

CHƯƠNG 18

CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC VÀ CÁC DẠNG KHÁC CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Máy điện không đồng bộ ngoài chế độ làm việc chủ yếu là động cơ điện còn có thể làm việc ở chế độ máy phát điện và chế độ hãm. Những chế độ làm việc này tuy không thông dụng như động cơ điện nhưng cũng có vị trí nhất định của nó trong thực tiễn.

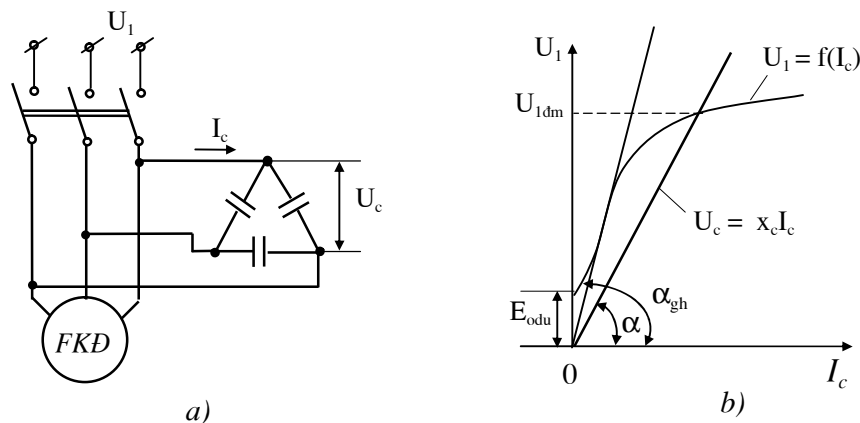
Máy điện không đồng bộ rôto dây quấn khi đứng yên còn dùng làm máy điều chỉnh cảm ứng, máy dịch pha, v.v... Ngày nay người ta dùng nhiều máy điện cực nhỏ theo nguyên lý của máy điện không đồng bộ trong các ngành tự động. Những máy này muôn hình muôn vẻ và công dụng của nó cũng rất đa dạng. Vì vậy trong chương này cũng chỉ nói sơ qua nguyên lý làm việc của một vài loại thông dụng.

18-1. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC ĐẶC BIỆT CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

18.1.1. Máy phát điện không đồng bộ làm việc song song với lưới điện

Khi máy điện không đồng bộ làm việc với lưới điện mà ta dùng động cơ sơ cấp kéo nó quay nhanh hơn tốc độ đồng bộ thì máy phát ra công suất tác dụng vào lưới, nhưng vẫn nhận công suất phản kháng từ lưới vào, một mặt để kích từ, mặt khác để cung cấp cho công suất phản kháng do từ tản trên stato và rôto gây nên. Cần chú ý rằng dòng điện không tải I_0 trong máy điện không đồng bộ lớn đến $20 \div 25\% I_{dm}$ (trong máy điện không đồng bộ nhỏ I_0 còn có thể lớn hơn). Như vậy, công suất phản kháng kích từ đã chiếm tới $20 \div 25\%$ công suất của máy phát. Việc tiêu thụ nhiều công suất phản kháng của lưới làm cho hệ số công suất của lưới kém đi. Đây chính là nhược điểm của máy điện không đồng bộ.

Tuy nhiên, máy phát điện không đồng bộ làm việc với lưới cũng có những ưu điểm như: mở máy và hoà vào lưới rất dễ dàng, hiệu suất vận hành cao vì vậy có thể dùng làm các nguồn hỗ trợ nhỏ.



Hình 18-1. Máy phát điện không đồng bộ tự kích

18.1.2. Máy phát điện không đồng bộ làm việc độc lập với lưới điện

Máy phát điện không đồng bộ có thể làm việc độc lập với lưới điện. Việc xác lập điện áp khi máy làm việc độc lập cần có một quá trình tự kích thích như trong máy điện một chiều kích thích song song. Căn cứ vào đồ thị véctor của máy phát điện không đồng bộ (hình 16-7b), I_0 vượt trước E_1 một góc 90° , nghĩa là máy phát phải phát ra một dòng điện điện dung mới có thể tự kích thích được. Vì vậy khi làm việc độc lập với lưới ta phải nối ở đầu cực máy một lượng điện dung C . Ngoài ra cũng giống như máy phát điện một chiều, điện áp ban đầu vẫn dựa vào sự tồn tại của từ dư (máy phải có từ dư). Nhờ s.đ.đ. do từ dư sinh ra E_{0dr} mà trong điện dung C có dòng điện điện dung làm cho từ thông được tăng cường. Điều kiện cuối cùng để xác lập điện áp là phải có đủ điện dung để cho đường đặc tính điện dung và đường từ hoá của máy phát giao nhau ở điểm làm việc định mức như ở hình 18-1b.

Đường thẳng tiếp tuyến với đoạn không bão hoà của đường từ hoá gọi là đường đặc tính điện dung giới hạn. Hệ số góc của đường thẳng đó lúc đó bằng:

$$\operatorname{tg} \alpha_{gh} = \frac{U_1}{I_0} = \frac{1}{\omega C_{gh}} \quad (18-1)$$

Do đó khi không tải muốn xác lập điện áp thì phải có:

$$\alpha < \alpha_{gh} \text{ hay } C > C_{gh} \quad (18-2)$$

nghĩa là điện dung mắc vào phải lớn hơn một trị số giới hạn.

Từ hình 18-1 cho thấy nếu tăng C thì góc α giảm và điện áp đầu cực U_1 tăng lên.

Trị số điện dung ba pha cần thiết để kích từ cho máy đạt đến điện áp định mức lúc không tải có thể tính theo công thức:

$$C_0 = \frac{\sqrt{3} I_m}{2 p f_1 U_1} \cdot 10^6 \text{ mF} \quad (18-3)$$

trong đó: I_m - dòng điện từ hoá, có thể coi gần bằng dòng điện không tải I_0 ;

U_1 - điện áp dây của máy;

f_1 - tần số của dòng điện phát ra, $f_1 = \frac{p n_1}{60} \approx \frac{p n}{60}$

Để tiết kiệm điện dung người ta thường đấu chúng thành Δ (hình 18-1a). Khi có tải phải luôn giữ tốc độ bằng tốc độ định mức. Nếu không giữ được tốc độ không đổi thì f_1 giảm xuống, đường đặc tính từ hoá thấp xuống, mặt khác $\operatorname{tg} \alpha$ của đường đặc tính điện dung tăng lên làm cho điện áp giảm hoặc mất ổn định.

