

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM
KHOA ĐIỆN
BỘ MÔN: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN
-----0-----
GVC-ThS. NGUYỄN TRỌNG THẮNG

GIÁO TRÌNH

MÁY ĐIỆN ĐẶC BIỆT



cuu duong than cong . com

TP. HCM Tháng 5 / 2006

CHƯƠNG 1

MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU ĐẶC BIỆT

1. Đại Cương

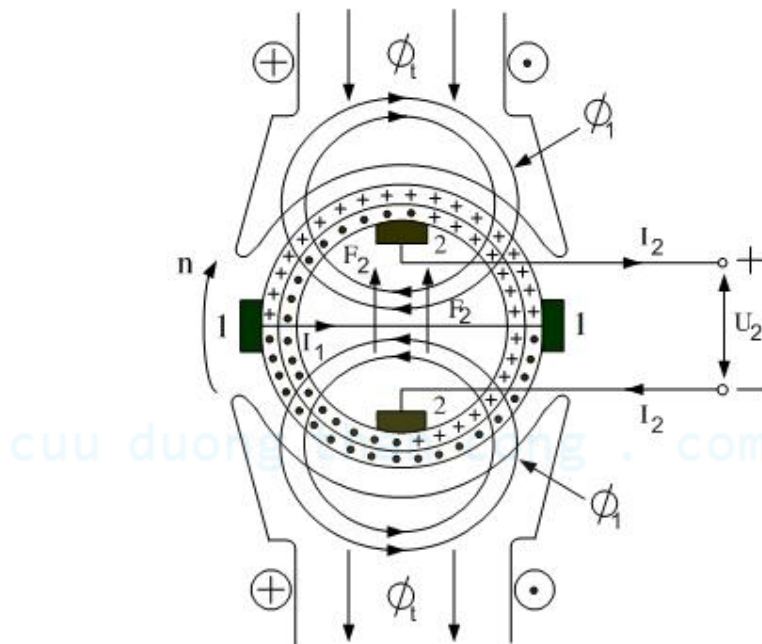
Máy điện một chiều chủ yếu được chế tạo thành động cơ hay máy phát điện, nhưng trong nhiều ngành kỹ thuật chuyên môn đặc biệt máy điện một chiều được chế tạo dưới nhiều dạng đặc biệt khác, nó được dùng trong kỹ thuật hàn, điện phân, kỹ thuật luyện kim. Trong các thiết bị cơ cấu tự động điều khiển xa, giao thông vận tải, trong thông tin liên lạc v.v...Tuỳ theo những lãnh vực kỹ thuật khác nhau mà thường có máy điện một chiều có những yêu cầu khác nhau. Thí dụ các máy sử dụng trong ngành tự động yêu cầu độ tin cậy cao, quán tính bé, công suất nhỏ. Trong kỹ thuật hàn, luyện kim thường yêu cầu dòng điện lớn v.v...

Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu sơ lược một vài loại máy điện một chiều đặc biệt được sử dụng rộng rãi trong thực tiễn bao gồm máy điện một chiều từ trường ngang, máy phát hàn điện và một số máy nhỏ dùng trong kỹ thuật đo lường và tự động.

2. Máy Điện Một Chiều Từ Trường Ngang

Máy điện một chiều từ trường ngang là máy điện một chiều có vành góp, dùng từ trường phản ứng phản ứng để cảm ứng dòng điện đưa ra tải. Như vậy trong đây quần phản ứng gồm có hai dòng điện : dòng điện thứ nhất tạo ra từ trường ngang và dòng điện thứ hai đưa ra dùng được tạo nên bởi từ trường ngang đó.

Cặp chổi than 1-1 đặt trên đường TTHH và được nối với nhau, cặp chổi than 2-2 đặt lệch 90° so với cặp chổi than 1-1 và nối với đầu dây ra của máy.



Hình 1.1 . Cấu tạo máy điện một chiều từ trường ngang.

Nguyên lý hoạt động:

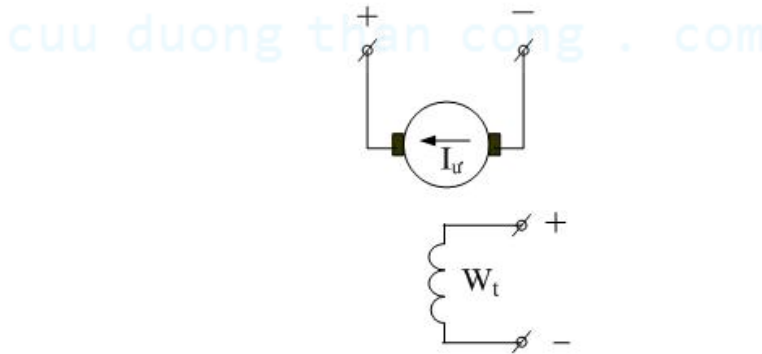
Giả sử, động cơ sơ cấp quay với tốc độ định mức $n = n_{dm}$ và cuộn dây kích thích được cấp điện áp U_{kt} . Khi đó, trong cuộn dây này xuất hiện từ thông Φ_t , từ thông này cảm ứng nên sức điện động E_1 ở hai đầu chổi than 1-1 của dây quấn phần ứng. Vì 1-1 ngắn mạch nên gây ra dòng I_1 khá lớn chảy trong dây quấn rôto, gây nên từ thông Φ_1 , dưới tác dụng của Φ_1 sẽ gây nên sđđ E_2 khá lớn, E_2 tạo nên điện áp U_2 và cung cấp ra ngoài một dòng điện I_2 nào đó.

