vẫn dẫn dòng tiếp, không thực hiện được sự chuyển mạch giữa các van với nhau, không thể kiểm soát được điện áp, dòng điện của nghịch lưu.

#### **I. 4 Đảo chiều quay trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ:**

Trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ đã trình bày như trên, máy điện trong hệ thống chỉ làm việc ở trạng thái động cơ với một chiều quay ( $n > 0$ ), còn các trạng thái hãm chỉ có thể xảy ra khi có ngoại lực làm cho động cơ quay ngược ( $n < 0$ ). Do đó, ta thấy hệ thống chỉnh lưu - động cơ kém linh hoạt hơn hệ thống máy phát - động cơ. Nguyên nhân là do chỉnh lưu tiristor dẫn dòng theo một chiều và chỉ điều khiển được khi mở, còn khóa theo điện áp lưới. Vì vậy, để cho máy điện làm việc ở trạng thái động cơ cũng như ở trạng thái hãm tương ứng với cả hai chiều quay của trục động cơ ta phải dùng đến đảo chiều quay trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ.

Có hai nguyên tắc cơ bản để xây dựng hệ truyền động đảo chiều đó là:

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

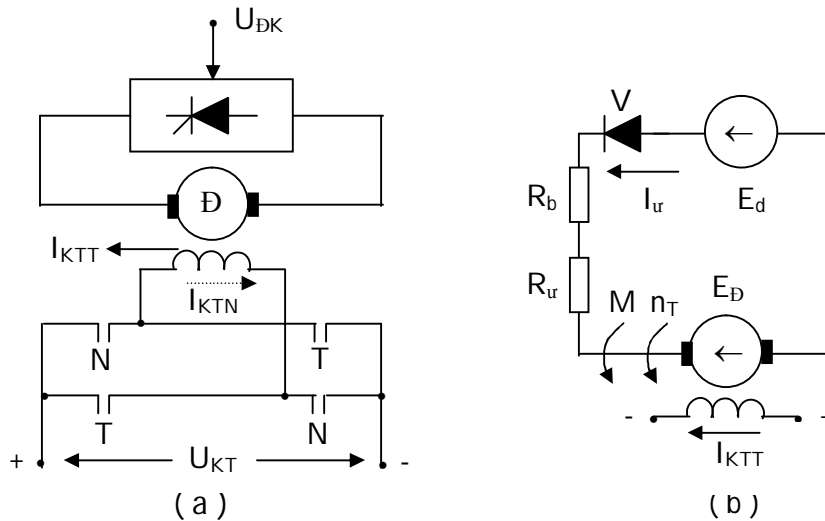
Để tiến hành đảo chiều quay trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ ta dùng 3 phương pháp đó là: Đảo chiều dòng kích từ của động cơ điện, đảo chiều dòng phần ứng bằng tiếp điểm và đảo chiều dòng phần ứng nhờ bộ biến đổi kép.

##### **I. 4. a Phương pháp đảo chiều dòng kích từ của động cơ:**

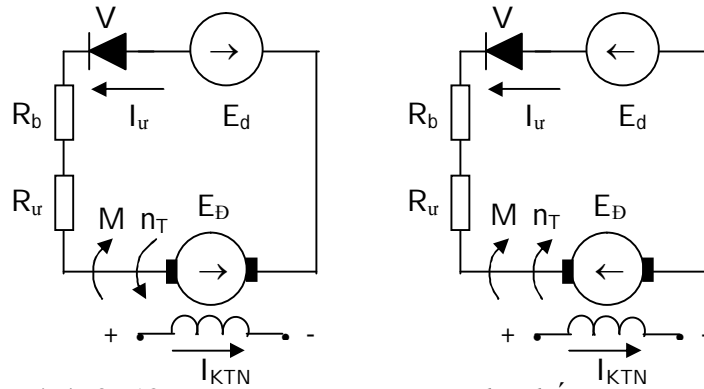
\* Sơ đồ nguyên lý:

Phương pháp đảo chiều dòng kích từ của động cơ chỉ dùng một bộ biến đổi đơn (không đảo chiều) trong mạch phần ứng và một bộ tiếp điểm đảo chiều trong mạch kích từ động cơ.

Sơ đồ nguyên lý và các sơ đồ thay thế của hệ thống thành lập theo phương pháp này được trình bày như sau:







Hình 3. 18 Phương pháp đảo chiều dòng  $I_{KTN}$  để thay đổi chiều quay trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ bằng thyristor (c) và (d)

- Sơ ao nguyên lý.
- Sơ đồ thay thế của hệ thống khi động cơ làm việc ở trạng thái động cơ quay thuận.
- Sơ đồ thay thế của hệ thống khi động cơ làm việc ở trạng thái hãm và quay thuận.
- Sơ đồ thay thế của hệ thống khi động cơ làm việc ở trạng thái động cơ quay ngược.

\* Nguyên lý hoạt động:

Giả sử khi động cơ đang quay thuận ( $n > 0$ ) với dòng kích từ  $I_{KT}$  có chiều như hình 3. 18b và góc kích thyristor  $\alpha < 90^0$ . Để hãm động cơ, ta đổi chiều dòng kích từ  $I_{KTN}$  ( hình 3. 18c ), đồng thời tăng góc kích thyristor  $\alpha > 90^0$ . Lúc này, dù tốc độ động cơ vẫn theo chiều cũ nhưng sức phản điện động của động cơ  $E_D$  đổi chiều ( $E_D < 0$ ). Đồng thời sức điện động của bộ chỉnh lưu  $E_d$  cũng đổi chiều. Góc kích  $\alpha$  phải chọn sao cho:  $|E_d| < |E_D|$ . Như vậy, dòng  $I_r$  sẽ chạy dưới tác dụng của  $E_D$ . Tuy dòng  $I_r$  không đổi chiều nhưng do từ thông kích thích đổi chiều nên moment của động cơ sẽ đổi chiều và gây tác dụng hãm.

Để tiến hành đảo chiều quay của động cơ, ta cho  $I_{KT}$  chạy theo chiều ngược lại ( $I_{KTN}$ ) và bộ chỉnh lưu làm việc ở trạng thái chỉnh lưu với góc kích  $\alpha < 90^0$ . Khi đó sơ đồ thay thế của hệ thống sẽ như hình 3. 18d.

