

**Giáo trình MÁY ĐIỆN 1**

Biên soạn: **Bùi Tấn Lợi**

Chương 15

**KHỞ ĐỘNG VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ  
 ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ**

**14.1. KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ**

Phương trình cân bằng mômen trong quá trình khởi động:

$$M - M_c = J \frac{d\Omega}{dt}$$

trong đó:

$M$  : Mômen điện từ của động cơ điện:  $f_1(\Omega)$ .

$M_c$  : Mômen cản của tải:  $f_2(\Omega)$ .

$J$  : Mômen quán tính.

Ta thấy: + Tăng tốc độ thuận lợi khi  $d\Omega/dt > 0 \rightarrow M > M_c$

+  $(M - M_c)$  càng lớn thì tốc độ tăng càng nhanh.

+ Máy có quán tính lớn thì thời gian khởi động  $t_k$  lâu.

Dòng điện khởi động  $I_k$  : khi khởi động  $\Omega = 0$ ,  $s = 1$  nên :

$$I_k = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + C_1 r_2')^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}}$$

Thường thì :  $I_k = (4 \div 7) I_{dm}$  ứng với  $U_{dm}$ .

Mômen khởi động  $M_k$  :

$$M_k = \frac{m_1}{\Omega_1} \times \frac{U_1^2 r_2'}{(r_1 + C_1 r_2')^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}$$

Yêu cầu khi khởi động động cơ :

- Mômen  $M_k$  phải lớn để thích ứng với đặc tính tải.
- Dòng  $I_k$  càng nhỏ càng tốt để không ảnh hưởng đến các phụ tải khác.
- Thời gian  $t_k$  cần nhanh để máy có thể làm việc được ngay.
- Thiết bị khởi động đơn giản, rẻ tiền, tin cậy và ít tổn năng lượng.

Những yêu cầu trên là trái ngược nhau, vì thế tùy theo yêu cầu sử dụng và công suất của lưới điện mà ta chọn phương pháp khởi động thích hợp.

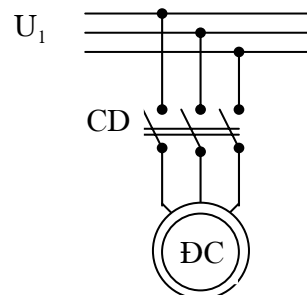
### 14.1.1. Khởi động trực tiếp

Trên hình 14.1 là sơ đồ nối dây khởi động trực tiếp động cơ không đồng bộ. Đóng cầu dao CD nối trực tiếp dây quấn stato vào lưới, động cơ quay.

Ưu điểm của phương pháp này:

- + Thiết bị khởi động đơn giản.
- + Mômen khởi động  $M_k$  lớn,
- + Thời gian khởi động  $t_k$  nhỏ.

Khuyết điểm của phương pháp này là dòng điện khởi động  $I_k$  lớn làm ảnh hưởng đến các phụ tải khác. Do vậy phương pháp này dùng cho những động cơ công suất nhỏ và công suất của nguồn lớn hơn nhiều lần công suất động cơ.



Hình 16-1 Khởi động trực tiếp

### 14.1.2. Khởi động bằng cách giảm điện áp đặt vào dây quấn stato

Các phương pháp sau đây nhằm mục đích giảm dòng điện khởi động  $I_k$ . Nhưng khi giảm điện áp khởi động thì mômen khởi động cũng giảm theo.

#### 1. Khởi động dùng cuộn kháng mắc nối tiếp vào mạch stato:

Trên hình 14.2 là sơ đồ nối dây khởi động động cơ không đồng bộ dùng cuộn kháng CK. Khi khởi động : CD2 cắt, đóng CD1 để nối dây quấn stato vào lưới điện thông qua CK, động cơ quay ổn định, đóng CD2 để ngắt mạch điện kháng, nối trực tiếp dây quấn stato vào lưới.