2.1. Máy khuếch đại điện từ (MĐKĐ) :

Để không chế một đối tượng nào đó, tín hiệu có thể dẫn trực tiếp đến đối tượng điều khiển không cần qua hệ thống khuếch đại. Cũng có thể tín hiệu được qua bộ phận trung gian khuếch đại lên đưa đến đối tượng điều khiển.

Máy khuếch đại điện từ hay máy khuếch đại (MKĐ) là một trong các thiết bị trung gian nhận tín hiệu đưa đến đối tượng điều khiển nó có nhiệm vụ biến đổi một tín hiệu điện áp hay dòng điện nhỏ để không chế một công suất lớn.

Máy điện một chiều kích thích độc lập cũng có thể xem như là một mô hình của MĐKĐ, trong đó tín hiệu đầu vào là công suất kích thích P_t và tín hiệu đã được khuếch đại là công suất đưa ra P_{dm} ở đầu máy phát, nhưng vì $P_t = (1 \div 2)\% P_{dm}$, nên hệ số khuếch đại rất nhỏ ($k_{KD} = 50 \div 100$) nên máy phát điện kích thích độc lập không được dùng như MĐKĐ.



Hình 1.2. Sơ đồ nguyên lý máy điện một chiều kích từ độc lập.

Máy điện khuếch đại có k_{KD} rất lớn, vì có hai bậc khuếch đại :

$$k_{KD} = \frac{P_{ra}}{P_{vao}} = \frac{U_r \cdot I_r}{U_v \cdot I_v} = k_v \cdot k_i \quad (1.1)$$

Trong đó :

$$k_v = \frac{U_r}{U_v} : \text{hệ số KĐ điện áp.}$$

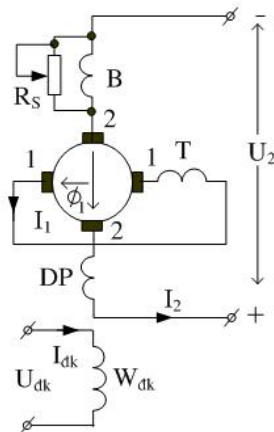
$$k_i = \frac{I_r}{I_v} : \text{hệ số KĐ dòng điện.}$$

Hiện nay có thể chế tạo MĐKĐ có $k_{KD} = 10.000 \div 100.000$. Chất lượng của MĐKĐ còn được đánh giá bởi khả năng tác động nhanh của nó, xác định bằng hằng số thời gian điện từ T của máy ($T = L/R$), thông thường $T = (0,05 \div 0,3)$ sec. Để xét cả hai yếu tố trên người ta thường dùng hệ số chất lượng :

$$k_{cl} = \frac{k_{KB}}{T} \quad (1.2)$$

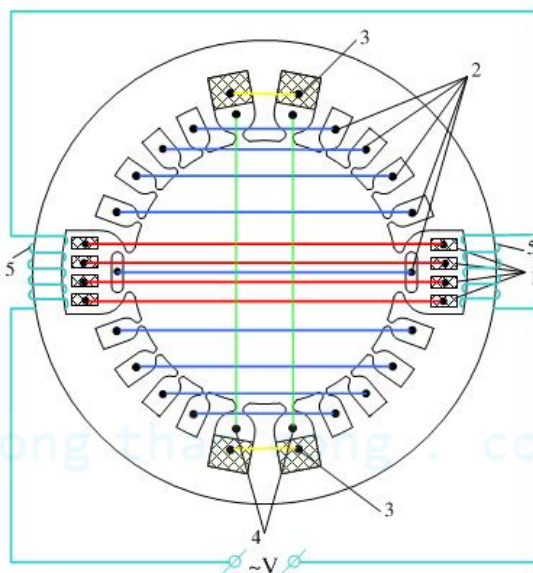
Sơ đồ của MĐKĐ được trình bày trên Hình 1.3. Nguyên lý làm việc được xét tương tự như máy đã xét ở Hình 1.1.

