



# Biến đổi năng lượng điện cơ

-Máy điện một chiều



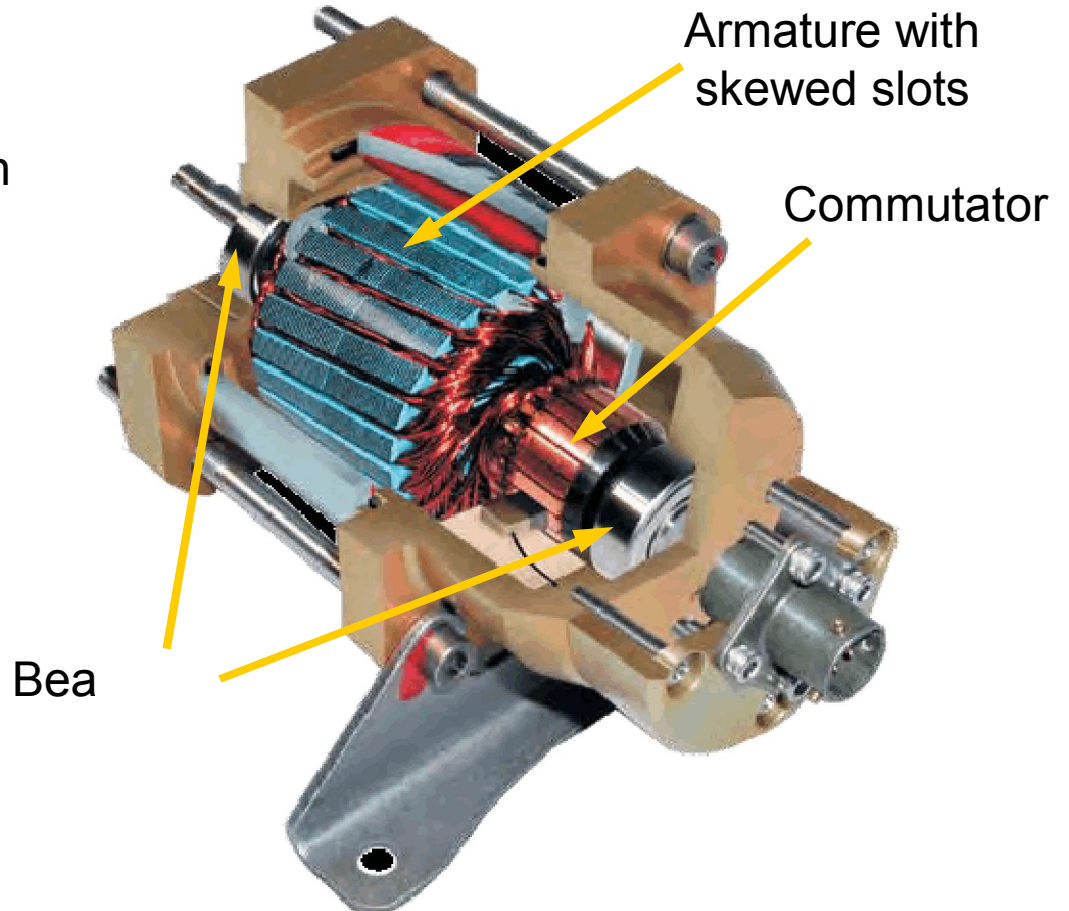
## Máy điện DC – Giới thiệu

- Có đặc tính cơ (moment-tốc độ) ưu việt. Dễ dàng trong việc điều khiển tốc độ. Cả cuộn stator (kích từ) và cuộn rotor (phần ứng) đều có mang dòng DC.
- Với cùng chi tiết kĩ thuật, máy điện DC đắt hơn máy điện AC. Cuộn kích từ trong máy DC công suất nhỏ có thể được thay thế bằng nam châm vĩnh cửu.
- Cuộn kích từ ở stator được cấp bởi dòng DC, hay dùng nam châm vĩnh cửu, để tạo ra từ trường tĩnh. Dòng rotor được cấp qua chổi than và cổ góp. Cổ góp sẽ thay đổi chiều dòng điện trong các cạnh của khung dây để cho từ trường stator và rotor vuông góc với nhau. Moment tạo ra càng lớn thì việc điều khiển càng đơn giản.
- Động cơ vạn năng có thể chạy được với điện áp AC mặc dù được xếp loại là động cơ DC.



## Máy điện DC – Cấu tạo

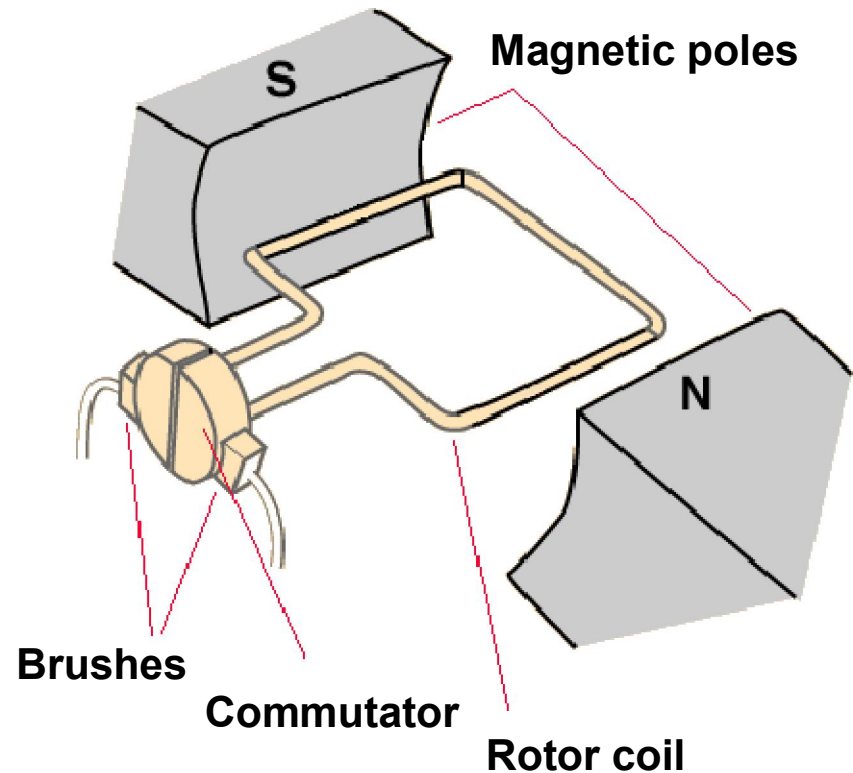
- Lõi từ rotor làm bằng các lá thép, có rãnh. Mỗi cạnh của cuộn được đặt trong rãnh và nối với một vành góp.
- Lõi stator có thể không dùng lá thép (do kích từ DC) và được gắn cố định vào vỏ máy.