Điện áp đặt vào dây quấn stato kđ:

$$U'_k = kU_1 \quad (k < 1)$$

Dòng điện khởi động:

$$I'_k = kI_k$$

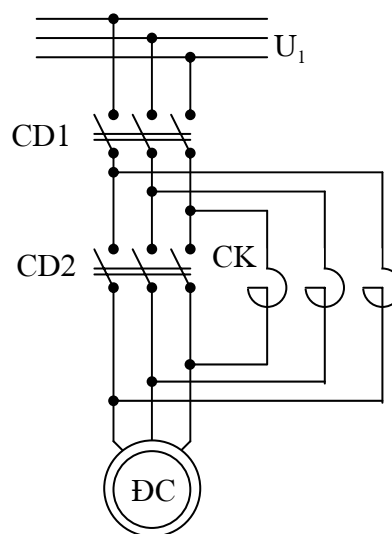
Với  $I_k$ : dòng khởi động trực tiếp với  $U_1$ .

Mômen khởi động:

$$M_k = k^2 M_{k_0}$$

#### 2. Khởi động dùng mba tự ngẫu:

Trên hình 14.3 là sơ đồ nối dây khởi động động cơ không đồng bộ dùng máy biến áp tự ngẫu (MBA TN). Trước khi khởi động : cắt CD2, đóng CD3, MBA TN để ở vị trí điện áp đặt vào động cơ khoảng  $(0.6 \div 0,8)U_{dm}$ , đóng CD1 để nối dây



Hình 14. 2 Khởi động dùng điện

quần stato vào lưới điện thông qua MBA TN, động cơ quay ổn định, cắt CD3, đóng CD2 để ngắn mạch MBA TN, nối trực tiếp dây quần stato vào lưới.

Khi khởi động, động cơ được cấp điện:

$$U_k = k_T U_1 \quad (k < 1)$$

Lúc đó dòng điện khởi động:

$$I'_k = k_T I_k$$

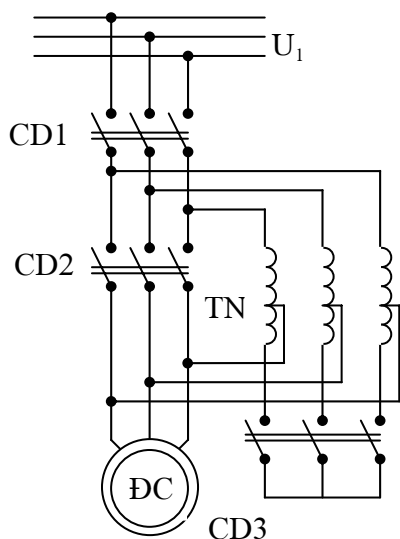
với  $I_k$ : dòng khởi động trực tiếp.

Dòng điện MBATN nhận từ lưới điện:

$$I_1 = k_T I'_k = k_T^2 I_k$$

Mômen khởi động:

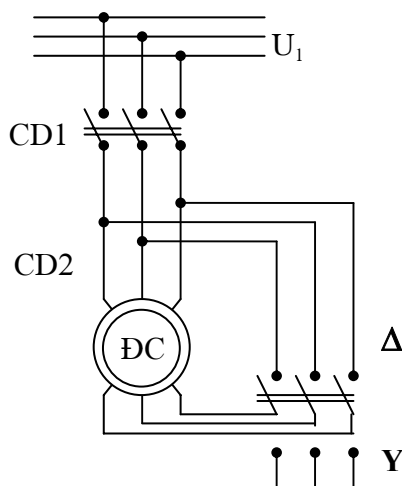
$$M'_k = k_T^2 M_k.$$



Hình 14.3 Khởi động dùng MBA TN

### 3. Khởi động bằng cách đổi nối Y → Δ:

Trên hình 14.4 là sơ đồ nối dây khởi động bằng cách đổi nối sao Y sang Δ động cơ không đồng bộ. Phương pháp này chỉ dùng cho động cơ lúc máy làm việc bình thường nối Δ, khi khởi động nối Y, sau khi tốc độ quay gần ổn định chuyển về nối Δ để làm việc.