**Nhận xét:**

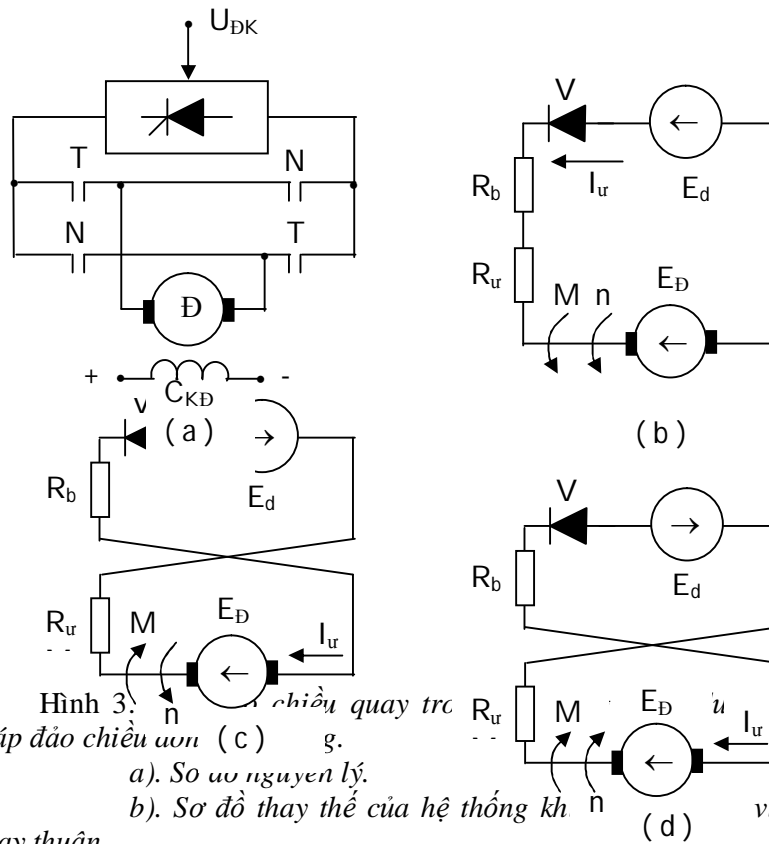
**Ưu điểm:** Phương pháp này sử dụng những thiết bị đơn giản. Giá thành hạ, thuận tiện trong việc vận hành và bảo quản.

**Khuyết điểm:** Do quán tính điện từ của mạch kích từ lớn nên khoảng thời gian quá độ khi đảo chiều quay động cơ trong hệ thống có thể lên tới vài giây.

#### **I. 4. b Phương pháp đảo chiều dòng phản ứng bằng tiếp điểm:**

\* Sơ đồ nguyên lý:

Phương pháp này sử dụng một bộ chỉnh lưu đơn và một bộ tiếp điểm đảo chiều trong mạch phản ứng của động cơ. Đồng thời cũng đảm bảo được các trạng thái làm việc tương tự như phương pháp đảo chiều dòng kích từ như đã trình bày ở trên. Mối tương quan giữa các đại lượng điện và cơ của hệ thống chỉnh lưu - động cơ được minh họa bởi sơ đồ nguyên lý và các sơ đồ thay thế như sau:



Hình 3. Sơ đồ thay thế của hệ thống chỉnh lưu có diode hồi lưu để điều khiển tốc độ động cơ bằng phương pháp đảo chiều dòng điện. (a) Sơ đồ nguyên lý. (b) Sơ đồ thay thế của hệ thống khi động cơ làm việc ở trạng thái động cơ quay thuận. (c) Sơ đồ thay thế của hệ thống khi động cơ làm việc ở trạng thái hãm và quay thuận. (d) Sơ đồ thay thế của hệ thống khi động cơ làm việc ở trạng thái động cơ quay ngược.

**\* Nguyên lý hoạt động:**

Giả sử khi động cơ đang quay theo chiều thuận ( $n > 0$ ), dòng điện phản ứng  $I_r$  có chiều như hình 3. 19b và hệ thống chỉnh lưu đang làm việc ở trạng thái chỉnh lưu với góc kích  $\alpha < 90^0$ . Để hãm động cơ, ta đổi chiều dòng  $I_r$ , đồng thời tăng góc kích  $\alpha > 90^0$ . Khi đó, sức điện động của bộ chỉnh lưu  $E_d$  sẽ đổi chiều còn sức phản điện động của động cơ  $E_D$  vẫn giữ nguyên theo chiều cũ ( hình 3. 19c ). Như vậy, dòng  $I_r$  chạy dưới tác dụng của  $E_D$  với điều kiện ta phải chọn góc kích  $\alpha$  sao cho  $|E_D| < |E_d|$ , động cơ làm việc ở trạng thái máy phát trả năng lượng lại cho lưới điện, còn hệ thống chỉnh lưu làm việc ở trạng thái nghịch lưu. Do dòng  $I_r$  đổi chiều nên moment của động cơ trở thành ngược chiều với chiều của tốc độ động cơ và gây tác dụng hãm.

Để đảo chiều quay của động cơ, ta cho dòng  $I_r$  chạy theo chiều ngược so với chiều  $I_r$  ở trạng thái động cơ quay thuận ( hình 3. 19b ), còn bộ biến đổi làm việc ở trạng thái chỉnh lưu với góc kích  $\alpha < 90^0$ . Mối tương quan giữa các đại lượng điện và cơ của hệ thống trong trạng thái đảo chiều động cơ này được biểu diễn ở sơ đồ hình 3. 19d.

**Nhận xét:**

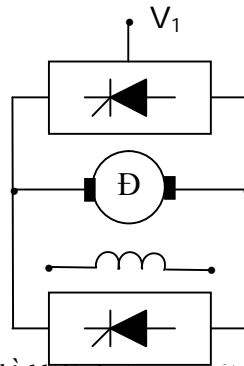
*Ưu điểm:* Phương pháp này đơn giản, dễ vận hành và bảo trì. Có thời gian đảo chiều nhanh hơn phương pháp đảo chiều dòng kích từ.

*Khuyết điểm:* Phải dùng các tiếp điểm trong mạch lực để điều chỉnh đảo chiều.

**I. 4. c Phương pháp đảo chiều dòng phản ứng nhờ bộ chỉnh lưu kép:**

*\* Sơ đồ nguyên lý:*

Phương pháp này sử dụng bộ chỉnh lưu đảo chiều để thay đổi cực tính của điện áp đặt trên phần ứng của động cơ. Phương pháp này tuy phức tạp nhưng sẽ tránh được các nhược điểm của hai phương pháp vừa trình bày trên. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống đảo chiều chỉnh lưu – động cơ dùng bộ biến đổi kép như sau:



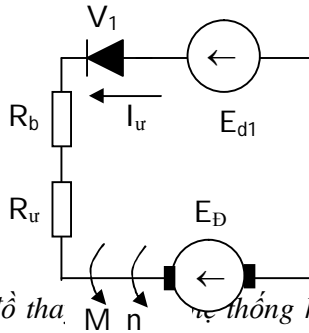
Hình 3. 20 Sơ đồ khởi động động phản ứng nhờ bộ chỉnh lưu kép.