Ở đây s.t.đ F_2 do I_2 tạo ra hoàn toàn bị s.t.đ của cuộn bù B trung hoà nhờ đó công suất của tín hiệu đầu vào sẽ bé dẫn đến k_{KB} tăng. Biến trở R_s có công dụng hiệu chỉnh tác dụng của cuộn bù B. Cuộn trợ từ T cho phép hạ thấp dòng điện I_1 do đó cải thiện được vấn đề đổi chiều cho chổi than 1-1. Để cải thiện đổi chiều cho cặp chổi than 2-2 người ta đặt dây quấn phụ DP theo hướng dọc ở Hình 1.4.



Hình 1.3. Sơ đồ nguyên lý của MĐKĐ.

Để đặt các dây quấn nói trên, lá thép của Stator có dạng như hình sau :



Hình 1.4. Lõi thép Stator của MĐKĐ.

1. Dây quấn điều khiển, 2. Dây quấn bù, 3. Dây quấn cực từ phụ,
4. Dây quấn trợ từ, 5. Dây quấn khử từ trên mạch từ stator.

Nguyên lý làm việc của MĐKĐ

Tín hiệu được đặt vào dây quấn kích thích gọi là cuộn điều khiển.

Như vậy công suất ở mạch vào:

$$P_{dk} = U_{dk} \cdot I_{dk}$$

Dòng điện I_{dk} sinh ra từ thông dọc trục P_{dk} , P_{dk} gây nên sđđ E_1 ở 2 đầu chổi than 1-1. Vì 1-1 ngắn mạch nên gây ra dòng I_1 khá lớn chảy trong chổi than. Dòng I_1 gây nên từ thông P_1 , dưới tác dụng của P_1 sẽ gây nên sđđ E_2 khá lớn, E_2 tạo nên điện áp U_2 và cung cấp ra ngoài một dòng điện I_2 nào đó.

$$P_{dk} = U_{dk} \cdot I_{dk} \rightarrow P_1 = U_1 \cdot I_1 \rightarrow P_2 = U_2 \cdot I_2$$

Như vậy ta đã khống chế được công suất từ $P_{dk} \rightarrow P_2$ khá lớn.

Hệ số khuếch đại công suất :

$$k_p = \frac{P_2}{P_{dk}} = \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{P_1}{P_{dk}} = k_2 \cdot k_1 \quad (1.3)$$

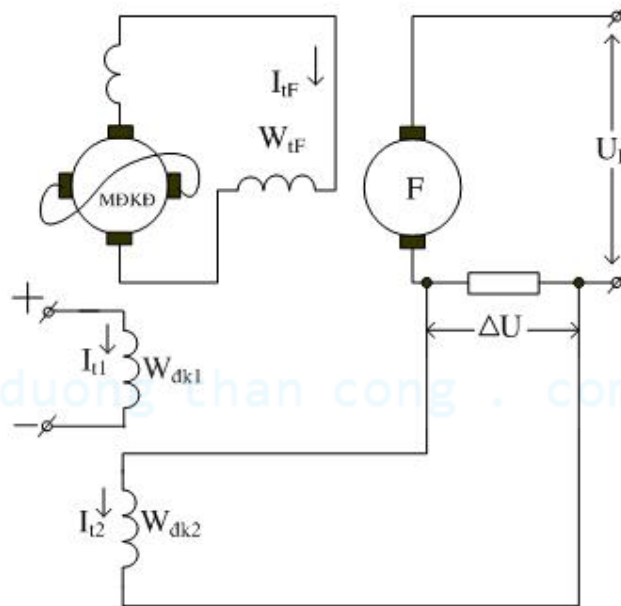
k_p có thể lên đến trị số $8000 \div 10000$.

MĐKĐ có thể dùng để duy trì điện áp, dòng điện hay duy trì tốc độ quay của một động cơ nào đó nhanh và nhạy.

Thí dụ để duy trì điện áp của máy phát điện một chiều không đổi người ta dùng MĐKĐ để cung cấp dòng điện kích thích cho máy phát một chiều.

Lấy tín hiệu bằng cách lấy điện áp trên điện trở ra của máy phát một chiều đưa về cuộn điều khiển hai của MĐKĐ. Sức từ động của cuộn một và hai cộng nhau.