## Máy điện DC – Nguyên tắc hoạt động

- Xét một máy DC đơn giản như hình bên.
- Mỗi cạnh của khung được nối tới một vành góp.
- Khi cạnh khung quay từ cực này sang cực kia, vành góp cũng chuyển sang chổi than đối diện. Điều này sẽ làm đổi chiều dòng điện trong cạnh khung, dẫn đến chiều moment không đổi cho dù cực tính của từ trường thay đổi.
- Dùng đồng năng lượng, moment là



$$T^e(i_r, i_s, \theta) = i_r i_s \frac{dL_{sr}(\theta)}{d\theta}$$



## Máy điện DC thực tế

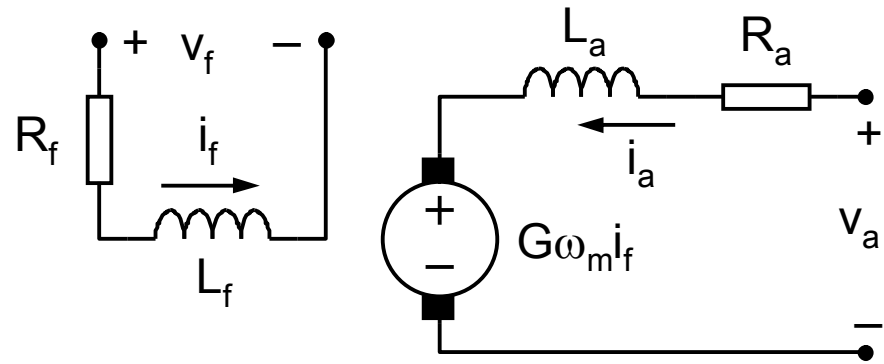
- Máy điện DC thực tế có nhiều vành góp và cuộn rotor (Fig. 8.4). Vành góp dùng làm cho trục từ phần ứng vuông góc với trục từ stator  $\Rightarrow$  moment không đổi.
- Về tổng quát, moment tỉ lệ với dòng phần ứng và dòng kích từ:

$$T^e = G i_a i_f$$

- Mạch tương đương và các phương trình động học tương ứng:

$$v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + \underbrace{G \omega_m i_f}_{\text{Back EMF}}$$





## Máy điện DC thực tế (tt)

- Giả sử tại xác lập với điện áp, tốc độ là hằng số, quan hệ công suất là

$$\text{Công suất phần ứng } P_a = V_a I_a = R_a I_a^2 + G \omega_m I_a I_f$$

$$\text{Công suất kích từ } P_f = V_f I_f = R_f I_f^2$$

$$\text{Công suất cơ } P_m = T^e \omega_m = G I_a I_f \omega_m$$

- Có thể thấy rằng công suất cơ đến từ phần ứng, do đó có thể dùng nam châm vĩnh cửu thay cho cuộn kích từ trong các máy công suất nhỏ.
- Cuộn phần ứng và kích từ có thể được nối theo nhiều cách tương ứng với các ứng dụng khác nhau. Có 3 pp chính: kích từ độc lập, kích từ nối tiếp và kích từ song song.



## Máy điện DC kích từ độc lập

- Cuộn kích từ và cuộn phần ứng được cấp nguồn độc lập với nhau. Cuộn kích từ thường được nối với nguồn điện áp hằng số, tạo ra từ trường không đổi. Tốc độ và moment của máy được điều khiển bằng dòng phần ứng.
- Ở xác lập, có các quan hệ sau

$$B\omega_m = GI_f I_a - T_{load}$$

$$V_a = R_a I_a + G\omega_m I_f$$

Dẫn tới

$$I_a = \frac{V_a - G\omega_m I_f}{R_a}$$

$$T^e = GI_f \frac{V_a - G\omega_m I_f}{R_a}$$

Torque-speed

- Đặc tính cơ là đường thẳng

$$\omega_m = \frac{V_a}{GI_f} - \frac{R_a}{(GI_f)^2} T^e = \omega_{m0} - \frac{R_a}{(GI_f)^2} T^e$$



## Đặc tính cơ

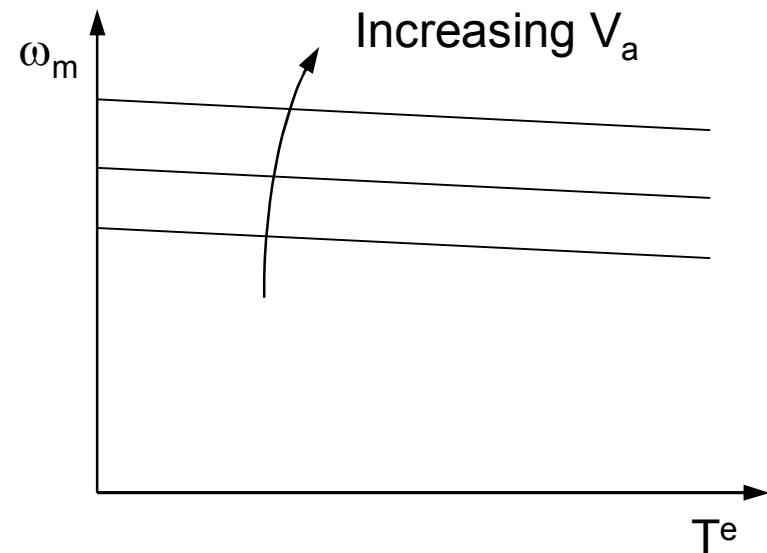
- Quá trình thắng xuất hiện khi công suất được đặt vào cả phần ứng ( $P_a > 0$ ) và trục ( $P_m < 0$ ), và tất cả các công suất này bị tiêu tán ở điện trở phần ứng  $R_a$ .
- Quá trình máy phát tương ứng với  $P_m < 0$  và  $P_a < 0$ , và xuất hiện khi  $\omega_m > V_a/(GI_f)$ . Quá trình động cơ xuất hiện khi  $P_a > 0$  và  $P_m > 0$  (Fig. 8.7).

- Bằng việc thiết lập  $dP_m/d\omega_m = 0$  và giải tìm  $\omega_m$ , tốc độ tại công suất cực đại có thể tìm được

$$\omega_{mP} = \frac{V_a}{2GI_f} \quad \text{và} \quad P_m^{\max} = \frac{V_a^2}{4R_a}$$

- Tốc độ có thể được điều khiển dễ dàng bởi việc thay đổi điện áp phần ứng  $V_a$ .

Biến đổi năng lượng điện cơ



Bộ môn Thiết bị điện





## Máy điện DC kích từ nối tiếp

- Cuộn kích từ và cuộn phần ứng được nối tiếp, ta có mạch tương đương như sau.

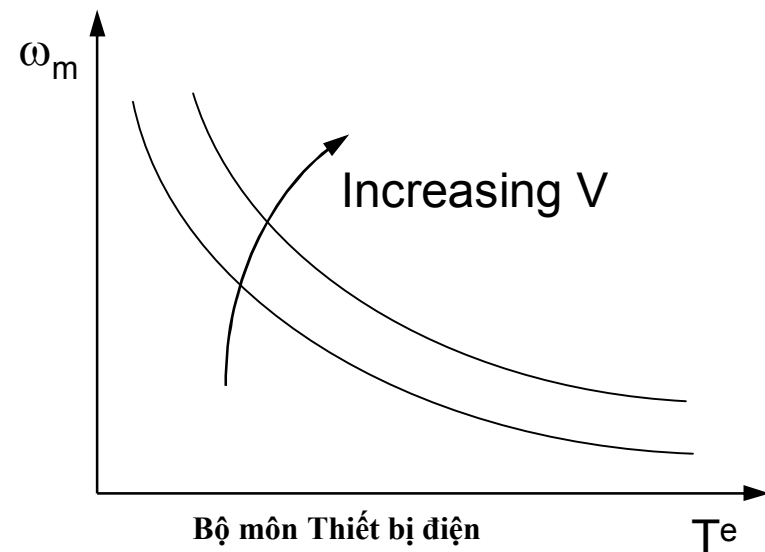
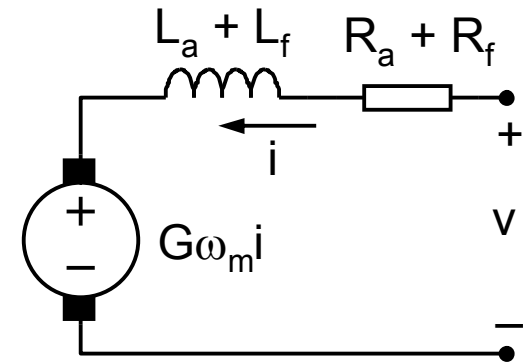
$$v = (R_a + R_f)i + (L_a + L_f)\frac{di}{dt} + G\omega_m i$$