Khi có tải thì do có điện kháng của tải và điện kháng tản từ của stato nên phải tăng thêm điện dung để đảm bảo giữ cho điện áp không đổi. Điện dung cần thiết để bù vào điện kháng tản từ của dây quấn stato vào khoảng $25\% C_0$. Điện dung bù vào điện kháng của tải có thể tính theo công thức sau:

$$C_1 = \frac{Q}{2 p f_1 U_1^2} \cdot 10^6 \text{ mF} \quad (18-4)$$

trong đó Q là công suất phản kháng của tải.

Từ trên ta thấy, trừ khi có thiết bị điều chỉnh tự động, nếu không thì khi tải thay đổi rất khó giữ điện áp và tần số không đổi. Ở tải thuần trở thì ảnh hưởng đối với tần số và điện áp còn ít, còn nếu tải có tính cảm, nhất là dùng nó để cung cấp điện cho động cơ điện không đồng bộ thì tình trạng trên càng xấu hơn.

Do điện dung tương đối đất nên thường hạn chế công suất của máy phát điện không đồng bộ dưới 20KW. Máy phát điện không đồng bộ tự kích thường là loại rôto lồng sóc vì cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo, làm việc chắc chắn.

Máy phát điện không đồng bộ làm việc độc lập có thể sử dụng ở những nơi yêu cầu chất lượng điện không cao lắm như trong quá trình điện khí hoá nông thôn hoặc dùng làm nguồn tạm thời với công suất nhỏ.

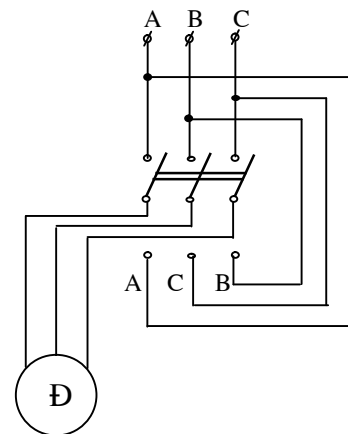
18.1.3. Các trạng thái hãm của máy điện không đồng bộ

Trong thực tế có trường hợp cần động cơ điện ngừng quay nhanh chóng và bằng phẳng khi cắt điện đưa vào động cơ điện, hoặc giảm bớt tốc độ như ở cầu trục lúc đưa hàng xuống hay trong các máy ở tàu điện. Để giải quyết các vấn đề trên người ta dùng các phương pháp hãm cơ hay điện. Dưới đây sẽ giới thiệu các phương pháp hãm bằng điện.

1. Phương pháp hãm đổi thứ tự pha

Như đã trình bày ở chương 15, khi $s > 1$, nghĩa là rôto quay ngược chiều với từ trường quay thì động cơ điện làm việc ở chế độ hãm. Ta ứng dụng nguyên lý đó như sau:

Khi động cơ điện đang làm việc rôto quay cùng chiều từ trường quay. Sau khi ngắt điện, muốn động cơ ngừng quay nhanh chóng, ta đóng cầu dao về phía khác để đổi thứ tự pha đặt vào stato (hình 18-2). Do quán tính của phần quay, rôto vẫn quay theo chiều cũ trong khi từ trường quay do đổi thứ tự pha - đã quay ngược lại nên động cơ chuyển sang chế độ hãm, mômen điện từ sinh ra có chiều ngược với chiều quay của rôto và có tác dụng hãm nhanh chóng và bằng phẳng tốc độ quay của máy.



Hình 18-2. Hãm đổi thứ tự pha động cơ điện không đồng bộ

Trong quá trình hãm như vậy, dòng điện trong máy sẽ rất lớn. Để giảm dòng điện, có thể đổi nối dây quấn stato từ Δ (lúc làm việc) sang Y, hay ở động cơ điện rôto dây quấn có thể nối

thêm điện trở vào mạch dây quấn rôto, như vậy giảm được dòng điện và tăng mômen hãm. Khi rôto ngừng quay phải cắt ngay điện nếu không động cơ sẽ quay theo chiều ngược lại.

2. Phương pháp hãm đổi thành máy phát điện

Muốn thực hiện phương pháp hãm này, cần đổi động cơ điện sang chế độ máy phát điện, tức là tốc độ từ trường quay bé hơn tốc độ rôto nhưng vẫn cùng chiều.

Khi làm việc ở chế độ động cơ điện, tốc độ rôto gần bằng tốc độ đồng bộ ($s = 3 \div 8\%$) cho nên khi hãm cần đổi nối làm tăng số đôi cực của dây quấn phân ứng lên, lúc đó tốc độ của rôto sẽ cao hơn tốc độ từ trường quay sau khi đổi nối, động cơ sẽ

trở thành máy phát điện trả năng lượng về nguồn, đồng thời sinh ra mômen hãm động cơ lại.

Như vậy theo phương pháp này động cơ phải có dây quấn đổi được số đôi cực và làm việc bình thường với số đôi cực bé nhất.

Ví dụ, khi làm việc như động cơ, rôto quay 2890 *vg/ph* ứng với số đôi cực của stato là $p = 1$. Khi hãm, đổi số đôi cực của stato thành $p = 2$, tốc độ từ trường quay còn 1500 *vg/ph*, lúc đó tốc độ rôto lớn hơn tốc độ từ trường quay ($2890 > 1500$ *vg/ph*) nên động cơ trở thành máy phát điện.

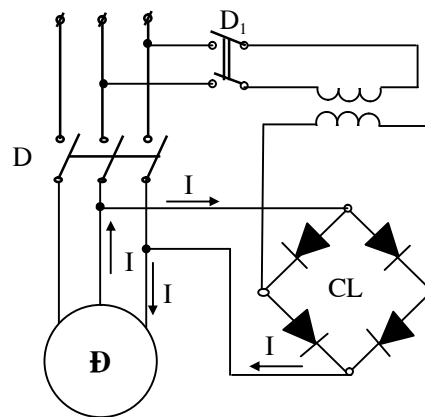
Để tăng mômen lúc hãm, nhiều khi cho phép tăng điện áp hãm vào dây quấn stato bằng cách đổi từ cách nối Y sang nối Δ .