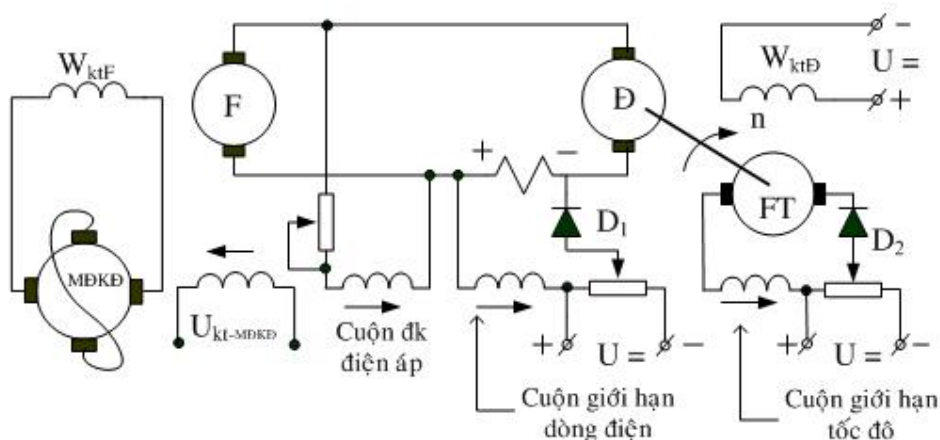
Ta đã biết, khi tải tăng thì điện áp của máy phát điện một chiều sẽ giảm do ε (phản ứng phản ứng) và điện áp rơi trên phần ứng. Để khắc phục tình trạng này người ta dùng sơ đồ sau để duy trì điện áp U_F của máy phát điện một chiều không đổi khi I tăng.



Hình 1.5. Sơ đồ mạch ứng dụng MĐKĐ ổn định điện áp máy phát điện.

Khi I tăng $\rightarrow \Delta U$ tăng $\rightarrow I_{t2}$ tăng $\rightarrow \phi_{\Sigma} = (\phi_1 + \phi_2)$ tăng $\rightarrow U$ MĐKĐ tăng $\rightarrow I_{tf}$ tăng $\rightarrow U_F$ tăng đến U ban đầu.

Hình 1.6 trình bày một ứng dụng của MĐKĐ dùng duy trì điện áp và tốc độ DC không đổi.



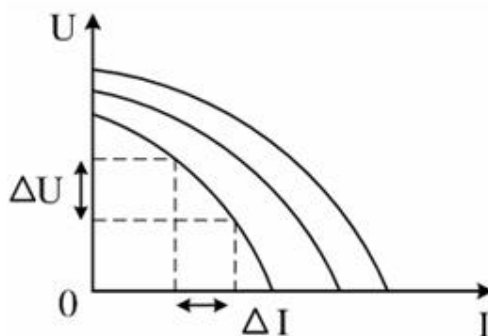
Hình 1.6. Sơ đồ nguyên lý mạch ứng dụng MĐKĐ.

Mạch có chức năng như sau :

Giữ : $U_D = \text{const.}, I \leq I_{dm}, n_{dm} = \text{const.}$

3. Máy Phát Điện Hàn

Muốn cho mỗi hàn có chất lượng cao, nhiệt lượng ở mỗi hàn và dòng điện sinh ra nhiệt lượng đó phải ổn định. Để đáp ứng được yêu cầu đó máy phát điện cần phải có đặc tính ngoài $U = f(I)$ có độ dốc cao.



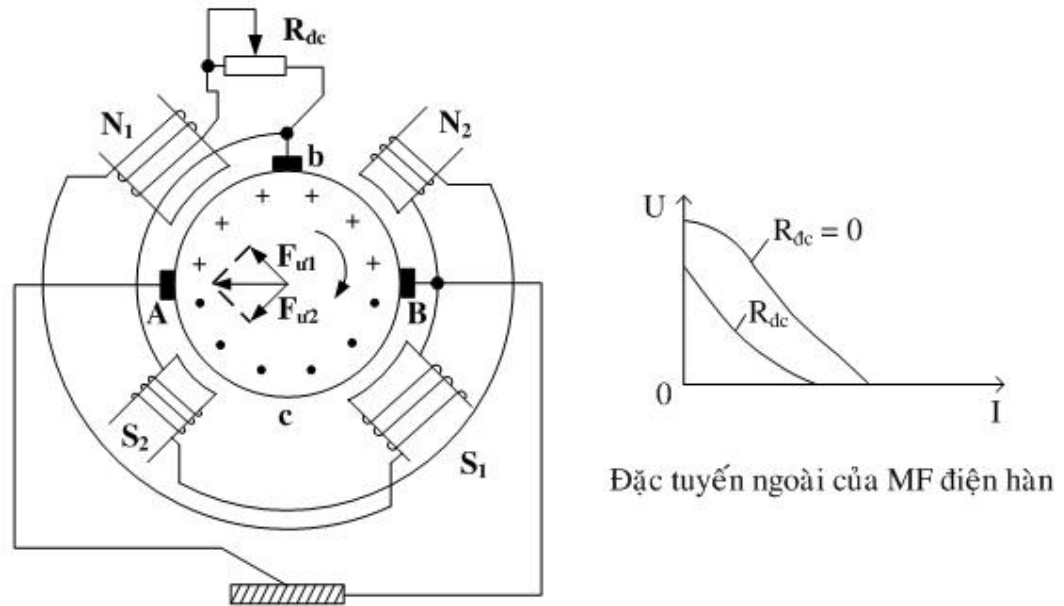
Hình 1.7. Đặc tính ngoài của máy phát điện hàn một chiều.