$$T^e = Gi^2$$

- Quá trình xác lập với điện áp hằng số được mô tả bởi

$$I = \frac{V}{(R_a + R_f) + G\omega_m}$$

$$T^e = G \frac{V^2}{[(R_a + R_f) + G\omega_m]^2}$$



Biến đổi năng lượng điện cơ



## Động cơ vạn năng

➤ Động cơ vạn năng về bản chất là động cơ DC kích từ nối tiếp, có thể hoạt động với nguồn DC hay AC. Khi chạy từ nguồn AC, điện cảm của các cuộn dây cần được xem xét.

➤ Quá trình xác lập có thể được mô tả bởi

$$I = \frac{V}{\sqrt{(R_a + R_f + G\omega_m)^2 + (L_a + L_f)^2 \omega_e^2}}$$
$$T_{av}^e = GI^2 = \frac{GV^2}{(R_a + R_f + G\omega_m)^2 + (L_a + L_f)^2 \omega_e^2}$$

Trong đó  $\omega_e$  là tần số điện.

➤ Điện áp AC đầu vào có thể được cắt dùng các mạch SCR hay triac để giảm giá trị rms của dòng điện, vì vậy làm giảm moment của động cơ.



## Máy điện DC kích từ song song

- Cuộn kích từ và cuộn phần ứng được nối song song, mạch tương đương như sau.

$$v = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + G\omega_m i_f$$

$$T^e = G i_a i_f$$

- Quá trình xác lập với điện áp vào hằng số

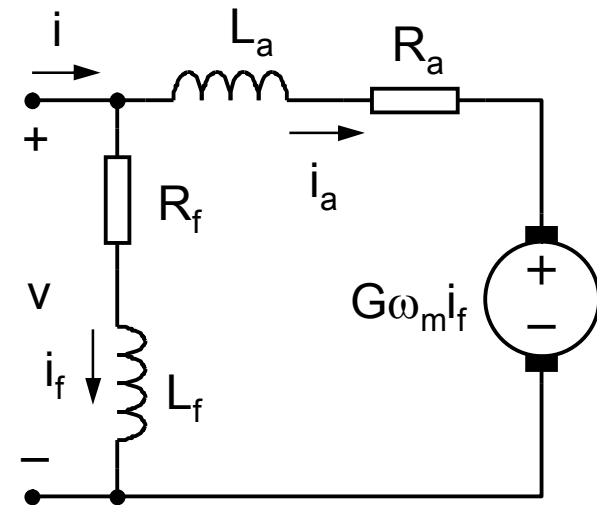
$$v = V,$$

$$I_f = \frac{V}{R_f}$$

$$I_a = \frac{V - G\omega_m I_f}{R_a}$$

$$T^e = G I_a I_f = GV^2 \frac{R_f - G\omega_m}{R_f^2 R_a}$$

- Điều khiển tốc độ bằng cách dùng điện trở nối tiếp cuộn kích từ.





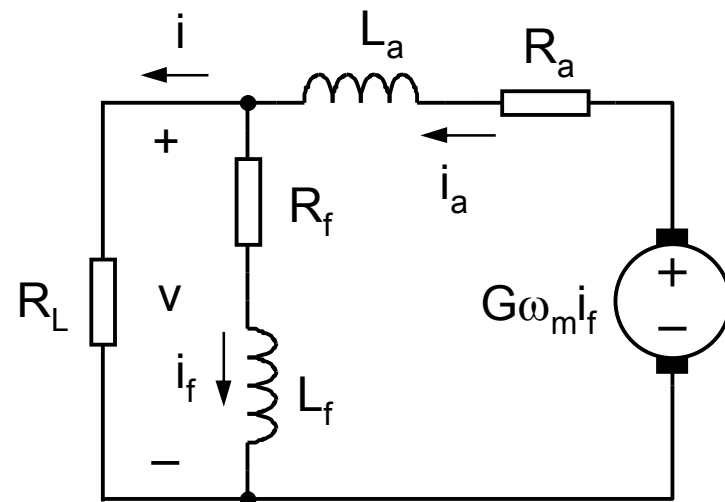
## Máy phát DC kích từ song song

- Máy điện kích từ song song có thể hoạt động như một máy phát, với một tải  $R_L$  nối như sau.

$$v = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v = G\omega_m i_f - R_a i_a - L_a \frac{di_a}{dt}$$

$$v = R_L (i_a - i_f)$$



- Quá trình xác lập với điện áp vào hằng số

$$v = V,$$

$$V = I_f R_f = G\omega_m I_f - R_a I_a = R_L (I_a - I_f)$$



## Máy điện DC kích từ hỗn hợp và khởi động

- Trong một máy kích từ hỗn hợp, một phần cuộn kích từ được nối tiếp, phần còn lại nối song song với cuộn phần ứng. Có 4 kiểu kết hợp khác nhau cho 2 phần của cuộn kích từ.
- Nguyên nhân chính của việc sử dụng kiểu kích từ hỗn hợp là để giới hạn dòng phần ứng tại tốc độ thấp.
- Khi khởi động hay chạy ở tốc độ thấp, sức điện động cảm ứng rất nhỏ so với điện áp cung cấp, vì vậy sẽ tạo ra dòng điện rất lớn (chỉ bị giới hạn bởi điện trở phần ứng). Một điện trở ngoài được dùng để giảm dòng điện xuống mức cho phép có thể gây ra thêm tổn hao công suất.
- Một phương pháp để khởi động động cơ là dùng bộ biến đổi công suất để điều chỉnh điện áp trung bình đặt vào cuộn phần ứng, gọi là kỹ thuật điều rộng xung PWM.