3 Phương pháp hãm động năng

Ở phương pháp này, sau khi cắt nguồn điện vào động cơ điện bằng cầu dao D (hình 18-3). Lập tức đóng cầu dao D_1 đưa điện một chiều vào dây quấn stato. Dòng điện một

chiều lấy từ bộ chỉnh lưu CL đi qua dây quấn stato tạo thành từ trường một chiều trong động cơ. Rôto do có quán tính nên nó vẫn quay trong từ trường đó và trong dây quấn rôto cảm ứng nên s.đ.đ. và dòng điện cảm ứng tác dụng với từ trường nói trên tạo thành mômen điện từ chống lại chiều quay của động cơ.

Ở loại động cơ điện rôto dây quấn, thường cho thêm điện trở vào rôto để tăng mômen hãm. Điều chỉnh mômen hãm bằng cách điều chỉnh điện áp một chiều đặt vào dây quấn stato. Trên thực tế quá trình hãm theo phương pháp này thường được tiến hành tự động.



Hình 18-3. Hãm động năng động cơ điện không đồng bộ

18-2. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

18.2.1. Đại cương

Động cơ không đồng bộ một pha thường được dùng trong các dụng cụ, thiết bị sinh hoạt và công nghiệp, công suất từ vài oát đến vài trăm oát và nối vào lưới xoay chiều một pha. Do nguyên lý mở máy khác nhau và yêu cầu tính năng khác nhau mà có những kết cấu khác nhau, nhưng nói cho cùng vẫn có thể quy về một kết cấu cơ bản giống như một động cơ điện ba pha, chỉ khác là trên stato có hai dây quấn: dây quấn chính (hay dây quấn làm việc) và dây quấn phụ (hay dây quấn mở máy). Rôto thường là lồng sóc.

Dây quấn chính được nối với lưới điện trong suốt quá trình làm việc, còn dây quấn phụ thường chỉ nối vào khi mở máy, khi tốc độ đạt đến $75 \div 80\%$ tốc độ đồng bộ thì dùng bộ ngắt điện kiểu ly tâm cắt dây quấn phụ ra khỏi lưới điện. Có loại động cơ sau

khi mở máy dây quấn phụ vẫn nối vào lưới, đó là loại động cơ điện một pha kiểu điện dung.

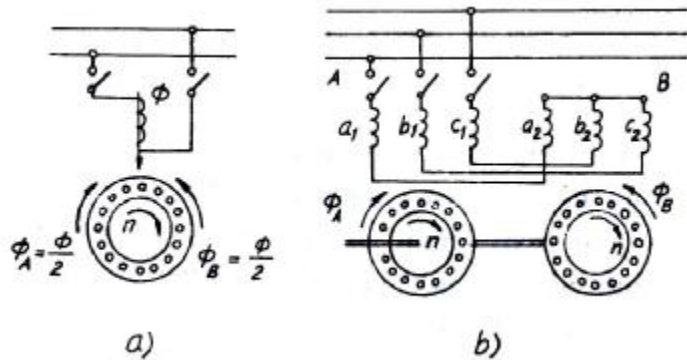
So với động cơ điện không đồng bộ ba pha cùng kích thước, công suất của động cơ điện một pha chỉ bằng 70% công suất của động cơ điện ba pha, nhưng do động cơ điện một pha có khả năng quá tải thấp nên trên thực tế, trừ động cơ điện kiểu điện dung ra, công suất của động cơ điện một pha chỉ bằng 40 ÷ 50% công suất động cơ điện ba pha.

18.2.2. Nguyên lý làm việc

Đặt dây quấn làm việc vào điện áp một pha thì dòng điện trong dây quấn sẽ sinh ra từ trường đập mạch Φ . Từ trường này có thể phân tích thành hai từ trường quay ngược chiều nhau Φ_A và Φ_B có tốc độ bằng nhau và biên độ bằng một nửa biên độ của từ trường đập mạch (hình 18-4a). Như vậy, có thể xem động cơ điện một pha tương đương như một động cơ điện ba pha mà dây quấn stato gồm hai phần giống nhau mắc nối tiếp và tạo thành các từ trường quay theo hai chiều ngược nhau (hình 18-4b). Tác dụng của các từ trường quay thuận, quay nghịch đó với dòng điện ở rôto do chúng sinh

ra tạo thành hai mômen M_A và M_B quay ngược chiều nhau. Do đó khi rôto đứng yên ($s = 1$) thì hai mômen đó bằng nhau và ngược chiều nhau cho nên mômen quay tổng bằng không.

Nếu ta quay rôto của động cơ điện theo một chiều nào đó (ví dụ theo chiều quay của từ trường dây quấn A ở hình 18-4a) với tốc độ n thì tần số của sức điện động, dòng điện cảm ứng ở rôto



Hình 18-4. Nguyên lý làm việc của động cơ điện không đồng bộ một pha

do từ trường quay thuận Φ_A sinh ra sẽ là:

$$f_{2A} = \frac{p(n_1 - n)}{60} = \frac{pn_1}{60} \left(\frac{n_1 - n}{n_1} \right) = sf_1 \quad (18-5)$$

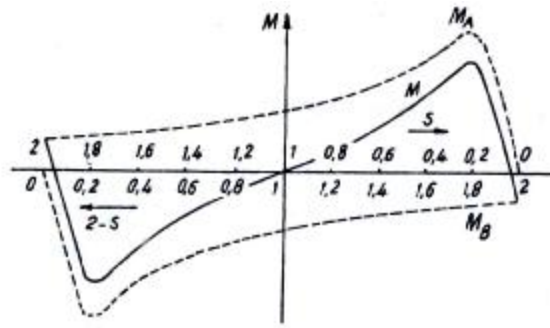
Còn đối với từ trường quay ngược Φ_B thì tần số sinh ra sẽ là:

$$f_{2B} = \frac{p(n_1 + n)}{60} = \frac{pn_1}{60} \left(\frac{2n_1 - (n_1 - n)}{n_1} \right) = (2 - s)f_1 \quad (18-6)$$

ở đây $(2-s)$ chính là hệ số trượt của rôto đối với từ trường Φ_B .