Hình 14.4 Khởi động đổi nối Y → Δ

Điện áp pha khi khởi động:

$$U'_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} U_k$$

Dòng điện khi khởi động nối Y:

$$I_{kY} = I'_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{kf}$$

Dòng điện khi khởi động trực tiếp:

$$I_{k\Delta} = \sqrt{3} I_{kf}$$

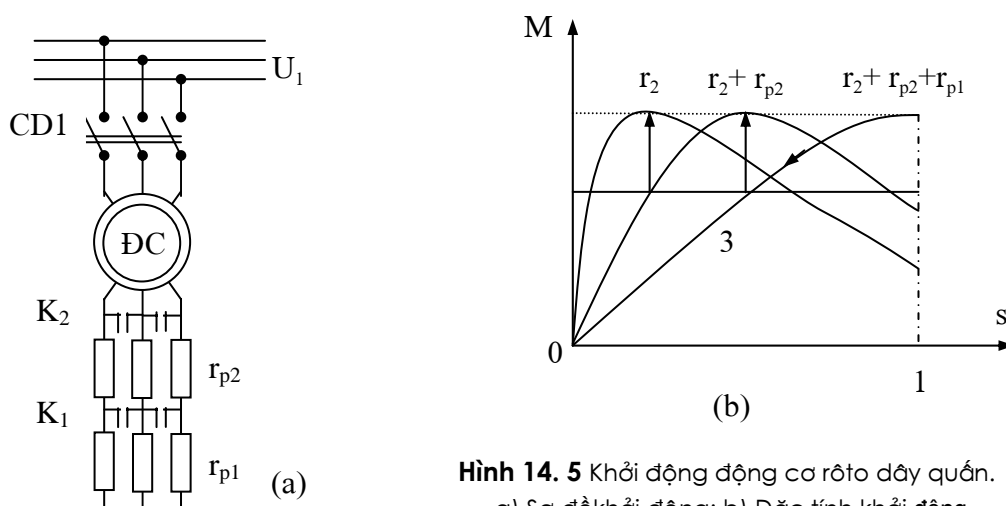
$$\text{Ta có: } \frac{I_{k\Delta}}{I_{kY}} = \frac{\sqrt{3} I_{kf}}{\frac{I_{kf}}{\sqrt{3}}} = 3$$

Mômen khởi động  $M_k$  giảm đi 3 lần.

#### 14.1.3. Khởi động bằng cách thêm $R_p$ vào mạch rôto dây quấn:

Phương pháp này chỉ dùng cho những động cơ rôto dây quấn vì đặc điểm của loại động cơ này là có thể thêm điện trở phụ vào mạch rôto. Khi điện trở rôto thay

đổi thì đặc tính  $M = f(s)$  cũng thay đổi theo. Khi điều chỉnh điện trở mạch rôto thích đáng thì  $M_k = M_{\max}$  (đường 3). Sau khi rôto quay để giữ một mômen điện từ nhất định trong quá trình khởi động ta cắt dần điện trở nối thêm vào mạch rôto làm cho quá trình tăng tốc động cơ từ đặc tính này sang đặc tính khác và sau khi cắt toàn bộ điện trở thì sẽ tăng tốc đến điểm làm việc của đặc tính cơ tự nhiên.



**Hình 14. 5** Khởi động động cơ rôto dây quấn.  
a) Sơ đồ khởi động; b) Đặc tính khởi động

*Ưu điểm* của phương pháp này là  $M_k$  lớn còn dòng điện khởi động  $I_k$  nhỏ.

*Nhược điểm* của phương pháp này là động cơ rôto dây quấn chế tạo phức tạp hơn rôto lồng sóc nên giá thành đắt hơn, bảo quản khó khăn hơn và hiệu suất cũng thấp hơn.