Trong hệ thống này, mỗi thyristor trong bộ chỉnh lưu đảo chiều có thể coi như một bộ chỉnh lưu riêng biệt, cung cấp cho phụ tải là động cơ điện một dòng điện theo chiều cố định. Do đó, để cho hai nhóm van chỉnh lưu có thể làm việc kết hợp với nhau trên cùng một phụ tải ta cần đặc biệt chú ý đến phương pháp điều khiển chúng. Mục đích của việc điều khiển phối hợp này là để đảm bảo chế độ làm việc an toàn của hệ thống, tránh sự trao đổi năng lượng trực tiếp từ nhóm chỉnh lưu này sang nhóm kia, tức là phải hạn chế dòng ký sinh trong chúng hay còn gọi là dòng cân bằng.

Có hai phương pháp điều khiển kết hợp giữa hai nhóm van là điều khiển riêng và điều khiển chung.

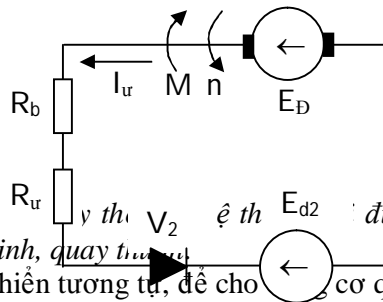
*Phương pháp điều khiển riêng:*

Khi điều khiển riêng hai bộ biến đổi làm việc riêng lẻ nhau. Tại một thời điểm chỉ phát xung điều khiển mở các thyristor, chỉ đặt lên nhóm van làm việc mà thôi còn nhóm thứ hai không có xung mở van nên hoàn toàn được ngắt ra khỏi mạch phụ tải. Nhờ đó ta có thể loại trừ dòng cân bằng. Giả sử khi ta điều khiển cho động cơ quay thuận, ta cho nhóm van  $V_1$  làm việc ở trạng thái chỉnh lưu với góc kích  $\alpha < 90^0$  và loại trừ tác dụng của nhóm van  $V_2$ . Lúc này chiều của sức điện động của bộ chỉnh lưu  $E_{d1}$ , sức phản điện động của động cơ  $E_D$ , moment và tốc độ của động cơ được biểu diễn như sau:



Hình 3. 21 Sơ đồ thyristor điều khiển riêng cho động cơ quay thuận.

Để cho động cơ làm việc ở trạng thái hãm tái sinh, quay thuận ta loại trừ tác dụng của nhóm van  $V_1$  và cho nhóm van  $V_2$  làm việc ở trạng thái nghịch lưu với góc kích  $\alpha > 90^\circ$ . Lúc này, chiều của các đại lượng điện và cơ của hệ thống được biểu diễn như sau:



Hình 3. 22 Sơ đồ thyristor điều khiển riêng cho động cơ làm việc ở trạng thái hãm tái sinh, quay thuận.

Với cách điều khiển tương tự, để cho động cơ quay ngược ta cho nhóm van  $V_2$  làm việc ở trạng thái chỉnh lưu với góc kích  $\alpha < 90^\circ$  và loại trừ tác dụng của nhóm van  $V_1$ . Khi cần cho động cơ làm việc ở trạng thái hãm tái sinh, quay ngược ta cho nhóm van  $V_2$  làm việc ở trạng thái nghịch lưu với góc kích  $\alpha > 90^\circ$  đồng thời loại trừ tác dụng của nhóm van  $V_1$ .

**Nhận xét:**

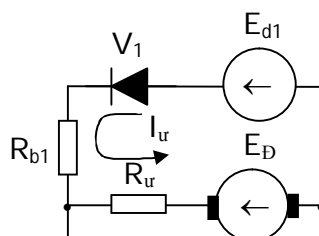
*Ưu điểm:* Phương pháp điều khiển riêng làm việc an toàn, không có dòng điện cân bằng chạy trong các bộ biến đổi.

*Nhược điểm:* Hệ thống phải cần có một khoảng thời gian trễ trong đó dòng điện chạy qua động cơ bằng không. Do đó, phương pháp này đòi hỏi một hệ thống điều khiển có logic phức tạp và phải đủ độ nhạy. Đồng thời phương pháp này có đặc tính động của động cơ không tốt.

*Phương pháp điều khiển chung:*

Phương pháp này được thực hiện bằng cách: Tại một thời điểm cả hai bộ biến đổi đều nhận được xung mở, nhưng chỉ có một bộ biến đổi cấp dòng cho nghịch lưu còn bộ biến đổi kia làm việc ở chế độ đợi.

Khi cần điều khiển cho động cơ quay thuận, ta cho nhóm van  $V_1$  làm việc ở trạng thái chỉnh lưu với góc kích  $\alpha_1 < 90^\circ$ , điện năng sẽ truyền vào động cơ. Lúc này, nhóm van  $V_2$  cũng có xung kích với góc kích  $\alpha_2 > 90^\circ$  sao cho  $|E_{d2}| > |E_{d1}|$ . Do đó, thành phần một chiều của dòng điện không thể chạy từ nơi có điện thế thấp (nhóm van  $V_1$ ) sang nơi có điện thế cao (nhóm van  $V_2$ ) hoặc từ động cơ chạy sang nhóm van  $V_2$ . Nhóm van  $V_2$  sẽ làm việc ở trạng thái nghịch lưu đợi. Sơ đồ thay thế của hệ thống trong trường hợp này được trình bày như sau:



Hình 3. 23 Sơ đồ thay thế của hệ thống đảo chiều chỉnh lưu – động cơ bằng phương pháp điều khiển chung.

Nếu chọn  $|E_{d1}| = |E_{d2}|$  thì ta có phương pháp điều khiển chung tuyến tính. Vì  $E_{d1} = E_{d0}\cos\alpha_1$ ,  $E_{d2} = E_{d0}\cos\alpha_2$ . Ta được mối quan hệ giữa hai góc kích:  $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$ .

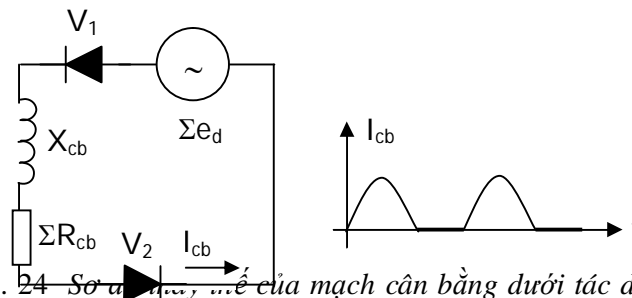
Phương pháp điều khiển chung tuyến tính được thực hiện bằng cách giữ cho tổng hai góc kích của hai nhóm van bằng  $180^\circ$ . Nếu tăng góc kích của nhóm van này thì đồng thời phải giảm góc kích của nhóm van kia. Nhờ đó ta sẽ giữ được tổng sức điện động trong mạch từ nhóm van  $V_1$  đến  $V_2$  là:  $\sum E_d = E_{d1} + E_{d2} = 0$ . Do đó, dòng cân bằng trong bộ chỉnh lưu sẽ bằng không  $I_{cb} = E_d/R_b = 0$ . Không có hiện tượng trao đổi năng lượng giữa các nhóm van.