Như vậy, khi $0 < s < 1$ đối với từ trường Φ_A máy làm việc ở chế độ động cơ điện, còn đối với từ trường Φ_B , do hệ số trượt của rôto đối với từ trường đó bằng $(2-s) > 1$ nên máy sẽ làm việc trong chế độ hãm. Ngược lại, khi $1 < s < 2$, tức là khi rôto quay theo chiều của từ trường dây quấn B thì hệ số trượt đối với từ trường này sẽ là $0 < (2-s) < 1$, lúc đó đối với từ trường Φ_B máy làm việc ở chế độ động cơ còn đối với từ trường Φ_A thì sẽ ở chế độ hãm.

Cho rằng các mômen có trị số dương khi chúng tác dụng theo chiều của từ trường Φ_A , ta sẽ được các đường cong M_A và M_B của dây quấn A, B và mômen tổng như hình 18-5. Từ ý nghĩa vật lý và hình 18-5 ta thấy: đường đặc tính mômen của động cơ điện không đồng bộ một pha có tính chất đối xứng, cho nên nó có thể quay bất cứ chiều nào. Chiều quay thực tế của động cơ điện một pha chủ yếu phụ thuộc vào chiều quay của bộ phận mở máy.



Hình 18-5. Đặc tính $M = f(s)$ của động cơ điện không đồng bộ một pha

Cũng từ hình 18-5 thấy năng lực quá tải của động cơ điện một pha nhỏ hơn động cơ điện ba pha, đồng thời khác với động cơ điện ba pha, mômen cực đại M_{max} của động cơ điện một pha phụ thuộc vào điện trở r_2' . Đó là vì khi r_2' tăng, mặc dù M_{max} do từ trường thuận sinh ra không đổi nhưng hệ số trượt s_{Am} ứng với M_{Amax} tăng lên, đồng thời ở chế độ trượt đó, M_B do từ trường nghịch sinh ra cũng tăng lên nên mômen cực đại của động cơ giảm đi. Mômen cực đại thay đổi theo r_2' được biểu thị trên hình 18-6.

Mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ một pha có thể xây dựng theo nguyên lý về mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ ba pha.

Như đã nêu ở trên, máy điện không đồng bộ một pha có thể coi như gồm hai dây quấn ba pha nối tiếp với nhau và sinh ra từ trường quay ngược chiều nhau nên phương trình cân bằng về sức điện động ở dây quấn stato là:

$$\underline{E}_1 = -\underline{E}_{1A} - \underline{E}_{1B} + \underline{I}_1(r_1 + jx_1) \quad (18-7)$$

trong đó:

\underline{E}_{1A} - s.đ.đ. sinh ra bởi tổng hợp từ trường

thuận phân tĩnh với từ trường phân quay;

\underline{E}_{1B} - s.đ.đ. sinh ra bởi tổng hợp từ trường ngược phân tĩnh với từ trường phân quay;

r_1, x_1 - điện trở và điện kháng tản của dây quấn phân tĩnh.

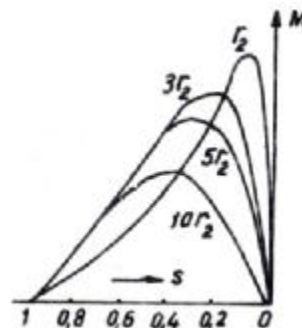
Giống như máy điện không đồng bộ ba pha, ta có:

$$\left. \begin{aligned} \underline{E}_{1A} &= -\underline{I}_{OA} Z_m \\ \underline{E}_{1B} &= -\underline{I}_{OB} Z_m \end{aligned} \right\} \quad (18-8)$$

trong đó:

$Z_m = r_m + jx_m$ - tổng trở mạch kích từ ;

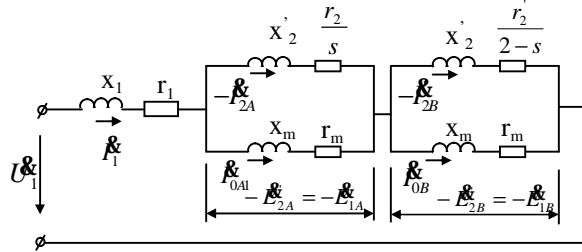
$\underline{I}_{OA}, \underline{I}_{OB}$ - dòng từ hoá sinh ra từ trường thuận Φ_A và nghịch Φ_B .



Hình 18-6. Ảnh hưởng của điện trở mạch rôto đối với mômen của động cơ không đồng bộ một pha

Ở mạch rôto ta có phương trình cân bằng về s.d.đ:

$$\left. \begin{aligned} \underline{\mathcal{E}}_{2A} &= \underline{\mathcal{E}}_{2A} \left(\frac{r_2'}{s} + jx_2' \right) = \underline{\mathcal{E}}_{1A} \\ \underline{\mathcal{E}}_{2B} &= \underline{\mathcal{E}}_{2B} \left(\frac{r_2'}{2-s} + jx_2' \right) = \underline{\mathcal{E}}_{1B} \end{aligned} \right\} \quad (18-9)$$



Hình 18-7. Mạch điện thay thế động cơ điện không đồng bộ một pha

trong đó r_2' và x_2' là điện trở và điện kháng tản đã quy đổi của dây quấn rôto và không xét đến ảnh hưởng của tần số.

Về phương trình cân bằng s.t.đ, ta có:

$$\left. \begin{aligned} \underline{\mathcal{E}}_1 &= \underline{\mathcal{E}}_{0A} + (-\underline{\mathcal{E}}_{2A}) \\ \underline{\mathcal{E}}_1 &= \underline{\mathcal{E}}_{0B} + (-\underline{\mathcal{E}}_{2B}) \end{aligned} \right\} \quad (18-10)$$

Dựa vào các phương trình trên có thể xây dựng mạch điện thay thế như ở hình 18-7. Theo mạch điện thay thế có thể viết:

$$\left. \begin{aligned} \underline{\mathcal{E}}_{2A} &= \underline{\mathcal{E}}_{1A} = \underline{\mathcal{E}}_1 \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_{2A}'}} \\ \underline{\mathcal{E}}_{2B} &= \underline{\mathcal{E}}_{1B} = \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_{2B}'}} \end{aligned} \right\} \quad (18-11)$$

trong đó: $Z_{2A}' = \frac{r_2'}{s} + jx_2'$; $Z_{2B}' = \frac{r_2'}{2-s} + jx_2'$.