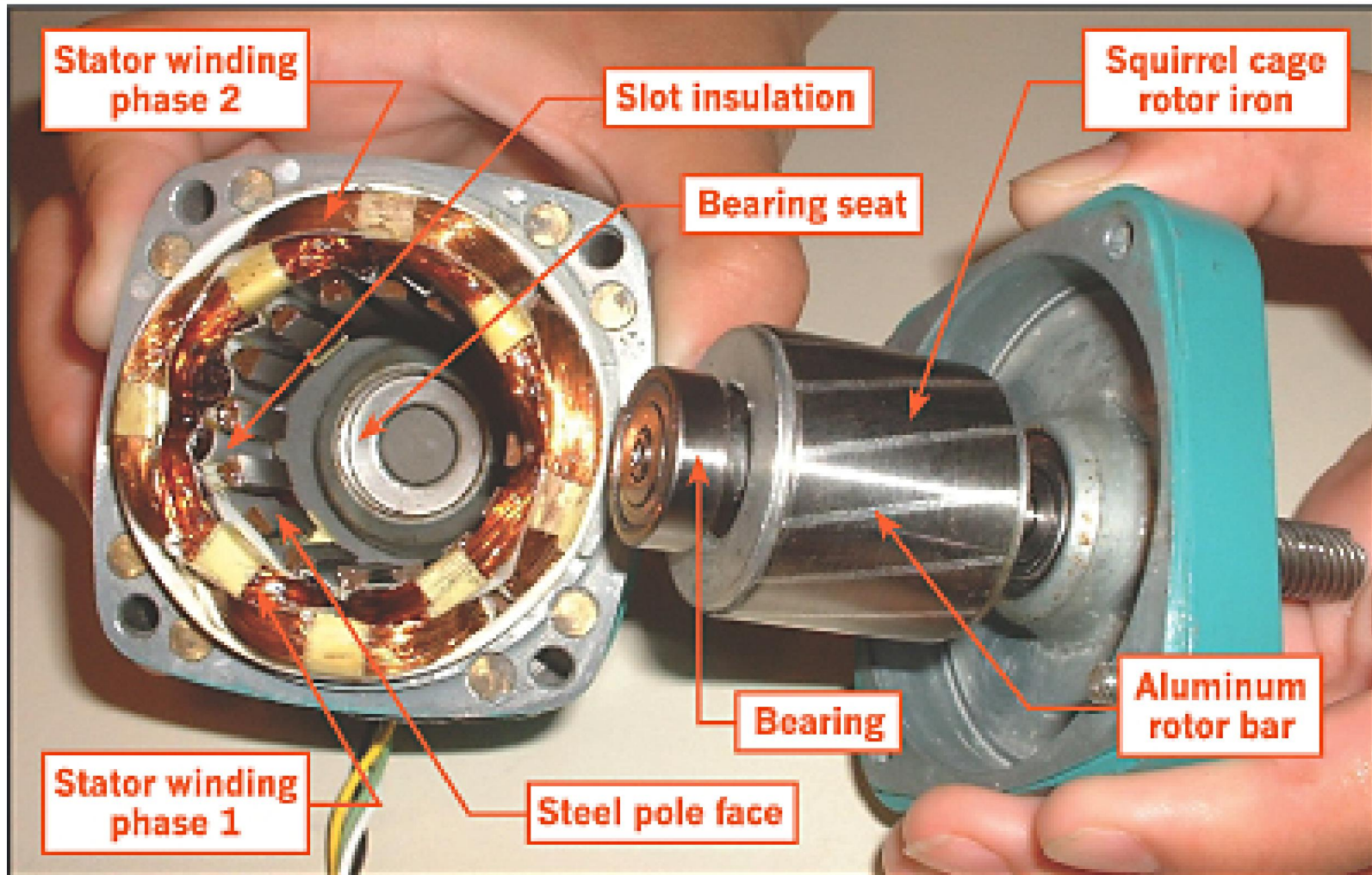


## Động cơ không đồng bộ một pha

- Hai cuộn stator được đặt lệch  $90^\circ$  có thể tạo ra từ trường quay khi được cấp dòng điện 2 pha. Nếu có thể tạo ra dòng điện 2 pha từ nguồn 1 pha, thì động cơ KĐB một pha có thể hoạt động.
- Có thể thấy rằng với chỉ một cuộn kích từ, máy điện KĐB một pha có thể chạy theo một chiều nào đó, nhưng không có moment khởi động.
- Trong thực tế, một cuộn dây phụ được thêm vào máy KĐB 1 pha, và có các pp để tạo ra moment ban đầu: split-phase, capacitor-start, permanent-split capacitor, capacitor-start/capacitor-run, split-phase start/capacitor-run, and shaded-pole.



## Động cơ không đồng bộ một pha

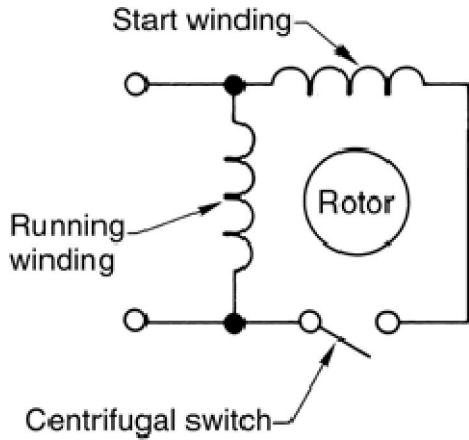


Biến đổi năng lượng điện cơ

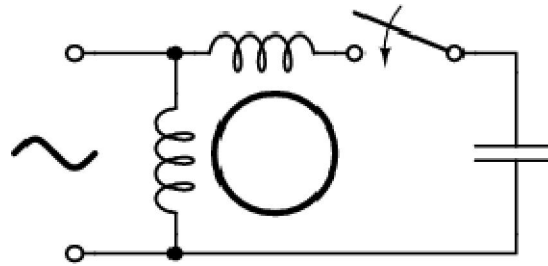
Bộ môn Thiết bị điện



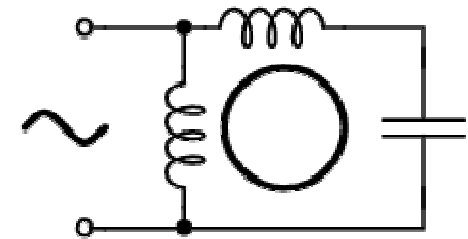
# Các kiểu động cơ không đồng bộ một pha