Nếu điều khiển sao cho  $E_{d1} < E_{d2}$  thì ta có phương pháp điều khiển chung phi tuyến. Khi đó mối quan hệ giữa hai góc kích của hai nhóm van:  $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ + \xi$

Trong đó:  $\xi$  Gọi là góc không phù hợp.

Vì  $|E_{d2}| > |E_{d1}|$  nên các tiristor của nhóm nghịch lưu  $V_2$  bị khóa, vì vậy  $I_{cb} = 0$ .

Trong cả hai phương pháp điều khiển chung nói trên, Mặc dù ta giữ cho giá trị trung bình của sức điện động  $|E_{d2}| > |E_{d1}|$  nhưng vì giá trị tức thời của sức điện động hai nhóm van biến đổi riêng biệt theo sức điện động thứ cấp của máy biến áp nên vẫn xuất hiện những thời điểm có giá trị tức thời  $|e_{d1}| > |e_{d2}|$ . Lúc đó  $\sum e_d > 0$  và tác dụng thuận chiều van, xuất hiện thành phần xoay chiều của dòng  $I_{cb}$ . Dòng  $I_{cb}$  có dạng là dòng chỉnh lưu bán kỳ đối với nguồn là  $\sum e_d$ . Hiện tượng này được minh họa bởi sơ đồ thay thế như sau:



Hình 3. 24 Sơ đồ thay thế của mạch cân bằng dưới tác dụng tức thời của giá trị sức điện động  $\sum e_d$  và dạng sóng chỉnh lưu bán kỳ của dòng  $I_{cb}$ .

Để hạn chế biên độ dòng  $I_{cb}$  ta thường dùng các cuộn kháng cân bằng KCB.

## II. HỆ THỐNG BẮM – ĐỘNG CƠ:

Trong công nghiệp, điện áp một chiều được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống truyền động điện. Điện áp một chiều này được chuyển đổi ở các mức độ khác nhau tùy theo yêu cầu của hệ thống. Điện áp một chiều được thay đổi qua các phương pháp biến đổi như sau:

- Phương pháp điều chỉnh bằng biến trở.
- Phương pháp điều chỉnh bằng máy phát một chiều.
- Phương pháp dùng bộ biến đổi có khâu trung gian xoay chiều.
- Phương pháp dùng bộ băm ( Chopper ).

So với các phương pháp trên thì bộ băm là một phương pháp mới. Ứng dụng của các thiết bị tiristor công suất lớn ra đời trong ngành điện tử công suất. Đã góp phần tạo ra

các bộ chuyển mạch nhằm thực hiện việc chuyển đổi điện áp một chiều với hiệu quả cao, độ nhạy đạt yêu cầu kỹ thuật, điều khiển đơn giản, chi phí bảo trì thấp, kích thước nhỏ nên diện tích lắp đặt máy nhỏ.

Bộ băm dùng để biến đổi điện áp một chiều không đổi  $U$  thành các xung một chiều có trị số trung bình biến đổi  $U_{tb}$ .  $U_{tb}$  có thể điều chỉnh được từ bằng 0 đến lớn nhất, bằng chính điện áp nguồn cung cấp cho bộ băm.

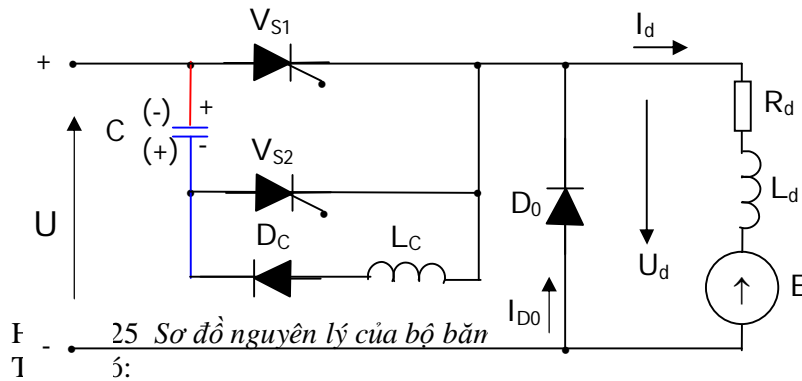
Ứng dụng quan trọng nhất của bộ băm là điều chỉnh tốc độ của động cơ một chiều trong công nghiệp và giao thông vận tải. Bởi vì việc sử dụng bộ băm hoàn toàn thích hợp, tiết kiệm được năng lượng, kinh tế và hiệu quả cao, đồng thời đảm bảo được trạng thái hãm tái sinh của động cơ.

Có ba dạng bộ băm: bộ băm nối tiếp, bộ băm song song, bộ băm đảo dòng.

## II. 1 Bộ băm nối tiếp:

### II. 1. a Nguyên lý hoạt động:

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống được biểu diễn như sau:



- $V_{S1}$ : Là tiristor chính.
- $V_{S2}$ : Là tiristor phụ, dùng để ngắt bộ băm.
- $L_c, D_c, C$ : Là các phần tử chuyển mạch, tạo mạch nạp cho tụ C.
- $D_0$ : Diode hoàn năng lượng, duy trì dòng qua tải khi bộ băm ngắt.

Bộ băm nối tiếp là một khóa điện S bằng tiristor được điều khiển đóng mở trong hệ thống một cách chu kỳ. Khi S đóng thì điện áp ngõ ra trên tải  $U_d = U$  còn khi S mở thì  $U_d = 0$ .

Giả sử ở trạng thái ban đầu  $V_{S1}$  và  $V_{S2}$  đều bị khóa, tụ C được nạp đầy với bản cực dương ở phía trên như ghi chú trong hình ( 3. 25 ).

Cho xung điều khiển kích tiristor chính  $V_{S1}$ ,  $V_{S1}$  mở, dòng điện từ cực dương của nguồn U chạy qua  $V_{S1}$  vào mạch phụ tải ( R, L, E ) rồi trở về cực âm của nguồn U. Đồng thời tụ C sẽ phóng điện theo vòng:  $V_{S1}$ - $L_c$ - $D_c$ -C và tụ C được nạp điện theo chiều ngược lại. Điện áp ra trên tải  $U_d = U$ .

Khi cho xung điều khiển kích tiristor phụ  $V_{S2}$ ,  $V_{S2}$  mở, đặt điện áp giữa hai bản cực của tụ C lên  $V_{S1}$  làm cho  $V_{S1}$  bị khóa lại. Lúc này điện áp ra trên tải  $U_d = 0$ .

Thay đổi tỷ số thời gian đóng và thời gian ngắt của  $V_{S1}$  sẽ điều chỉnh được giá trị trung bình của điện áp ra trên tải.