Khi rôto đứng yên, $s = 1$ thì $\frac{r_2'}{s} = \frac{r_2'}{2-s}$ nên $Z_{2A}' = Z_{2B}'$. Vì vậy ta có $\underline{\mathcal{E}}_{1A} = \underline{\mathcal{E}}_{1B}$ nên từ thông sinh ra các s.d.đ. đó cũng bằng nhau $\Phi_A = \Phi_B$, do đó từ trường tổng là từ trường đập mạch, động cơ điện không quay được.

Khi $s < 1$ thì $\frac{r_2'}{s} < \frac{r_2'}{2-s}$ nên $Z_{2B}' < Z_{2A}'$. Vì vậy $\underline{\mathcal{E}}_{1A} > \underline{\mathcal{E}}_{1B}$ nên ta có $\Phi_A > \Phi_B$, do đó từ trường tổng không phải là từ trường đập mạch nữa mà là từ trường quay hình elíp và quay với tốc độ đồng bộ, do đó động cơ điện quay được.

Mômen của động cơ điện không đồng bộ một pha bằng tổng hai mômen do từ trường thuận M_A và nghịch ($-M_B$) sinh ra:

$$M = M_A + (-M_B) \quad (18-12)$$

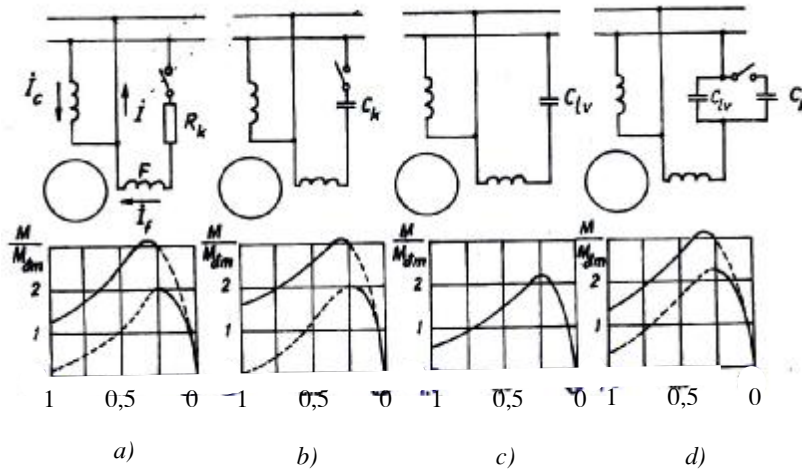
trong đó: $M_A = \frac{1}{w} I_{2A}'^2 \frac{r_2'}{s}$; $M_B = \frac{1}{w} I_{2B}'^2 \frac{r_2'}{2-s}$

và
$$M = \frac{1}{w} \left(I_{2A}'^2 \frac{r_2'}{s} - I_{2B}'^2 \frac{r_2'}{2-s} \right)$$

18.2.3. Phương pháp mở máy và các loại động cơ điện một pha

Như trên đã phân tích, ta thấy nếu chỉ có một dây quấn chính thì động cơ một pha không thể tự mở máy được vì mômen mở máy bằng không.

Muốn động cơ tự mở máy cần thêm dây quấn mở máy. Từ trường của dây quấn mở máy sẽ cùng với từ trường dây quấn chính hợp thành một từ trường quay tạo nên mômen mở máy ban đầu. Muốn vậy, tốt nhất dây quấn mở máy cần lệch với dây quấn chính một góc 90^0 trong không gian và dòng điện trong hai dây quấn đó phải lệch pha nhau một góc 90^0 về thời gian. Có thể tạo nên sự lệch pha giữa dòng điện trong dây quấn chính và dòng điện trong dây quấn mở máy bằng cách nối mạch điện dây quấn mở máy với một điện cảm hay thường là điện dung (hình 18-8b). Lúc đó dòng điện trong dây quấn mở máy I_f vượt trước điện áp lưới, làm cho góc pha giữa dòng điện trong dây chính I_c và I_f lệch nhau một góc gần bằng 90^0 (hình 18-9). Nhờ vậy trong khe hở của máy sinh ra một từ trường quay đảm bảo có mômen mở máy tương đối lớn.

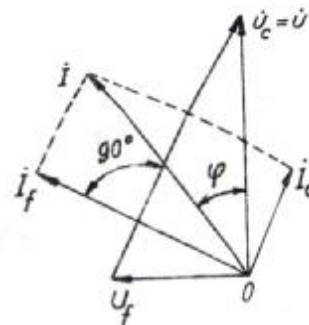


Hình 18-8. Các phương pháp mở máy và các loại động cơ điện không đồng bộ một pha

Khi máy đã quay, ta dùng bộ ngắt điện kiểu ly tâm cắt dây quấn mở máy ra khỏi nguồn điện. Động cơ điện mở máy kiểu này gọi là động cơ điện mở máy bằng điện dung.

Trên dây quấn phụ có thể đấu điện trở để tạo mômen mở máy (hình 18-8a). Lúc đó dòng I_c và I_f cũng có một góc lệch pha nhất định, nhưng mômen mở máy của loại động cơ này tương đối nhỏ. Dùng phương pháp này thực tế chỉ cần tính toán sao cho bản thân dây quấn phụ có điện trở tương đối lớn là được, không cần thêm điện trở ngoài nên kết cấu của động cơ đơn giản. Động cơ điện kiểu này gọi là động cơ điện mở máy bằng điện trở.

Dây quấn phụ đấu nối tiếp với điện dung có thể thiết kế để làm việc lâu dài trên lưới điện sau khi mở máy mà không cần ngắt ra. Nhờ vậy bản thân động cơ điện được coi như động cơ điện hai pha. Loại này có đặc tính



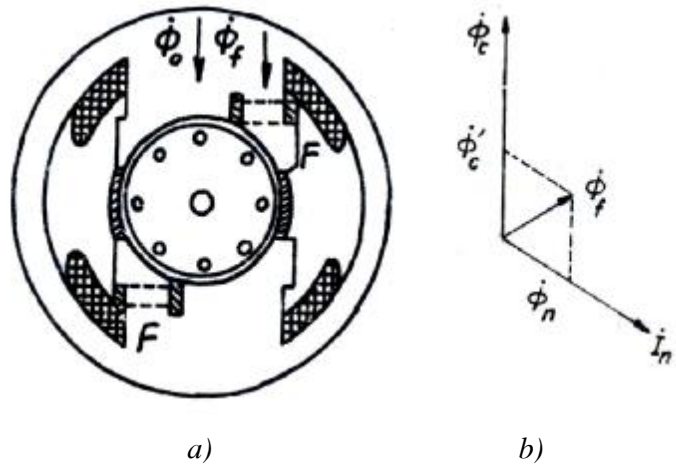
Hình 18-9
Đồ thị vectơ động cơ điện không đồng bộ một pha mở máy bằng điện dung

làm việc tốt, năng lực quá tải lớn, hệ số công suất của máy được cải thiện (hình 18-8c).