Máy phát điện hàn phải thỏa mãn các yêu cầu sau :

Duy trì được chế độ ngắn mạch khi người thợ hàn làm việc nối ngắn mạch các cực hàn (ví dụ khi nhóm cháy hồ quang).

Phải đảm bảo trị số dòng điện không đổi khi điện trở hồ quang thay đổi (chiều dài hồ quang thay đổi).

Để thực hiện được điều đó, đặc tuyến ngoài của máy phát điện phải thật dốc. Muốn có đặc tuyến trên, người ta chế tạo loại máy phát đặc biệt có sơ đồ cấu tạo như Hình 1.8.



Hình 1.8. Sơ đồ cấu tạo của máy phát hàn điện.

Máy gồm một đôi cực kép, trong đó N_1S_1 thường có mạch từ không bão hoà, còn N_2S_2 thì rất bão hoà.

Phần ứng của máy phát có thể xem như được chia làm 4 phần. Các phần Ac và Bb tạo nên phản ứng phản ứng khử từ đối với cặp cực từ N_1S_1 , còn các phần Ab và Bc tạo nên phản ứng phản ứng trợ từ đối với các cực N_2S_2 .

Như vậy khi I_r tăng từ thông các cực N_2S_2 hầu như không đổi do lõi thép của nó bị bão hoà. Kết quả là từ thông tổng $N_1N_2 - S_1S_2$ giảm nhanh làm cho điện áp đầu cực U_{AB} bị hạ thấp rất nhiều.

Chú ý rằng điện áp U_{AB} vẫn giữ không đổi khi I_r tăng vì từ thông của các cực N_2S_2 không đổi.

Ứng với các trị số khác nhau của R_{dc} ta có các đặc tính ngoài khác nhau như trên Hình 1.7.

4. Máy Điện Một Chiều Không Tiếp Xúc

Với sự phát triển của công nghệ bán dẫn, các nhà sản xuất máy điện đã chế tạo ra các loại máy điện một chiều không sử dụng vành góp và chổi than hay còn gọi là máy điện một chiều không tiếp xúc. Đặc điểm của loại máy điện này là làm việc tin cậy, không tạo tia lửa điện, không gây nhiễu và có tuổi thọ cao hơn so với các loại động cơ một chiều thông thường. Trong phần này sẽ trình bày loại động cơ này.

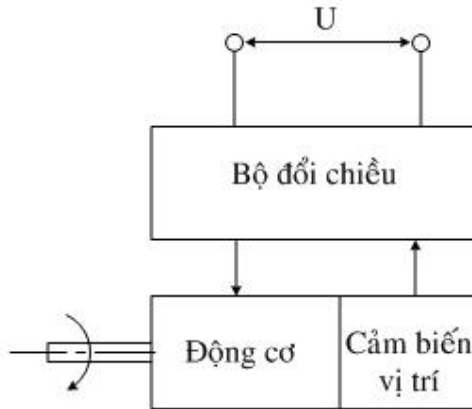
4.1. Cấu tạo.

Động cơ không tiếp xúc một chiều có cấu tạo từ ba thành phần chính sau :

1. Động cơ không tiếp xúc với cuộn ứng m – pha trên stato và rôto kích thích bằng nam châm vĩnh cửu.

2. Cảm biến vị trí rôto, đặt cùng vỏ máy với động cơ, thực hiện chức năng tạo ra tín hiệu điều khiển nhằm xác định thời điểm và thứ tự đổi chiều.

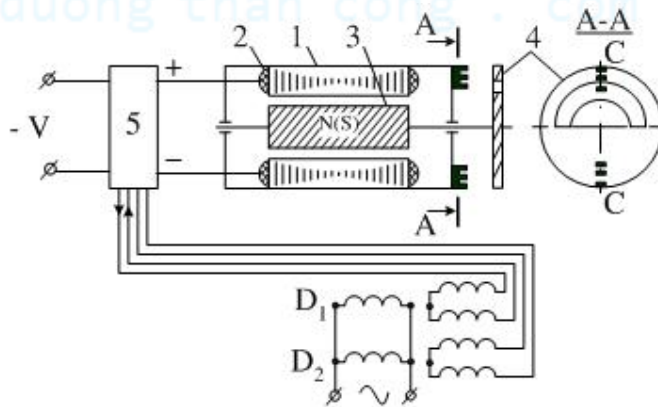
3. Bộ đổi chiều không tiếp xúc, thực hiện đổi chiều dòng điện trong cuộn ứng trên stato theo tín hiệu điều khiển của cảm biến vị trí rôto.



Hình 1.9. Sơ đồ cấu trúc động cơ một chiều không tiếp xúc .

4.2. Nguyên lý hoạt động.

Hình 1.10 trình bày sơ đồ nguyên lý của động cơ một chiều không chổi than, có một cuộn dây trên mạch stato.