Gọi T là chu kỳ của bộ băm,  $T = T_{dg} + T_{ng}$ . Trong đó:

- $T_{dg} = \alpha T$  là thời gian đóng mạch của  $V_{S1}$ .
- $T_{ng} = T - T_{dg}$  là thời gian ngắt mạch.
- $\alpha = T_{dg}/T$  là tỷ số đóng của chu kỳ.

Giá trị trung bình của điện áp ra trên tải:

$$U_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T U dt = \frac{T_{dg}}{T} U = \alpha U \quad (3. 44)$$

Khi ta thay đổi tỷ số đóng  $\alpha$  thì có thể điều chỉnh được  $U_{tb}$ . Có hai cách để thay đổi  $\alpha$ :

- Giữ cố định chu kỳ xung  $T$  ( tần số cố định ), thay đổi thời gian đóng mạch  $T_{dg}$  của bộ băm. Phương pháp này được gọi là phương pháp điều khiển độ rộng xung.

- Giữ cố định thời gian đóng mạch  $T_{dg}$ , thay đổi chu kỳ của bộ băm  $T$  ( tần số biến thiên ). Phương pháp này được gọi là phương pháp điều tần.

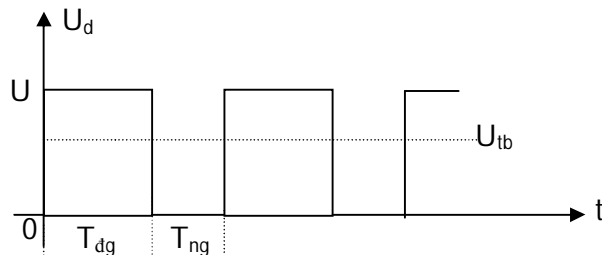
Khi  $\alpha = 0$  tức là  $T_{dg} = 0$  ta có  $U_{tb} = 0$ , bộ băm thường xuyên ngắt mạch,  $n = 0$ .

Khi  $\alpha = 1$  tức là  $T_{dg} = T$  ta có  $U_{tb} = U$ , bộ băm thường xuyên đóng mạch,  $n = n_{max}$ .

Trong hệ thống, thời gian đóng mạch  $T_{dg}$  có thể điều chỉnh tùy theo ý muốn nhưng  $T_{dg}$  không thể nhỏ hơn một nửa chu kỳ của mạch dao động LC, tức là phải đảm bảo:

$$T_{dg} > \pi \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Ta có sơ đồ biểu diễn điện áp ra trên tải  $U_d$  như sau:



Hình 3. 26 Sơ đồ biểu diễn điện áp ngõ ra trên tải  $U_d$ .

Xét quá trình dao động tự do tải: Trong khoảng thời gian  $0 < T < T_{dg}$  khóa S đóng điện. Điện áp ra trên tải  $U_d = U$ , dòng điện tải  $I$  tăng từ giá trị nhỏ nhất  $I_{min}$  đến giá trị lớn nhất  $I_{max}$ . Biểu thức  $I$  được xác định bằng cách giải phương trình của mạch điện khi S đóng:

Biểu thức tổng quát của dòng điện sẽ là:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{U - E}{L} \quad (3.45)$$

Tại thời điểm  $t = 0$  thì:

$$i = I_{min} = K_1 + \frac{U - E}{R} \Rightarrow K_1 = I_{min} - \frac{U - E}{R}$$

Thay giá trị  $K_1$  vào ( 3. 45 ) ta được:

$$i = \left( I_{min} - \frac{U - E}{R} \right) e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{U - E}{R} \quad (3.46)$$

Khi  $t = T_{dg}$  ta có trị số lớn nhất của dòng điện:

$$I_{max} = \left( I_{min} - \frac{U - E}{R} \right) e^{-\frac{R}{L}T_{dg}} + \frac{U - E}{R}$$

$$\Rightarrow I_{max} = \frac{U - E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}T_{dg}}) + I_{min} e^{-\frac{R}{L}T_{dg}} \quad (3.47)$$

Ta nhận thấy trong giai đoạn S đóng thì dòng điện tải  $I$  tăng từ  $I_{min}$  đến  $I_{max}$  theo qui luật của hàm số mũ.

Lý luận tương tự, xét trong khoảng thời gian  $T_{dg} < t < T$ , S ngắt điện, điện áp ra trên tải  $U_d = 0$  thì dòng điện trên tải  $I$  giảm theo hàm mũ và khi  $t = T$  thì đạt giá trị  $I_{min}$ .



$$I_{\min} = \left( I_{\max} + \frac{E}{R} \right) e^{-\frac{(T-T_{dg})}{T_u}} - \frac{E}{U}$$

$$\Rightarrow I_{\min} = -\frac{U}{E} \left( I_{\max} \frac{e^{-\frac{T_{dg}}{T_u}}}{(1-e^{-\frac{T}{T_u}})} + I_{\max} \frac{e^{-\frac{T_{dg}}{T_u}}}{(1-e^{-\frac{T}{T_u}})} \right) \quad (3.48)$$

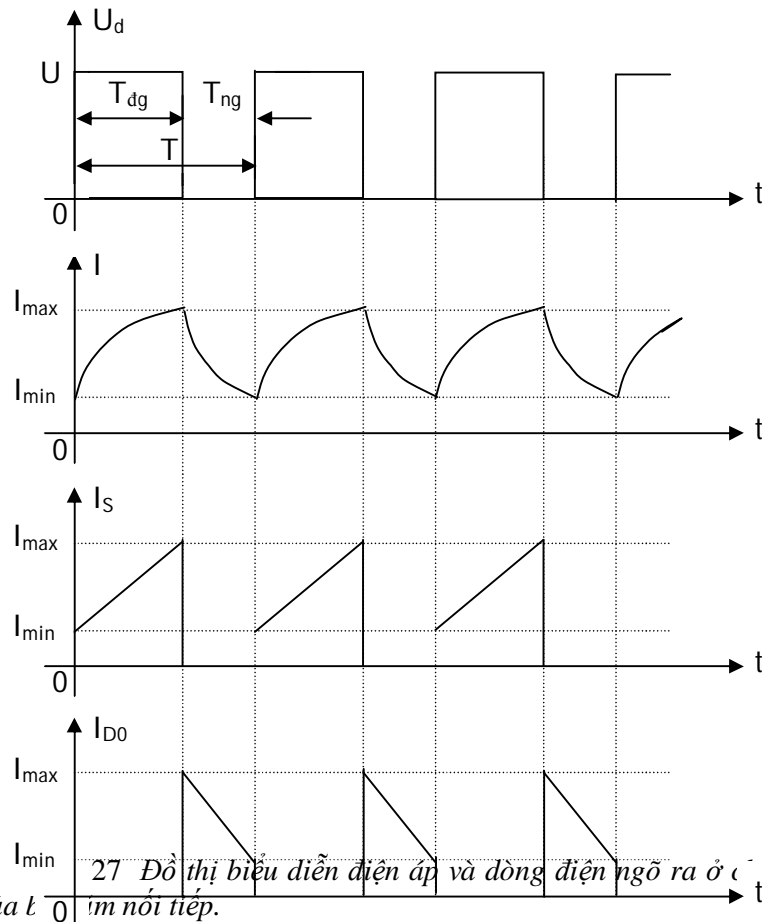
$$\Rightarrow I_{\max} = \frac{U}{R} \left( \frac{e^{-\frac{T_{dg}}{T_u}}}{(1-e^{-\frac{T}{T_u}})} \right) - \frac{E}{R} \quad (3.49)$$