Do khi mở máy dây quấn mở máy cần nhiều điện dung hơn khi làm việc, nên thường dùng bộ ngắt điện kiểu ly tâm cắt bớt điện dung sau khi mở máy ra (hình 18-8d). Động cơ điện lúc mở máy và làm việc đều cần điện dung gọi là động cơ điện kiểu điện dung.

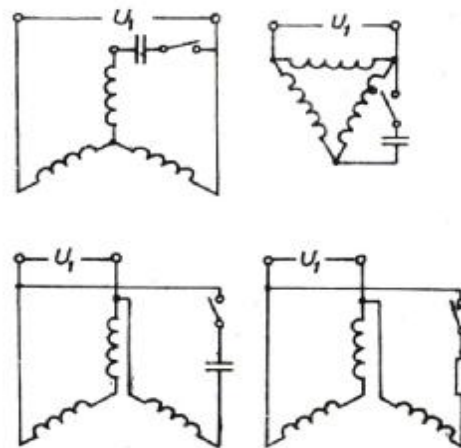
Những động cơ điện một pha công suất nhỏ mở máy không tải hay tải nhẹ thường dùng dùng kiểu vòng ngắn mạch để mở máy. Vòng ngắn mạch F đặt trên cực từ và đóng vai trò cuộn dây phụ (hình 18-10a). Vòng ngắn mạch ôm lấy khoảng 1/3 cực từ. Khi đặt điện áp vào cuộn dây chính để mở máy, dây quấn này sẽ sinh ra một từ trường đập mạch Φ_c . Một phần của từ trường này Φ_c' đi qua vòng ngắn mạch. Trong vòng ngắn mạch sẽ sinh ra dòng điện ngắn mạch I_n , dòng điện I_n sinh ra từ thông Φ_n . Từ thông tác

dụng với Φ_c' để sinh ra từ thông phụ Φ_f đi qua vòng ngắn mạch (hình 18-10b). Kết quả là dưới phần cực từ không có vòng ngắn mạch có từ thông $\Phi_c - \Phi_c'$ đi qua, còn trong vòng ngắn mạch có Φ_f đi qua. Giữa chúng có một góc pha nhất định về thời gian và góc lệch về không gian tạo nên một từ trường quay và máy có mômen ban đầu làm động cơ quay. Động cơ này được dùng rộng rãi vì kết cấu đơn giản vận hành chắc chắn.



Hình 18-10
Sơ đồ động cơ điện không đồng bộ một pha có vòng ngắn mạch (a) và đồ thị véc tơ về từ thông (b)

Có nhiều trường hợp dùng động cơ điện ba pha ở lưới điện một pha. Lúc đó chỉ cần đặt điện áp một pha vào hai dây quấn pha nối tiếp, dây quấn pha còn lại được nối thêm điện dung làm thành dây quấn mở máy (hình 18-11) để mở máy và tăng cường mômen lúc làm việc. Kinh nghiệm tính toán cho thấy, đổi động cơ điện ba pha thành động cơ điện một pha kiểu điện dung thì đặc tính của động cơ điện một pha có kém đi, giá tiền điện dung đắt, do đó thường đổi động cơ điện ba pha công suất không quá 1,7KW thành động cơ điện một pha kiểu điện dung.



Hình 18-11. Một vài phương pháp mở máy động cơ điện ba pha trên lưới điện một pha

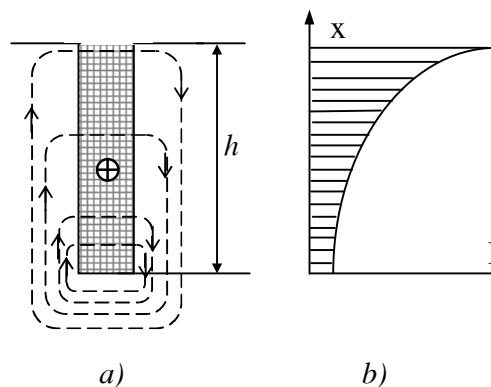
18.3. ĐỘNG CƠ ĐIỆN KĐB ỨNG DỤNG HIỆU ỨNG MẶT NGOÀI Ở DÂY QUẤN RÔTO LỒNG SÓC

Kết cấu động cơ điện lồng sóc đơn giản, làm việc chắc chắn, có đặc tính làm việc tốt nhưng đặc tính mở máy của nó không được như của động cơ điện rôto dây quấn. Dòng điện mở máy thường lớn mà mômen mở máy lại không lớn lắm. Để cải thiện đặc tính mở máy của động cơ điện rôto lồng sóc, người ta đã chế tạo ra nhiều kiểu đặc biệt trong đó hiện nay dùng nhiều nhất là động cơ điện rôto rãnh sâu và rôto hai lồng sóc (hay lồng sóc kép). Những động cơ điện loại này ngoài hình dạng đặc biệt của rãnh rôto ra, những kết cấu khác hoàn toàn giống như động cơ điện rôto lồng sóc thường. Mặc dù loại động cơ điện này có vài đặc tính làm việc hơi xấu hơn so với động cơ điện thường, nhưng vì cải thiện được đặc tính mở máy nên vẫn được dùng rộng rãi.