## 14.2. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

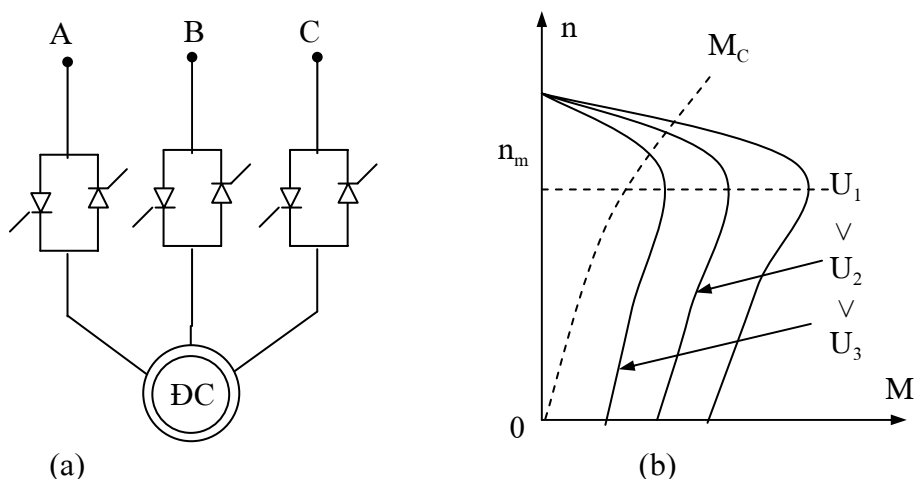
Trước đây, nếu có yêu cầu điều chỉnh tốc độ cao thường dùng động cơ điện một chiều. Nhưng ngày nay nhờ kỹ thuật điện tử phát triển nên việc điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ không gặp khó khăn mấy với yêu cầu phạm vi điều chỉnh, độ bằng phẳng khi điều chỉnh và năng lượng tiêu thụ.

Ta thấy các phương pháp điều chỉnh chủ yếu có thể thực hiện :

- + *Trên stato* : Thay đổi điện áp  $U$  đưa vào dây quấn stato, thay đổi số đôi cực từ p dây quấn stato và thay đổi tần số  $f$  nguồn điện.
- + *Trên rôto* : Thay đổi điện trở rôto, nối cấp hoặc đưa sdd phụ vào rôto.

### 14.2.1. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp

Ta đã biết, hệ số trượt tới hạn  $s_m$  không phụ thuộc vào điện áp. Theo (14.40) và (14.43), nếu  $r_2$  không đổi thì khi giảm điện áp nguồn  $U_1$ , hệ số trượt tới hạn  $s_m$  sẽ không đổi còn  $M_{\max}$  giảm tỉ lệ với  $U_1^2$ . Vậy họ đặc tính thay đổi như hình (14.7) làm cho tốc độ thay đổi theo. Phương pháp này chỉ thực hiện khi máy mang tải, còn khi máy không tải giảm điện áp nguồn, tốc độ gần như không đổi.



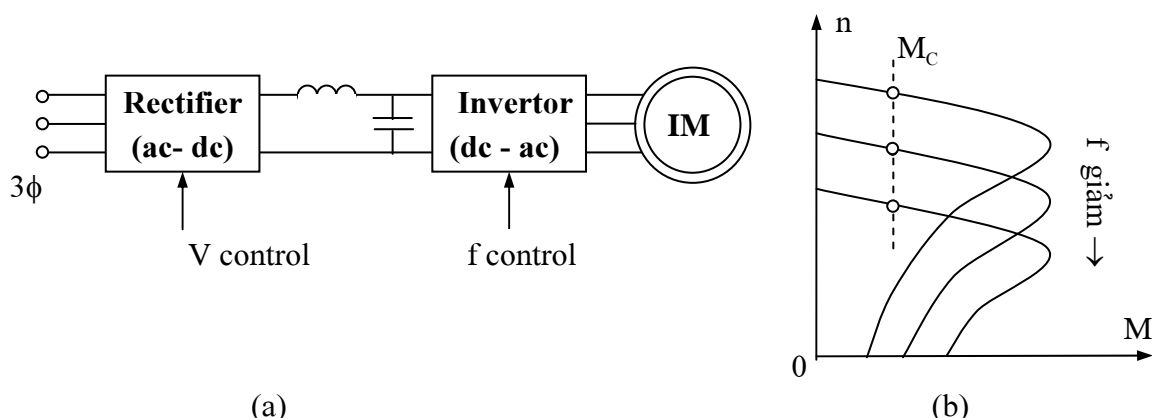
**Hình 14.6** Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp nguồn điện  
a) Sơ đồ mạch động lực; b) Đặc tính cơ với các  $U$  khác nhau