Trong đó:  $T_u = L/R$   
 Khi S đóng liên tục  $T_{dg} = T$  thì:

$$i = I = I_{\max} = I_{\min} = (U - E)/R \quad (3.50)$$

Nếu  $T_{dg}$  của khóa S giảm nhỏ đến giá trị tới hạn  $T_{dggh}$  thì  $I_{\min} = 0$ . Lúc này hệ thống sẽ làm việc ở biên giới chuyển từ chế độ dòng điện liên tục sang chế độ dòng điện gián đoạn.

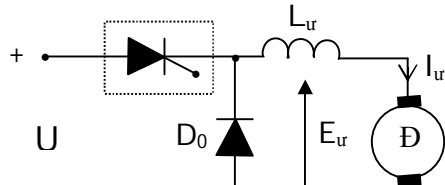
Ta có đồ thị điện áp, dòng điện ở chế độ liên tục và gián đoạn của bộ băm như sau:



27 Đồ thị biểu diễn điện áp và dòng điện ngõ ra ở chế độ liên tục và gián đoạn của bộ băm nối tiếp.

**II. 1. b Cách điều chỉnh tốc độ:**

Khi điện áp nguồn một chiều  $U$  không đổi, tốc độ của động cơ sẽ thay đổi nhờ sự thay đổi tỷ số thời gian đóng ngắt khóa  $S$ . Ta có sơ đồ nguyên lý hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ sử dụng bộ băm nối tiếp như sau:



Hình 3.28 - Sơ đồ mạch nguyên lý hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ sử dụng bộ băm nối tiếp.

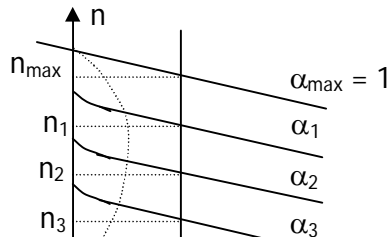
Trong chế độ dòng điện liên tục vì  $T_x = T$  nên ta có  $U_{tb} = \alpha U$  với  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

Đối với tải là động cơ một chiều có dòng trung bình của phần ứng là  $I$ , sức điện động  $E$  thì ta có:  $E = U_{tb} - IR_u$  với:

$$E = K_E \Phi n \Rightarrow n = \frac{\alpha U}{K_E \Phi} = \frac{RI_u}{K_E \Phi} \quad (3.51)$$

Theo (3.51) họ các đặc tính tốc độ hay đặc tính cơ điện của động cơ ở chế độ dòng điện liên tục là một họ các đường thẳng song song ứng với các trị số khác nhau của  $\alpha$ .

Trong chế độ dòng điện gián đoạn, ta cần giữ cho giá trị  $T_{dg}$  hay  $\alpha$  cố định thì đường biên liên tục là một nửa đường elip vẽ bằng các nét đứt. Dòng trung bình liên tục  $I_{tbt}$  có trị số nhỏ nhất là  $I_{tbt} = 0$  ứng với  $n = 0$  ( khi  $\alpha = 0$  ) và  $n = n_{max}$  ( khi  $\alpha = 1$  ).



Hình 3.29 Họ đặc tính cơ điện của động cơ một chiều.

Như vậy, trong hệ thống nối tiếp cho máy điện làm việc ở trạng thái động cơ. Khi  $S$  mở thì  $U_d = U$  khi  $S$  đóng thì  $U_d = 0$ . Vậy điện áp và dòng điện trung bình qua động cơ luôn luôn dương. Hệ thống này sẽ làm việc ở góc phần tư thứ nhất của mặt phẳng tọa độ  $U, I$ .

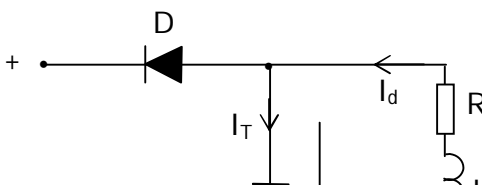


Hình 3.30 Đồ thị biểu diễn phạm vi chỉnh của hệ thống sử dụng bộ băm nối tiếp.

**II. 2 Bộ băm song song:**

**II. 2. a Nguyên lý hoạt động:**

Sơ đồ nguyên lý của bộ băm song song được biểu diễn như sau:



Hình 3.31 Sơ đồ nguyên lý của bộ băm sóng song.

L: Là điện cảm của phần ứng động cơ kết hợp với điện cảm bổ sung để giữ cho dòng  $I_d = \text{const}$ .

Xét trong khoảng thời gian  $0 < t < \alpha T$  thì tiristor T mở, diode D được phân cực ngược nên bị khóa để tránh làm ngắn mạch nguồn U. Lúc này:  $I_e = 0, U_d = 0, I_T = I_d$ .

Trong khoảng thời gian  $\alpha T < t < T$  thì T khóa và D mở. Lúc này  $I_e = I_d, U_d = U, I_T = 0$ .

Giá trị trung bình của điện áp một chiều:

$$U_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T U dt = (1 - \alpha)U \quad (3.52)$$

Giá trị trung bình của dòng điện trả về nguồn:

$$I_e = \frac{1}{T} \int_0^T I_d dt = (1 - \alpha)I_d \quad (3.53)$$

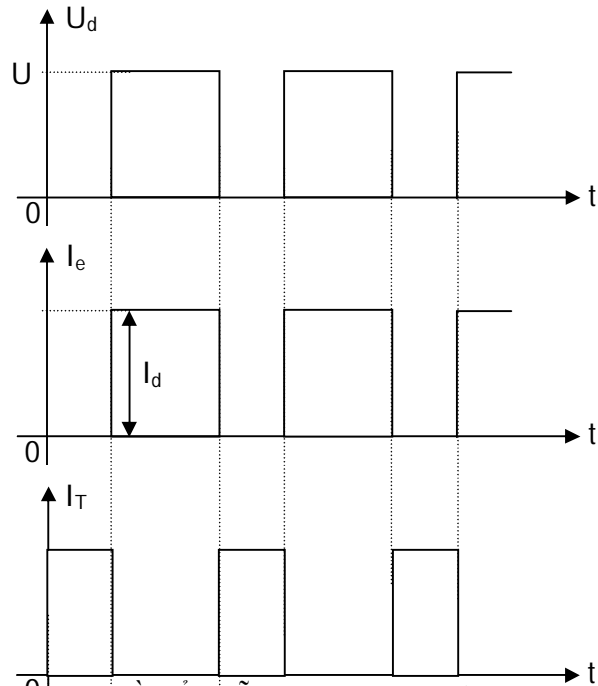
Giá trị trung bình của dòng điện chạy qua tiristor:

$$I_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} I_d dt = \alpha I_d \quad (3.54)$$