18.3.1. Động cơ điện rôto rãnh sâu

Động cơ điện rôto rãnh sâu lợi dụng hiện tượng từ thông tản trong rãnh rôto gây nên hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện để cải thiện đặc tính mở máy. Để tăng hiệu ứng mặt ngoài, rãnh rôto có hình dáng vừa hẹp, vừa sâu, thường tỷ lệ giữa chiều cao và chiều rộng rãnh vào khoảng $10 \div 12$. Thanh dẫn đặt trong rãnh có thể coi như gồm nhiều thanh dẫn nhỏ đặt xếp lên nhau theo chiều cao và hai đầu được nối ngắn mạch lại bởi hai vành ngắn mạch, vì vậy điện áp hai đầu các mạch song song đó bằng nhau, do đó sự phân phối dòng điện trong các mạch phụ thuộc vào điện kháng tản

của chúng. Khi mở máy, lúc đầu dòng điện dây quấn rôto có tần số lớn nhất (bằng tần số lưới f_1), từ thông tản cũng biến thiên theo tần số đó và phân bố như hình 18-12a. Ở đáy rãnh từ thông mọc vòng tản nhiều nhất, càng lên phía miệng rãnh từ thông tản càng ít đi, do đó điện kháng tản ở đáy rãnh lớn và ở miệng rãnh thì nhỏ, vì vậy dòng điện sẽ tập trung lên phía miệng rãnh. Sự phân bố dòng điện theo chiều cao của rãnh như ở hình 18-12b. Kết quả của việc dòng điện tập trung lên trên coi như tiết diện tác dụng của dây dẫn bị nhỏ đi, điện trở rôto tăng lên và như vậy làm cho mômen mở máy tăng lên. Mặt khác dòng điện tập trung lên trên



Hình 18-12. Sự phân bố từ trường tản và dòng điện trong rãnh sâu của động cơ lồng sóc lúc mở máy.

cũng làm giảm tổng từ thông mọc vòng đi một ít, nghĩa là x_2 sẽ nhỏ đi.

Hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện mạnh hay yếu phụ thuộc vào tần số và hình dáng của rãnh, vì vậy khi mở máy, tần số cao, hiệu ứng mặt ngoài mạnh. Khi tốc độ máy tăng lên, tần số dòng điện rôto giảm xuống nên hiệu ứng mặt ngoài giảm đi, dòng điện dần dần phân bố lại đều đặn, vì vậy điện trở rôto r_2 coi như nhỏ trở lại, điện kháng tản của rôto x_2 tăng lên, đến khi máy làm việc bình thường thì do tần số dòng điện rôto thấp (khoảng $2 \div 3$ Hz), hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài hầu như không có, do đó động cơ điện rãnh sâu trên thực tế có đặc tính làm việc như các máy loại thông thường.

Cần chỉ rõ rằng hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện rôto cũng tồn tại trong máy điện rôto lồng sóc loại thường, nhưng vì rãnh không sâu nên ảnh hưởng không rõ rệt.

Động cơ điện rôto rãnh sâu ở điện áp định mức thường có dòng điện mở máy và mômen mở máy nằm trong phạm vi sau:

$$\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 4,5 \div 6,0 \quad \text{và} \quad \frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,0 \div 1,4$$

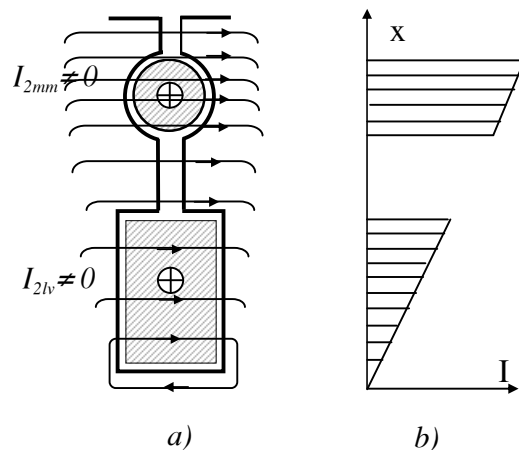
Hiệu suất của động cơ điện rôto rãnh sâu không khác động cơ điện thường là bao, chỉ có $\cos\varphi$ hơi thấp vì điện kháng tản rôto lớn hơn loại rãnh thường. Cũng vì lý do đó nên M_{max} cũng nhỏ hơn. Phạm vi công suất của loại động cơ điện này vào khoảng 50 đến 200 kW.

18.3.2. Động cơ điện hai lồng sóc

1. Nguyên lý làm việc

Động cơ điện loại này có hai lồng sóc ở rôto. Các thanh dẫn của lồng sóc phía ngoài có tiết diện nhỏ và thường làm bằng đồng thau có điện trở lớn. Các thanh dẫn ở lồng sóc phía trong có tiết diện lớn, làm bằng đồng đỏ để có điện trở nhỏ, nhưng do rãnh tương đối sâu, từ thông tản nhiều nên điện kháng tản lớn. Nếu hai lồng sóc đều đúc bằng nhôm thì mới có vòng ngắn mạch chung. Giữa hai lồng sóc có một khe hở nhỏ nối liền rãnh của lồng sóc ngoài với rãnh của lồng sóc trong để cho từ thông tản phân bố như ở hình 18-13, như vậy có thể làm cho tham số của rôto thoả mãn được yêu cầu cần thiết nhất định về tính năng mở máy của động cơ điện. Khi động cơ điện mở máy tần số rôto bằng tần số lưới điện, do điện kháng của lồng sóc trong lớn nên dòng điện chủ yếu tập trung ở lồng sóc ngoài. Ta có $I_{2mm} \gg I_{2lv}$ (trong đó ký hiệu "mm" chỉ lồng sóc ngoài; "lv" chỉ lồng sóc trong). Góc pha của hai dòng điện đó với s.d.d. E_2

phụ thuộc vào x_{mm}/r_{mm} và x_{lv}/r_{lv} . Do r_{mm} lớn, x_{mm} nhỏ còn r_{lv} nhỏ, x_{lv} lớn nên I_{mm} gần cùng pha với E_2 , còn I_{lv} chậm sau E_2 nhiều. Vì vậy khi mở máy lồng sóc ngoài sinh ra mômen lớn, có tác dụng chủ yếu nên gọi là lồng sóc mở máy. Khi làm việc bình thường thì hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện yếu hẳn đi, điện kháng của lồng sóc trong nhỏ lại, dòng điện lớn lên. Do I_{2mm} và I_{2lv} gần cùng pha với E_2 mà dòng điện lại tỷ lệ nghịch với điện trở nên $I_{lv} \gg I_{mm}$, nên lồng sóc trong chủ yếu sinh ra mômen, ta gọi đó là lồng sóc làm việc. Như vậy thực tế có thể coi động cơ điện có hai lồng sóc làm việc song song và đặc tính $M = f(s)$ của loại động cơ điện này có thể coi như là tổng hợp các đặc tính $M_1 = f(s)$ của hai lồng sóc. Thay đổi



Hình 18-13
Sự phân phối của từ trường tản (a)
và của dòng điện (b) trong động cơ
điện hai lồng sóc khi mở máy.

kích thước, dạng rãnh của hai lồng sóc và khe hở giữa hai lồng sóc, dùng vật liệu khác nhau để làm thanh dẫn có thể thay đổi tham số của hai lồng sóc để được đặc tính $M = f(s)$ theo ý muốn.