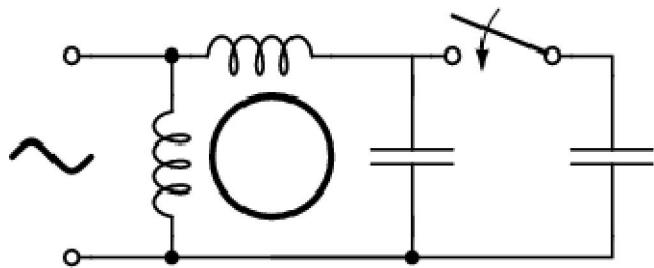
Split-phase



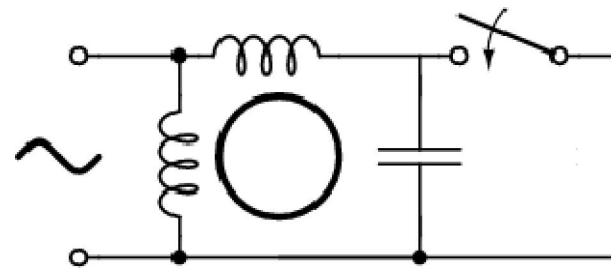
Capacitor-start



Permanent-split capacitor



Capacitor-start/  
capacitor-run



Split-start/  
capacitor-run

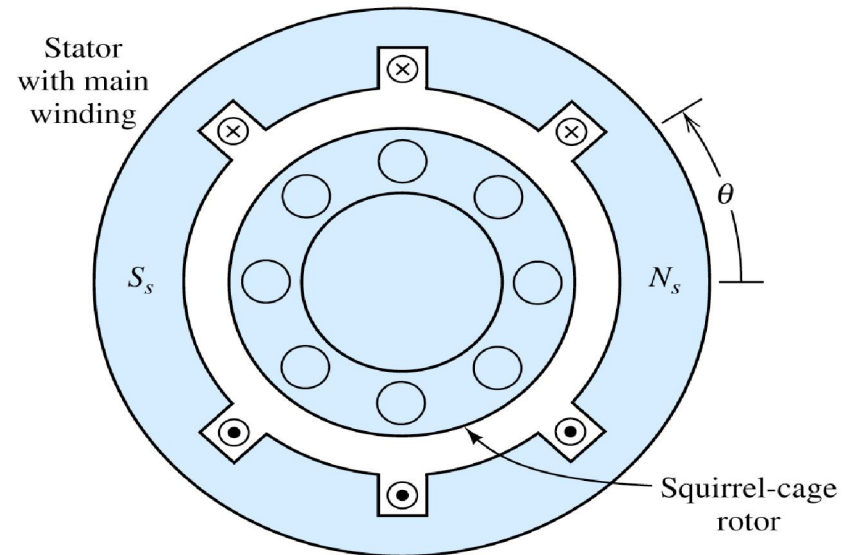


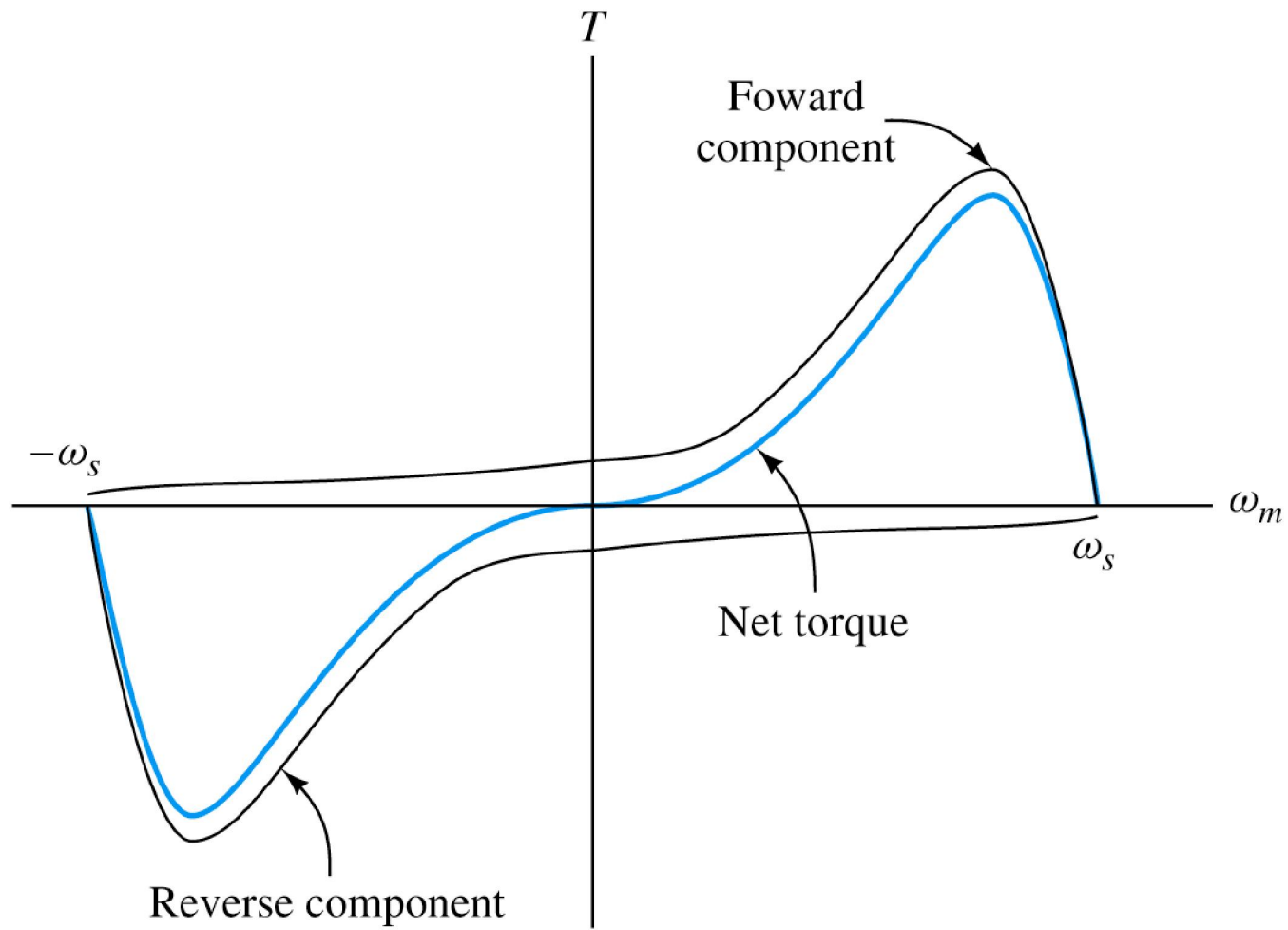


# Động cơ kđb 1 pha

-Từ thông đập mạch tạo bởi cuộn dây chính có thể phân tích thành 2 thành phần quay ngược chiều nhau và bằng nhau  $\rightarrow$  moment tổng bằng 0.

-Nếu rotor đc quay theo một chiều nào đó, 1 thành phần từ thông làm việc ở chế độ động cơ, thành phần kia ở chế độ hãm.



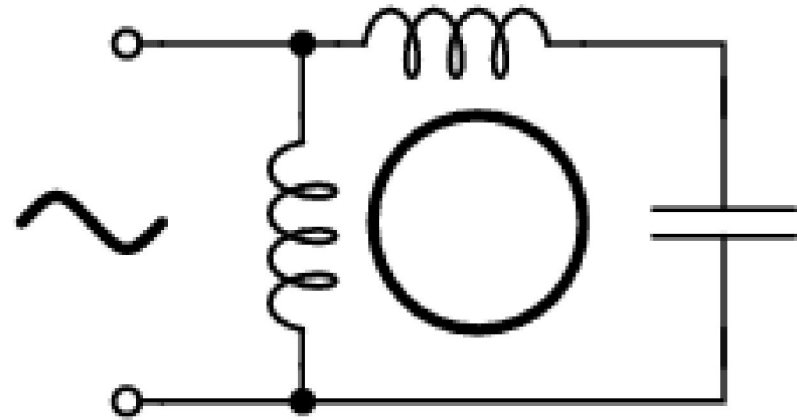


The main winding produces two counter-rotating flux components each of which induces torque in the rotor. The main winding alone induces no net starting torque.