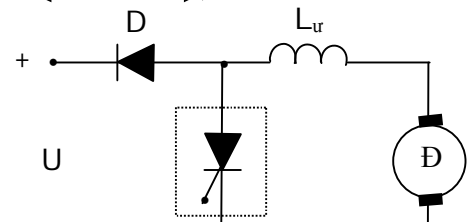
Phương trình mạch tải khi máy điện ở trạng thái hãm tái sinh:

$$E - RI_d - L \frac{dI_d}{dt} = U_d \Rightarrow I_d = \frac{E - U_d}{R} \quad (3.55)$$

Ta có dạng sóng của điện áp ngõ ra  $U_d$  và của dòng  $I_e, I_T$  như sau:



Hình 3.  $\alpha T$  biểu diễn dạng sóng của điện áp ngõ ra, dòng  $I_e$  và  $I_T$ .  
**II. 2. b** cách điều chỉnh tốc độ:



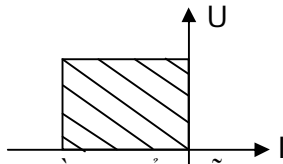
Hình 3.  $\alpha T$  cách điều chỉnh của hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều sử dụng bộ băm sóng.

Khi tải là một máy điện một chiều, bộ băm sóng sẽ cho phép thực hiện hãm tái sinh. Trong chế độ hãm, máy điện sẽ làm việc như là một máy phát điện, trả năng lượng trở về nguồn đã từng nuôi nó khi nó làm việc ở trạng thái động cơ điện.

Từ biểu thức ( 3. 53 ) ta nhận thấy rằng có thể khống chế dòng điện hãm tái sinh bằng cách tác động vào tỷ số chu kỳ  $\alpha$ .

Và từ ( 3. 55 ) để có thể tiến hành hãm tái sinh cho máy điện, trả năng lượng trở về nguồn thì  $I_d > 0$  do đó sức điện động  $E > U_d$ .

Như vậy, khi S mở thì  $U_d = 0$  và khi S ngắt thì  $U_d = U$  dòng điện hướng về chiều âm mặc dù  $U_d$  dương. Do đó, phạm vi điều chỉnh sẽ được biểu diễn như sau:

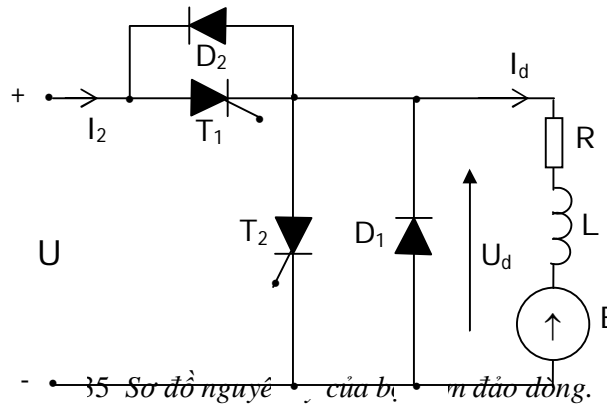


Hình 3. 34 Đồ thị biểu diễn phạm vi điều chỉnh của hệ thống sử dụng bộ băm song song.

### II. 3 Bộ băm đảo dòng:

#### II. 3. a Nguyên lý hoạt động:

Bộ băm đảo dòng là sự kết hợp giữa bộ băm nối tiếp và bộ băm song song. Bộ băm đảo dòng sẽ cho phép truyền năng lượng theo hai chiều. Ta có sơ đồ nguyên lý của bộ băm đảo dòng được trình bày như sau:



35 Sơ đồ nguyên lý của bộ băm đảo dòng.

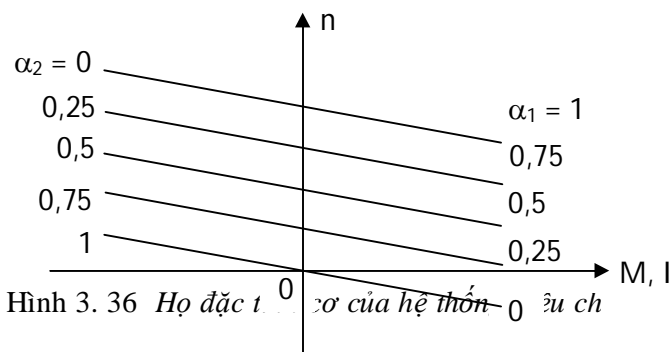
#### II. 3. b Cách điều chỉnh tốc độ:

Khi tải là máy điện một chiều, U là nguồn điện áp một chiều không đổi thì máy điện có thể làm việc ở hai trạng thái: Động cơ và máy phát.

*Ở trạng thái động cơ:* T<sub>2</sub> khóa, T<sub>1</sub> mở trong khoảng thời gian là  $\alpha_1 T$  của chu kỳ. Lúc này điện áp ra trên tải sẽ là:  $U_d = \alpha_1 U$  và sức điện động của động cơ  $E = U_d - RI_d = \alpha_1 U - RI_d$  với  $I_d > 0$ .

*Ở trạng thái máy phát:* T<sub>1</sub> khóa, T<sub>2</sub> mở trong khoảng thời gian  $\alpha_2 T$  của chu kỳ. Lúc này điện áp ra trên tải sẽ là:  $U_d = (1 - \alpha_2)U$  và sức điện động trên động cơ:  $E = U_d - RI_d = (1 - \alpha_2)U - RI_d$  với  $I_d < 0$ . Mối quan hệ giữa các tỷ số chu kỳ  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$ :  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ .

Như vậy, với bộ băm đảo dòng, bằng cách tác động vào  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$  ta sẽ có được một họ đặc tính cơ điện của động cơ điện một chiều ở hai trạng thái là động cơ và hãm tái sinh.