### 14.2.2. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số

Với điều kiện năng lượng quá tải không đổi, có thể tìm ra được quan hệ giữa điện áp  $U_1$ , tần số  $f_1$  và mômen  $M$ . Trong công thức về mômen cực đại, khi bỏ qua điện trở  $r_1$  thì mômen cực đại có thể viết thành :

$$M_{\max} = C \frac{U_1^2}{f_1^2} ;$$

Trong đó  $C$  là một hệ số.



**Hình 14.7.** Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số nguồn điện  
a) Sơ đồ khối; b) Đặc tính cơ  $U_1/f$  không đổi

Giả thiết  $U'_1$  và  $M'$  là điện áp và mômen lúc tần số  $f'_1$ , căn cứ vào điều kiện năng lượng quá tải không đổi, ta có :

$$\frac{M'_{\max}}{M'} = \frac{M_{\max}}{M}$$

hay

$$\frac{M'}{M} = \frac{M'_{\max}}{M_{\max}} = \frac{U_1'^2 f_1'^2}{U_1^2 f_1^2}$$

Do đó ta có:

$$\frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'}{f_1} \sqrt{\frac{M'}{M}}$$

Trong thực tế ứng dụng, thường yêu cầu mômen không đổi, nên ta có :

$$\frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'}{f_1}$$

hay

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

Trường hợp yêu cầu công suất  $P_{\text{co}}$  không đổi, nghĩa là mômen tỉ lệ nghịch với tần số, ta có :

$$\frac{M_1'}{M_1} = \frac{f_1}{f_1'}$$

Thế vào trên ta được :

$$\frac{U_1'}{U_1} = \sqrt{\frac{f_1'}{f_1}}$$

Tóm lại, khi thay đổi tần số  $f_1$ , ta phải đồng thời thay đổi  $U_1$  đưa vào động cơ. Trường hợp  $U_1/f = C^{\text{te}}$  và tần số giảm có đặc tính cơ như hình 14.7b, cách điều chỉnh này có các đặc tính thích hợp với loại tải cần  $M_C = C^{\text{te}}$  khi vận tốc thay đổi.