# Động cơ kđb 1 pha

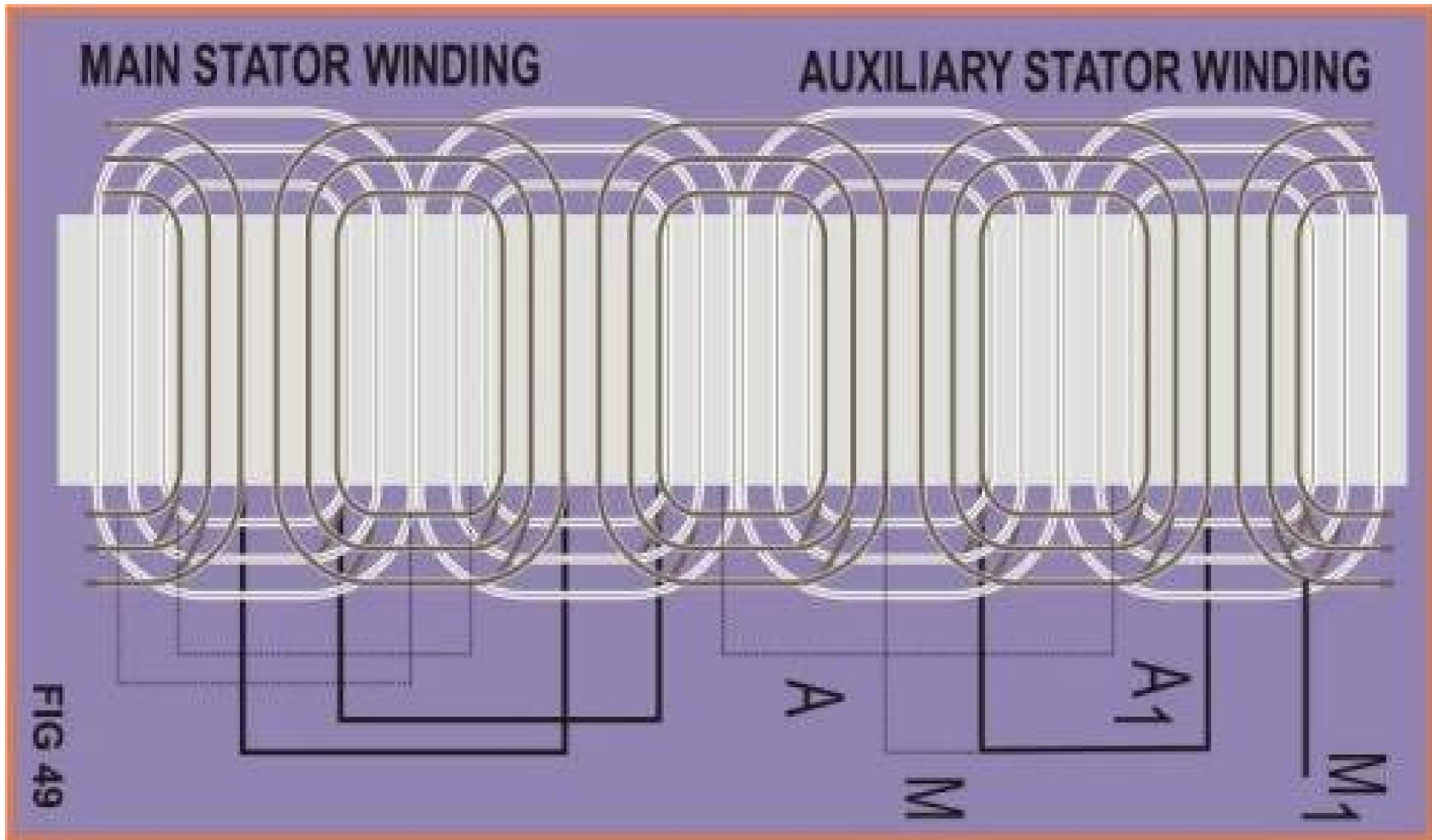
- Dùng cuộn dây phụ để tạo thành động cơ 2 pha
- Cuộn phụ đặt lệch  $90^0$  trong không gian so với cuộn chính
- Có thể dùng tụ điện để làm tăng góc lệch pha giữa 2 cuộn



→ Đảo chiều ?