Hình 1.10. Sơ đồ nguyên lý động cơ một chiều không chổi than.

1. Stato của động cơ.
2. Dây quấn trên stato.
3. Rôto loại nam châm vĩnh cửu, có hai cực.
4. Đĩa sắt từ, có dạng hình tròn khuyết và được đặt trên trục rôto.
5. Bộ phận đổi chiều không chổi than được cấu tạo bằng các linh kiện điện tử thực hiện đổi chiều dòng điện của các cuộn cảm trên stato động cơ theo tín hiệu điều khiển từ cảm biến vị trí.

D_1 , D_2 là các bộ cảm biến vị trí dạng từ trở thay đổi. Dùng xác định vị trí rôto (trục từ trường rôto) thông qua đĩa sắt từ.

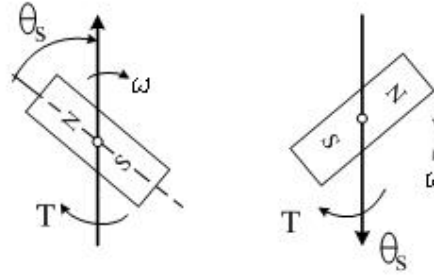
Hoạt động

Ở vị trí như hình vẽ, cảm biến vị trí D_1 nằm trong vùng khuyết của đĩa nên tạo ra sự thay đổi từ trở trên mạch từ ở hai cuộn dây ra của cảm biến vị trí. Sự thay đổi này tạo ra tín hiệu điều khiển bộ đổi chiều. Bộ đổi chiều sẽ đổi chiều điện áp đặt lên dây quấn stato (đổi chiều từ trường stato). Cực tính điện áp trên dây quấn stato có chiều như hình vẽ.

Khi vùng khuyết của đĩa trùng với cảm biến vị trí D_2 , nó sẽ tạo ra tín hiệu điều khiển bộ đổi chiều, bộ đổi chiều sẽ đảo cực tính điện áp đặt lên dây quấn stato. Chiều điện áp ngược chiều với hình vẽ.

Quá trình đổi chiều điện áp trên dây quấn stato phải đồng thời với sự thay đổi chiều cực từ rôto. Điều này đảm bảo chiều quay của mômen không đổi trong một vòng quay.

Hình 1.11 trình bày quá trình kết hợp đổi chiều của từ trường stato và từ trường rôto.



Hình 1.11. Quá trình đổi chiều từ trường stato và rôto.

Khi có dòng điện qua dây quấn stato, dưới sự tác động của từ trường rôto sẽ tạo ra mômen quay.

$$M = k \Phi_s \Phi_r \sin \theta \quad (1.4)$$

với :

k : hệ số máy không đổi.

Φ_s, Φ_r : từ thông cực từ stato và rôto.

θ : góc hợp bởi trục cực từ rôto và trục từ trường stato.

Khi mạch từ chưa bão hoà biểu thức trên có thể biểu diễn dưới dạng sau :

$$M = k_m I_s \sin \theta \quad (1.5)$$

với :

k_m : hệ số phụ thuộc từ trường rôto và cấu tạo stato.

I_s : dòng điện qua dây quấn stato.

Từ biểu thức (1.5) ta nhận thấy :

- Mômen quay có sự dao động theo góc quay θ .

- Ứng với vị trí góc θ làm cho mômen quay của động cơ nhỏ hơn mômen tĩnh trên trục động cơ thì động cơ không thể quay.

Những hạn chế này có thể được khắc phục bằng cách tăng số cuộn dây quấn trên stator. Khi ấy biểu thức (1.5) có thể viết lại như sau :

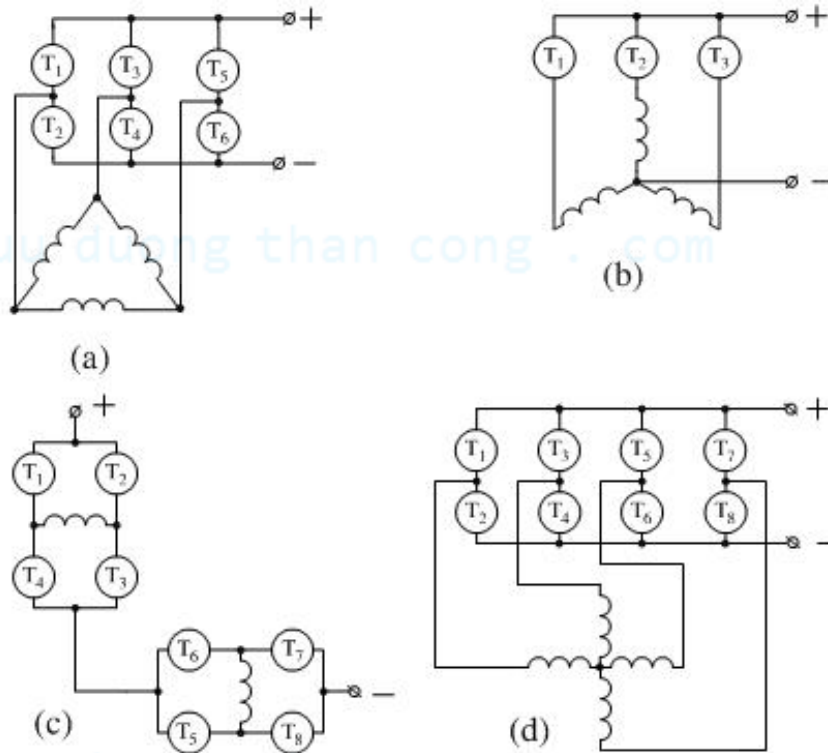
$$M = k_m I_s \frac{(\theta_c/2)}{(\sin \theta_c/2)} \cos(\theta - \theta_c/2) \quad (1.6)$$