### 14.2.3. Điều chỉnh tốc độ bằng cách điều chỉnh điện trở rôto

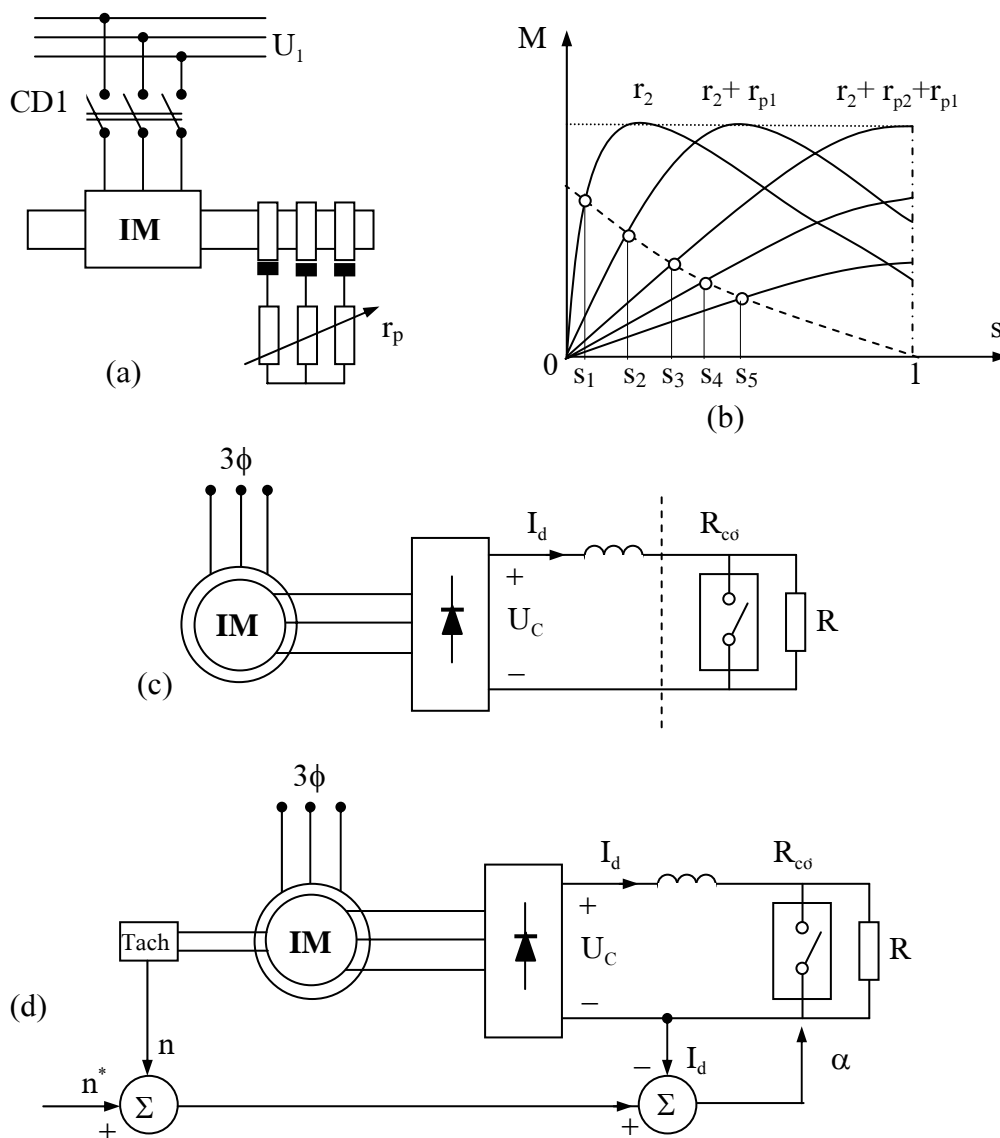
Thay đổi điện trở dây quấn rôto, bằng cách mắc thêm biến trở ba pha vào mạch rôto của động cơ rôto dây quấn như hình 14.15a.

Do biến trở điều chỉnh phải làm việc lâu dài nên có kích thước lớn hơn biến trở khởi động. Họ đặc tính cơ của ĐK rôto dây quấn khi dùng biến trở điều chỉnh tốc độ trên hình 14.15b. Khi tăng điện trở, tốc độ quay của động cơ giảm.

Tần số đóng cắt và điện trở tương đương của mạch BDX :

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{T}; \quad R_C = R_1 \frac{t_1}{t_1 + t_2} = R_1 \frac{t_1}{T} = R_1 \rho$$

Phương pháp này gây tổn hao trong biến trở nên làm hiệu suất động cơ giảm. Tuy vậy, đây là phương pháp khá đơn giản, tốc độ được điều chỉnh liên tục trong phạm vi tương đối rộng nên được dùng nhiều trong các động cơ công suất cỡ trung bình.



**Hình 14.8** Điều chỉnh tốc độ động cơ rôto dây quấn dùng điện trở  
a) Sơ đồ điều chỉnh; b) Đặc tính; c. Sơ đồ mạch hở; d. Sơ đồ mạch kín