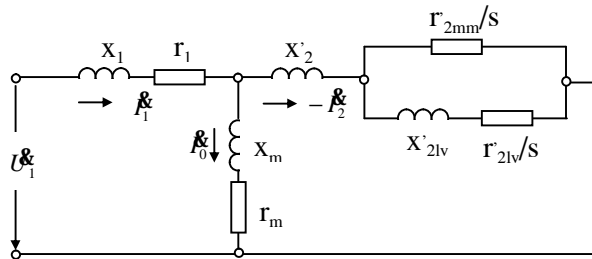
2. Mạch điện thay thế

Xét sự phân bố từ thông tản như trên hình 18-13 thì dòng điện ở lồng sóc trong I_{2lv} phần lớn sinh ra từ thông tản móc vòng lấy nó, ký hiệu là $\Phi_{\sigma lv}$, còn dòng điện trong rôto I_2 (bao gồm cả dòng điện ở lồng sóc ngoài I_{2mm} và dòng điện ở lồng sóc trong I_{2lv}) sinh ra từ thông móc vòng cho cả hai lồng sóc, ký hiệu là Φ_{σ} . Gọi điện kháng tản đã quy đổi ứng với hai loại từ thông tản trên là x'_{2lv} và x'_2 thì mạch điện thay thế sẽ như ở hình 18-14, trong đó r_{2lv} và r_{2mm} là điện trở lồng sóc làm việc và điện trở lồng sóc mở máy đã quy đổi.

Trong mạch điện thay thế phần mạch sơ cấp và phần mạch từ hóa giống như ở mạch điện thay thế của máy điện loại thông thường, điện kháng x'_2 tương ứng với từ thông Φ_{σ} ;

$\frac{r'_{2lv}}{s} + jx'_{2lv}$ là tổng trở đã quy đổi của lồng sóc trong khi có dòng điện I'_{2lv} đi qua;

$\frac{r'_{2mm}}{s}$ là điện trở đã quy đổi của lồng sóc ngoài khi có dòng điện I'_{2mm} đi qua.



Hình 18-14. Mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ rôto hai lồng sóc

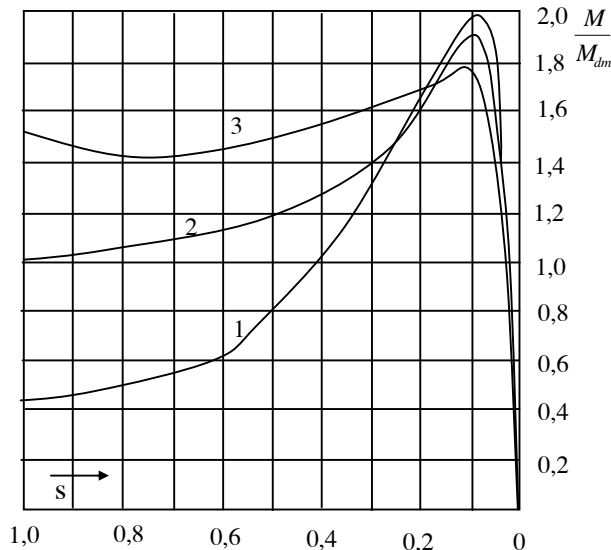
Dòng điện mở máy và mômen mở máy của động cơ điện hai lồng sóc ở điện áp định mức vào khoảng:

$$\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 4,0 \div 6,0$$

và
$$\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,2 \div 2,0$$

Do điện kháng tản của rôto lớn nên $\cos\phi$ thấp. So với loại rôto rãnh sâu thì động cơ điện loại này dùng nhiều kim loại màu hơn, nhưng có thể thiết kế đặc tính mở máy một cách linh hoạt hơn. Phạm vi công suất của động cơ điện rôto hai lồng sóc từ vài chục đến 1250 kW.

Đặc tính $M = f(s)$ của các loại động cơ điện thường, động cơ điện rãnh sâu và động cơ điện lồng sóc kép được trình bày trên hình 18-15.



Hình 18-15. Đặc tính $M = f(s)$ của động cơ điện không đồng bộ thường (1), rôto lồng sóc rãnh sâu (2) và rôto hai lồng sóc (3)

Câu hỏi

1. Vì sao máy phát điện không đồng bộ chỉ làm việc được khi trên lưới điện có máy đồng bộ hay có tụ điện? Phân tích quá trình làm việc của máy phát không đồng bộ ở hai trường hợp trên.
2. Giải thích nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ ở ba phương pháp hãm điện của động cơ không đồng bộ?
3. Nguyên lý làm việc của máy dịch pha và máy điều chỉnh cảm ứng. Hai loại máy này giống nhau và khác nhau ở những điểm nào? Có thể lấy động cơ điện không đồng bộ rôto dây quấn ra làm máy điều chỉnh pha và máy điều chỉnh cảm ứng được không?
4. Nguyên lý làm việc của máy biến đổi tần số.
5. Nguyên lý làm việc của hệ tự đồng bộ (xenxin).
6. Xenxin một pha so với xenxin ba pha có những ưu điểm gì?
7. Nguyên lý làm việc của máy phát đo tốc độ và của máy biến áp xoay.
8. Cấu tạo của động cơ không đồng bộ một pha, so sánh với động cơ ba pha.
9. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ một pha.
10. Các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ một pha.
11. Có thể đem động cơ ba pha dùng như động cơ một pha được không? Lúc đó công suất và mômen của động cơ sẽ thay đổi thế nào?
12. Vì sao hệ số công suất của động cơ lồng sóc rãnh sâu và hai lồng sóc thường nhỏ hơn so với của động cơ lồng sóc thường?
13. So sánh tính năng các loại động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc loại thường, rãnh sâu, hai lồng sóc và rôto dây quấn.