trong đó : θ_c là góc giữa trục 2 cuộn dây kế tiếp nhau.

Khi số cuộn dây càng lớn $\rightarrow \theta_c$ càng bé $\rightarrow M = \text{const}$. Nhưng khi số pha của cuộn stator tăng dẫn đến số phân tử cảm biến tăng và mạch đảo chiều trở nên phức tạp. Nên trong thực tế số pha của dây quấn thường không vượt quá bốn.

Ngoài ra cách đấu các cuộn dây trên mạch stato cũng làm thay đổi độ lớn và độ dao động của mômen. Hình 1.12 trình bày một số cách đấu thường thấy.

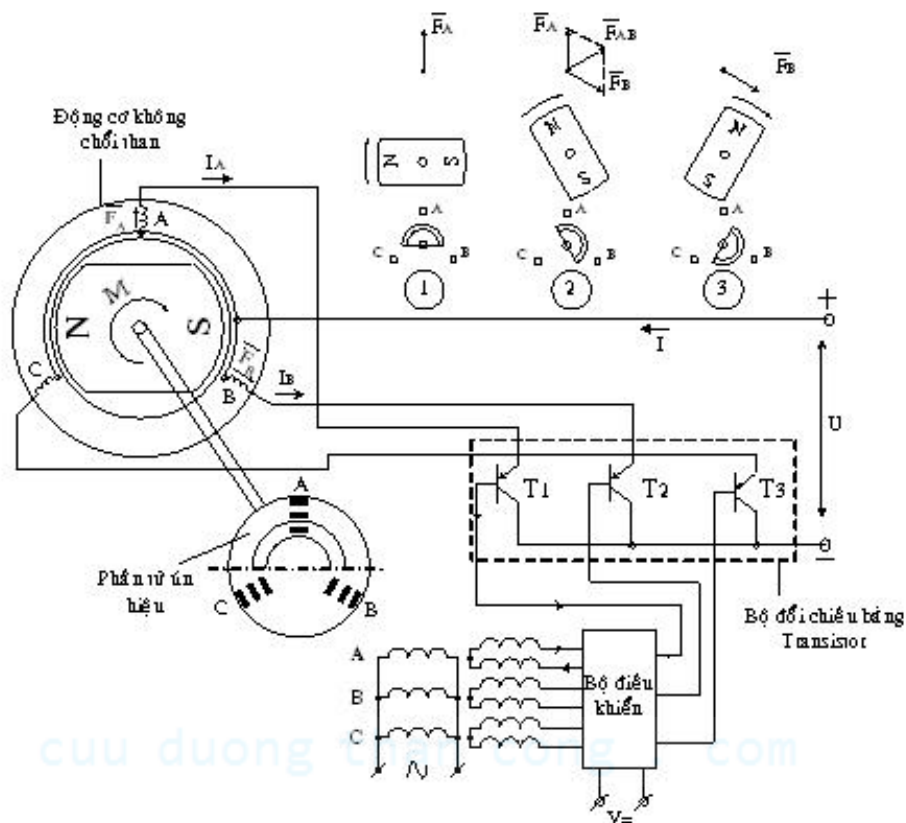
- đầu tam giác.
- đầu sao.
- đầu song song với nguồn.
- đầu nối tiếp với nguồn.



Hình 1.12. Sơ đồ kết nối giữa các pha động cơ không chổi than.

Trong các cách đấu trên thì đấu tam giác sẽ cho hiệu suất cao nhất, độ dao động của mômen là bé nhất. Cách đấu song song có bộ đổi chiều đơn giản nhất.

Để hiểu rõ hơn vấn đề đảo chiều khi số cuộn dây tăng. Ta phân tích nguyên lý hoạt động của động cơ có ba pha và các pha được đấu song song với nguồn.