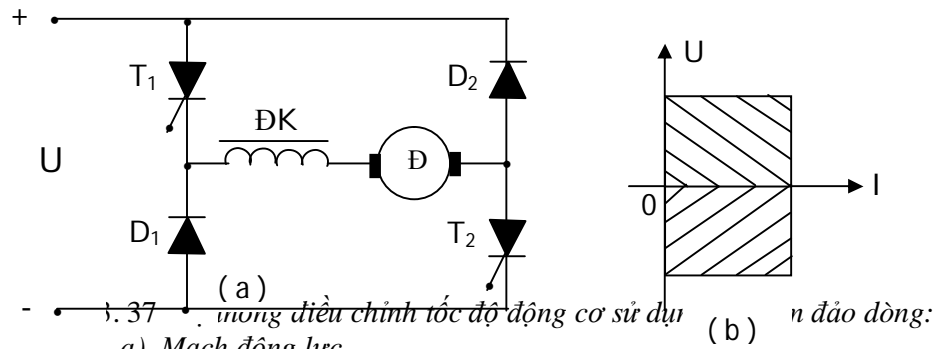


Hình 3. 36 Họ đặc tính cơ điện của hệ thống điều chỉnh tốc độ sử dụng bộ băm đảo dòng.

Như vậy, đối với bộ băm đảo dòng sẽ đảm bảo cho hệ thống truyền động điện làm việc trên hai góc phần tư thứ nhất và thứ tư của mặt phẳng tọa độ U, I.

Khi cả hai  $T_1$  và  $T_2$  đều mở  $U_d = +U$  và  $U = -U$  nếu chúng đều ngắt, lúc đó hai diode  $D_1$  và  $D_2$  sẽ đồng thời dẫn.

Do đó, giá trị trung bình của điện áp ra trên tải luôn luôn dương nếu thời gian mở của các bộ chopper  $T_1, T_2$  lớn hơn thời gian ngắt của chúng. Nếu ngược lại thì giá trị trung bình của điện áp ra trên tải sẽ có giá trị âm. Khi  $I_d$  dương và  $U_d$  âm thì năng lượng sẽ được trả lại nguồn. Ta có sơ đồ mạch động lực và phạm vi điều chỉnh của bộ băm đảo dòng được minh họa như sau:



a). Mạch động lực.  
b). Phạm vi điều chỉnh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Nguyễn Thị Hiền. Truyền động điện. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật. Hà Nội -1996.
2. Tác giả CYRIL W. LANDER ( Người dịch Lê Văn Doanh ). Điện tử công suất và điều khiển tốc độ động cơ điện. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật - 1997.
3. Nguyễn Bính. Điện tử công suất. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật. Hà Nội -1996.
4. Trần Khánh Hà. Máy điện1. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật. Hà Nội - 1997.
5. Đỗ Xuân Tùng, Trương Tri Ngô. Nhà xuất bản xây dựng. Hà Nội.

# MỤC LỤC

Trang

Chương I: <i>Giới thiệu về điện tử công suất</i> .....	1
I. Diode công suất .....	1
II. Transistor công suất.....	3
III. Tiristor.....	7
IV. Triac .....	10
Chương II: <i>Nghiên cứu và trình bày các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập</i> .....	12
I. Khái niệm chung.....	12
II. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần ứng động cơ	13
III. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông .....	15
IV. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phần ứng	16
V. Điều chỉnh tốc độ bằng cách rẽ mạch phần ứng.....	17
VI. Điều chỉnh tốc độ bằng hệ thống máy phát - động cơ ( F - Đ ) .....	20
VII. Hệ thống khuếch đại máy điện - động cơ .....	24
VIII. Hệ thống khuếch đại từ - động cơ.....	29
Chương III: <i>Các hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập có dùng điện tử công suất</i> .....	34
I. Hệ thống chỉnh lưu động cơ.....	34
I. 1 Hệ thống chỉnh lưu ba pha hình tia - động cơ .....	34
I. 1. a Sơ đồ nguyên lý .....	34
I. 1. b Nguyên lý hoạt động và dạng sóng .....	35
I. 1. c Hiện tượng chuyển mạch.....	39
I. 1. d Sóng hài và việc san bằng điện áp ra của sóng hài.....	40
I. 1. e Phương trình đặc tính cơ của động cơ .....	41
I. 1. f Nhận xét.....	44
I. 2 Hệ thống chỉnh lưu ba pha hình cầu - động cơ.....	45
I. 2. a Sơ đồ nguyên lý .....	45
I. 2. b Nguyên lý hoạt động và dạng sóng .....	46
I. 2. c Hiện tượng chuyển mạch.....	50
I. 2. d Sóng hài và việc san bằng điện áp ra của bộ chỉnh lưu ..	52
I. 2. e Phương trình đặc tính cơ của động cơ .....	53
I. 2. f Nhận xét.....	54
I. 3 Chế độ nghịch lưu trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ .....	54
I. 4 Đảo chiều quay trong hệ thống chỉnh lưu - động cơ.....	55
I. 4. a Phương pháp đảo chiều dòng kích từ của động cơ.....	56
I. 4. b Phương pháp đảo chiều dòng phần ứng bằng tiếp điểm.....	57
I. 4. c Phương pháp đảo chiều dòng phần ứng nhờ bộ chỉnh lưu kép....	59
II. Hệ thống băm - động cơ .....	62



II. 1 Bộ bãm nối tiếp.....	63
II. 1. a Nguyên lý hoạt động.....	63
II. 1. b Cách điều chỉnh tốc độ .....	66
II. 2 Bộ bãm song song.....	67
II. 2. a Nguyên lý hoạt động.....	67
II. 2. b Cách điều chỉnh tốc độ .....	69
II. 3 Bộ bãm đảo dòng.....	69
II. 3. a Nguyên lý hoạt động.....	69
II. 3. b Cách điều chỉnh tốc độ .....	70

## ***KẾT LUẬN***

Qua quá trình thực hiện tập luận văn tốt nghiệp đã giúp em hiểu rõ hơn về thực tế đồng thời củng cố lại kiến thức đã học trong suốt thời gian qua.

Đề tài này mang nặng về lý thuyết liên quan đến ngành truyền động điện. Dưới sự hướng dẫn của Thầy Nguyễn Dur Xứng, sinh viên thực hiện đã cố gắng để trình bày khá đầy đủ yêu cầu của tập luận văn:

- Giới thiệu các linh kiện bán dẫn công suất lớn như: diode, transistor, triac và đặc biệt là tiristor.

- Giới thiệu các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập và ứng dụng của điện tử công suất trong việc điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập qua các hệ thống:

. Hệ thống chỉnh lưu - động cơ.

. Hệ thống băm - động cơ.

Với sự quan tâm và nỗ lực không ngừng, tập luận văn đã được hoàn thành và có nội dung bám sát yêu cầu đề ra.

Mặc dù còn nhiều hạn chế, thiếu sót nhưng qua tập luận văn này đã giúp sinh viên thực hiện đánh giá được chính mình. Đây sẽ là một thành quả lớn sau nhiều năm học tập với sự giúp đỡ của quý thầy cô, bạn bè.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn Thầy **Nguyễn Dur Xứng** đã tận tình chỉ bảo để giúp em hoàn thành tập luận văn này.

Sinh viên thực hiện