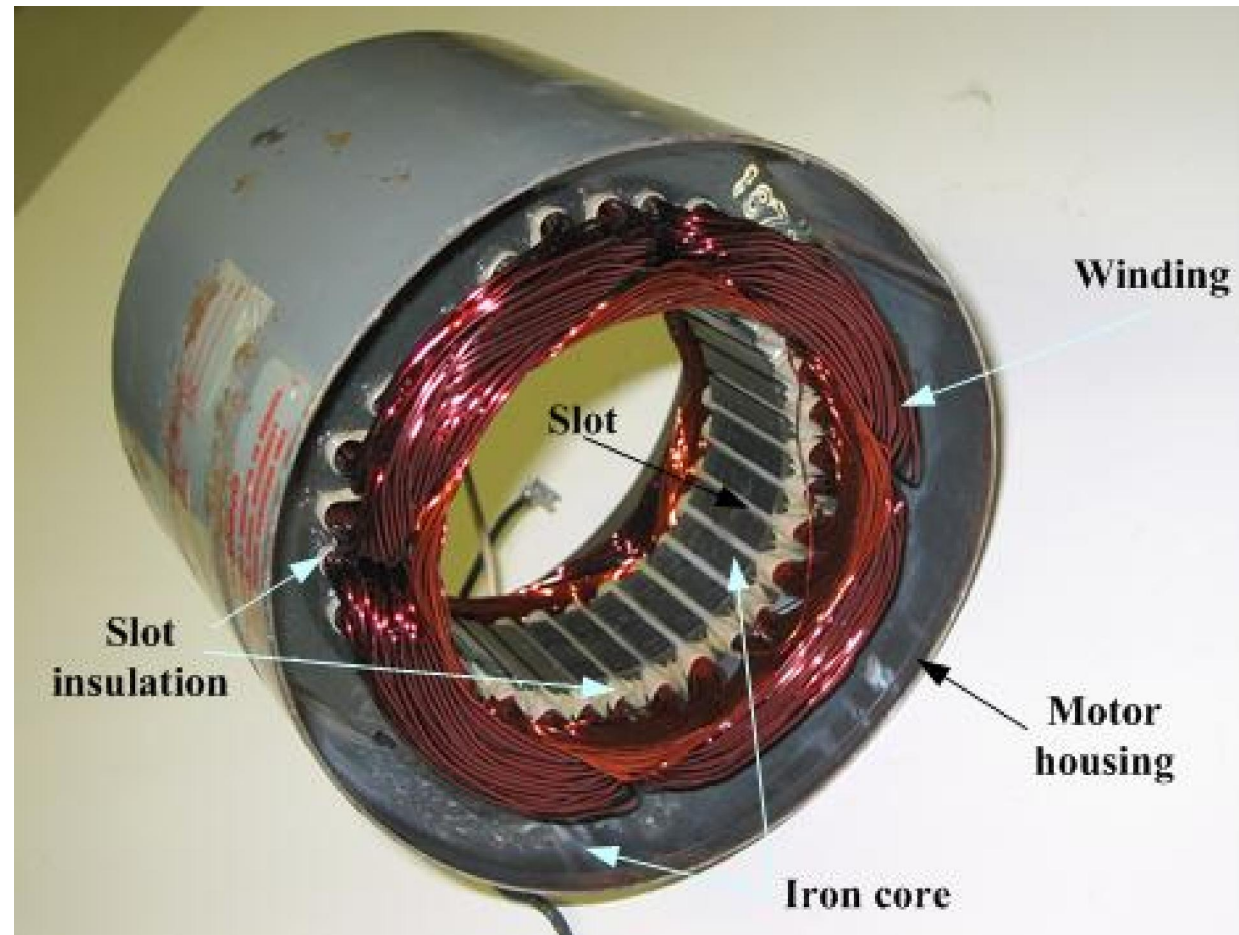


# Cuộn chính và cuộn phụ





# Dây quấn chính và phụ



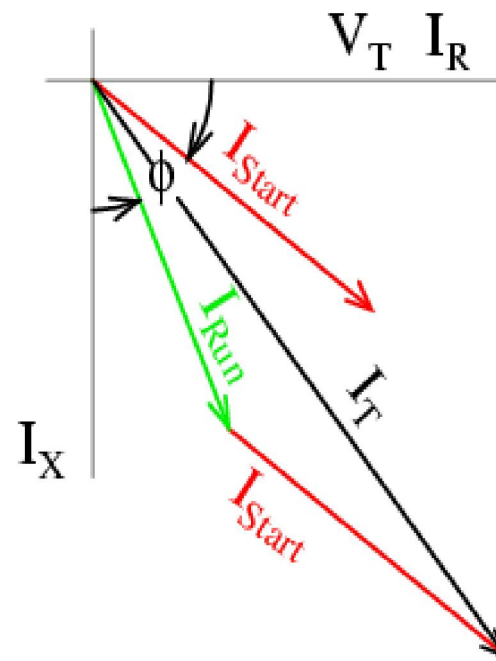
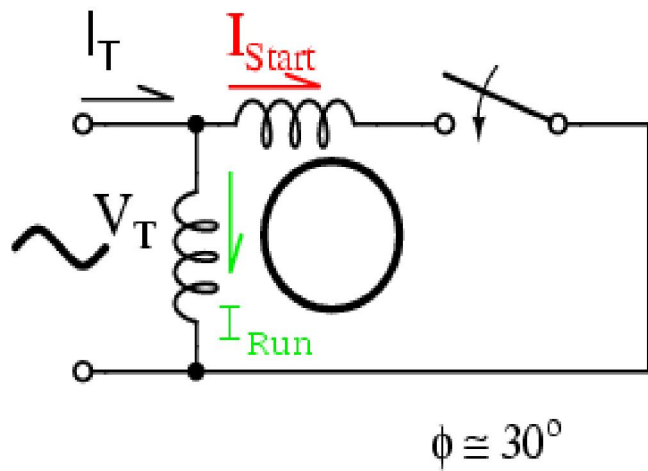


# Dùng cuộn dây phụ khởi động

Dùng cuộn phụ có từ cảm nhỏ và điện trở lớn hơn cuộn chính (ít vòng hơn và dùng dây nhỏ hơn) để tạo dòng lệch pha so với dòng trong cuộn chính.

Khi tốc độ đạt gần tốc độ đồng bộ ( $3/4 n_{db}$ ), công tắc ly tâm sẽ ngắt cuộn phụ.

Khởi động không dùng tụ điện chỉ dùng với tải nhỏ và động cơ công suất nhỏ.

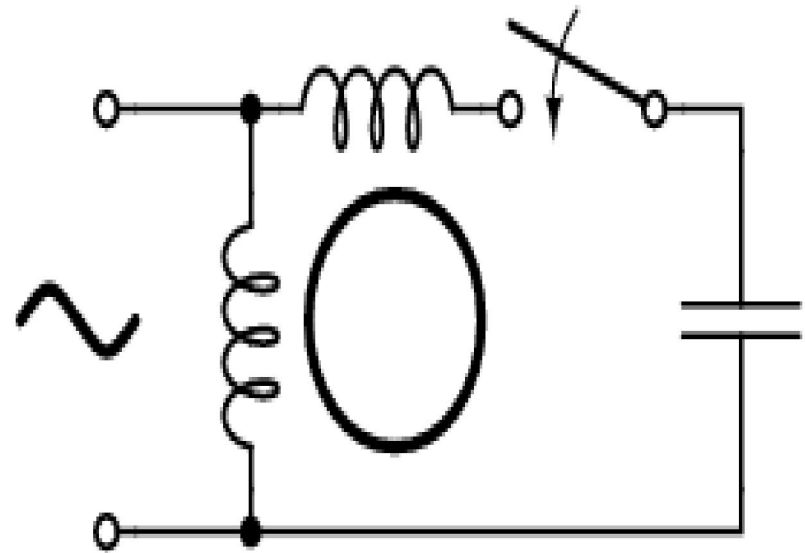




# Khởi động bằng tụ điện

Có thể dùng tụ điện kết hợp với cuộn dây phụ để khởi động động cơ 1 pha (để tăng moment khởi động).

Khi động cơ khởi động xong, tụ điện bị ngắt bởi một công tắc ly tâm.



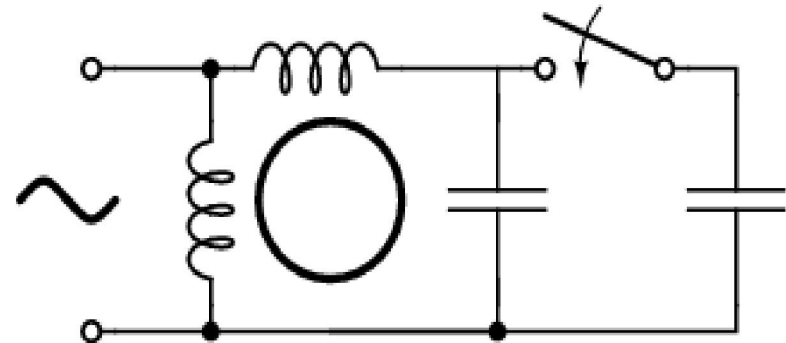




# Dùng tụ điện thường trực

Khi khởi động, hai tụ điện mắc song song để có giá trị lớn (tăng moment khởi động)

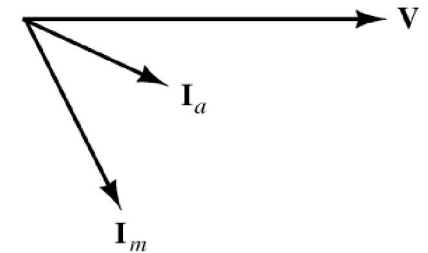
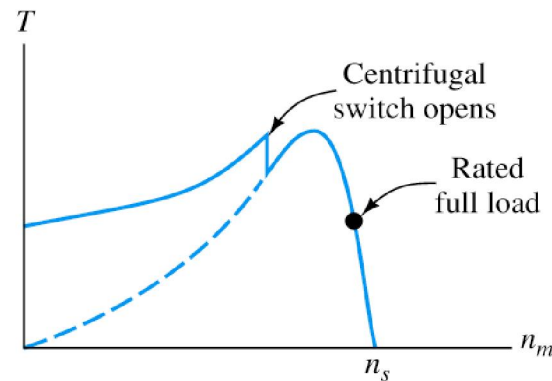
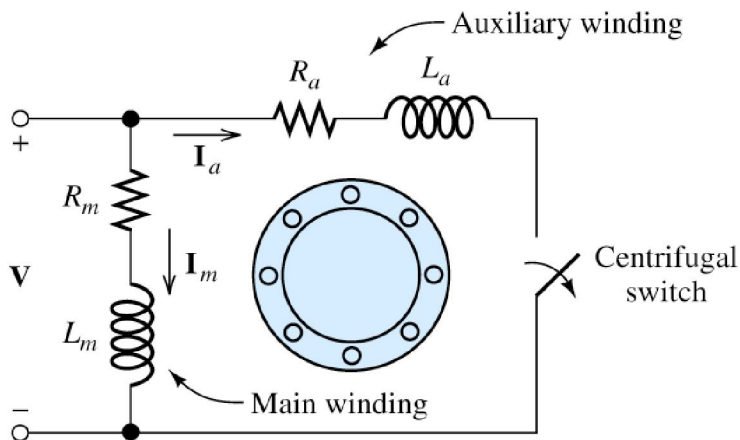
Tụ điện có giá trị nhỏ được mắc thường trực để cải thiện đặc tính hoạt động của động cơ.







## Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ một pha dùng cuộn dây phụ

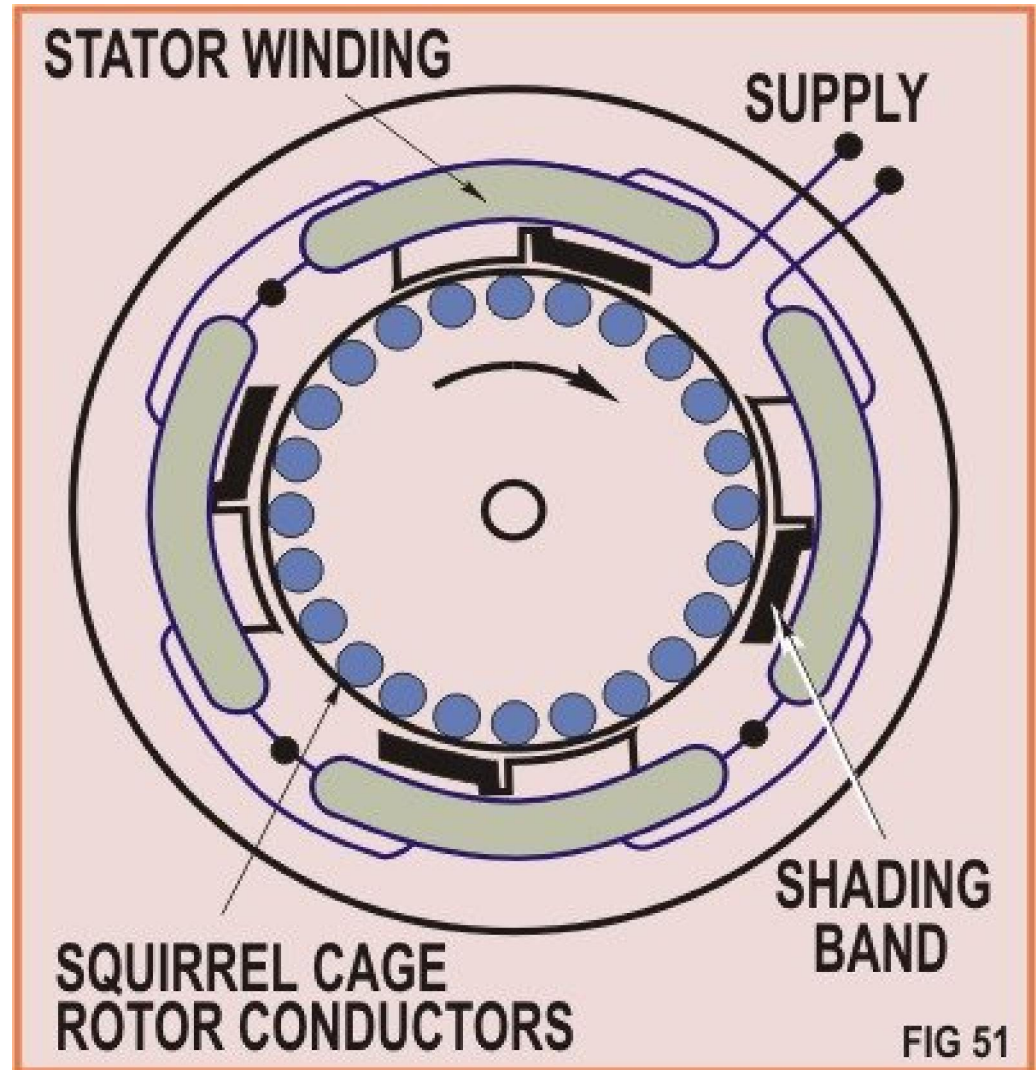




# Dùng khâu từ cực (vòng ngắn mạch ở cực từ)

Cực từ stator được chia làm 2 phần, một phần được bọc bằng vòng ngắn mạch

Hai từ thông lệch pha tại cực từ làm từ thông tổng trượt trên mặt cực từ, chiều về phía phần có vòng ngắn mạch → động cơ quay theo chiều từ phần không có vòng ngắn mạch sang phần có vòng ngắn mạch





## Các vấn đề kỹ thuật trong vận hành máy điện

### Các loại tổn hao trong máy điện:

3 nguyên nhân chủ yếu để xem xét tổn thất trong máy điện:

- Tổn thất quyết định hiệu suất và ảnh hưởng đáng kể tới chi phí vận hành
- Ảnh hưởng tới phát nóng của thiết bị, có thể phát ra công suất ra định mức mà không làm hư hỏng cách điện.
- Sụt áp hay dòng do tổn thất phải được tính đến khi mô tả máy điện.

$$\text{Hiệu suất} = \text{output}/\text{input}$$

$$\text{Hiệu suất} = (\text{input} - \text{losses})/\text{input}$$

$$\text{Hiệu suất} = \text{output}/(\text{output} + \text{losses})$$



## Các vấn đề kỹ thuật trong vận hành máy điện

### Các loại tổn hao chính trong máy điện:

- Tổn hao  $I^2R$ : tổn hao trong dây quấn, tiếp xúc giữa chổi than-cổ góp
- Tổn hao cơ: ma sát do chổi than, bearing, sức cản của gió.
- Tổn hao không tải (tổn hao lõi thép): do hiện tượng từ trễ và dòng xoáy. Trong máy điện DC và đồng bộ, tổn hao lõi thép chủ yếu trên mạch từ phản ứng. Trong máy điện không đồng bộ, chủ yếu ở mạch từ stator.
- Ngoài ra còn có một số tổn hao phụ do sự phân bố không đều của dòng điện trong dây dẫn, sự méo dạng từ thông do dòng tải.



## Các vấn đề kỹ thuật trong vận hành máy điện

### Phát nóng trong máy điện:

Định mức trong thiết bị điện được quyết định bởi các vấn đề nhiệt và cơ. Ví dụ, dòng định mức được quyết định bởi nhiệt độ vận hành tối đa mà không làm hư hỏng cách điện.

Cấp cách điện	Y	A	E	B	F	H	C
Nhiệt độ °C	90	105	120	135	155	180	>180



## Các vấn đề kỹ thuật trong vận hành máy điện

Hiệu quả năng lượng trong máy điện: để tối ưu hiệu suất của máy điện cần giảm các tổn hao bên trong nó.

- Tổn hao  $I^2R$ : giảm bằng cách tăng tiết diện rãnh (tăng tiết diện dây → giảm điện trở)
- Tổn hao không tải (tổn hao lõi thép): giảm mật độ từ trường trong mạch từ → tăng thể tích. Tuy nhiên sẽ làm tăng kích thước thiết bị. Dùng thép mỏng hơn để giảm dòng xoáy.
- Ngoài ra để tối ưu hiệu suất sử dụng máy điện, cần chọn máy điện phù hợp với ứng dụng cụ thể, về cả công suất và hiệu suất.



## Ôn tập

Kiểm tra cuối kỳ (60%)

-Sử dụng tài liệu

-Thời gian làm bài 120 phút

-5 câu (mỗi câu 2 điểm)

Mạch từ và nguyên lý biến đổi năng lượng điện cơ

Máy biến áp

Máy điện không đồng bộ

Máy điện đồng bộ

Máy điện một chiều