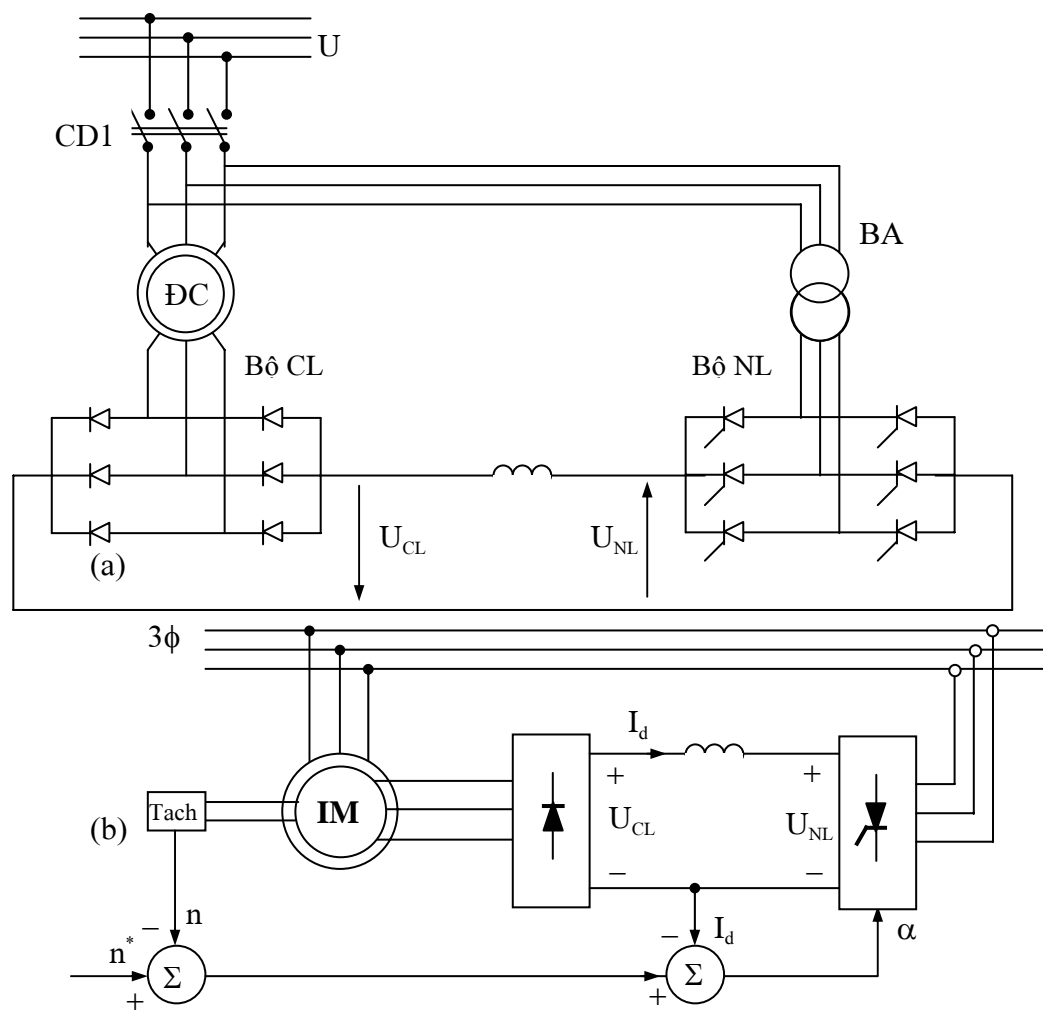
#### 14.2.4. Điều chỉnh tốc độ bằng cách nối cấp trả năng lượng về nguồn

Năng lượng trượt tần số  $f_2 = sf_1$  lẽ ra tiêu hao trên điện trở phụ được chỉnh lưu thành năng lượng một chiều (hình 15.9), sau đó qua bộ nghịch lưu được biến đổi thành năng lượng xoay chiều tần số  $f$  trả về nguồn.

Quan hệ giữa hệ số trượt  $s$  và góc mở  $\alpha$  của thyristor :

- Điện áp ra của chỉnh lưu cầu ba pha :  $U_C = 1,35sK_D U$
- Điện áp ra của nghịch cầu :  $U_N = 1,35 K_B U \cos \alpha$

Với  $K_D = \frac{W_2 k_{dq2}}{W_1 k_{dq1}}$ ;  $sK_D U$ : điện áp ra của rôto;  $K_B$  : tỉ số biến áp



**Hình 14.9** Điều chỉnh tốc độ ĐC bằng cách trả năng lượng về nguồn  
a. Sơ đồ mạch hở; b. Sơ đồ mạch kín

Vậy, từ các công thức trên ta có:

$$s = -\frac{K_B}{K_D} \cos \alpha$$

với  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$  nên  $\cos \alpha < 0$