Hình 1.13. Sơ đồ nguyên lý đơn giản của động cơ một chiều không chổi than với stator có ba cuộn dây được nối song song với nguồn.

Cuộn dây phản ứng đặt trên các rãnh của stator gồm có ba pha A, B, C, lệch nhau trong không gian một góc 120° và được nối song song với nguồn.

Phần tử tín hiệu có dạng hình tròn khuyết và được làm bằng vật liệu sắt từ. Phần tử này được đặt trên trục của động cơ.

Bộ phận đổi chiều gồm ba transistor T_1, T_2, T_3 , mắc nối tiếp với các pha A, B, C của động cơ. Các transistor này làm việc ở chế độ ngắt dẫn và được điều khiển từ bộ ĐK.

Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ cảm biến A, B, C và đưa ra tín hiệu ĐK bộ đổi chiều.

Nguyên lý hoạt động của động cơ theo Hình 1.13 như sau:

Giả sử ban đầu vị trí phần tử cảm biến tín hiệu của cảm biến vị trí nằm ở vị trí 1 Hình 1.13. Ở vị trí này chỉ có phần tử cảm biến A tác động tạo tín hiệu điều khiển mở transistor T_1 . Cuộn dây A trên stator tác động tạo ra s.t.đ F_A . Nhờ sự tương tác giữa sức từ động F_A với từ thông của từ trường rôtor bằng nam châm vĩnh cửu làm cho rôtor quay theo chiều kim đồng hồ. Do phần tử tín hiệu của cảm biến vị trí gắn đồng trục với rôtor của động cơ nên khi rôtor quay thì phần tử này cũng quay theo.

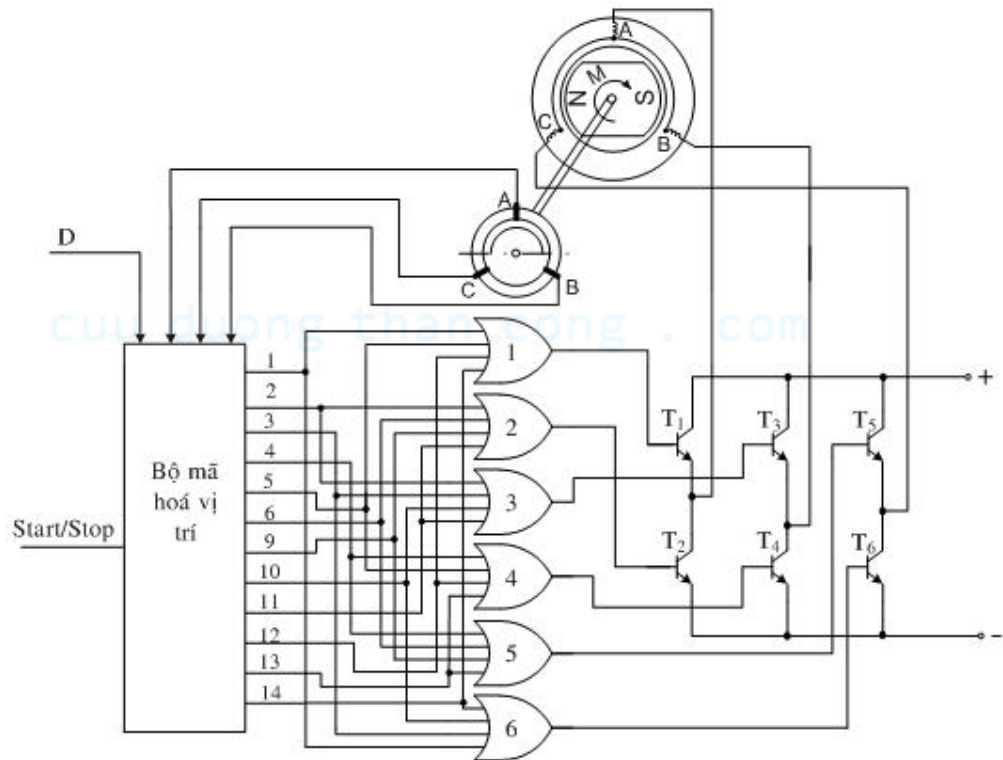
Khi góc quay của rôtor lớn hơn 30° so với vị trí ban đầu một ít (vị trí 2 Hình 1.13). Ở vị trí này hai phần tử cảm biến A, B cùng tác động tạo tín hiệu điều khiển mở transistor T_1, T_2 . Khi có thêm sức từ động F_B thì sức từ động tổng sẽ lệch đi khoảng 60°

so với vị trí ban đầu và tác động với từ trường của rôtor nam châm vĩnh cửu làm cho rôtor động cơ tiếp tục quay theo chiều kim đồng hồ.

Khi góc quay của rôtor lớn hơn 90° so với vị trí ban đầu một ít (vị trí 3 trên Hình 1.13). Ở vị trí này chỉ có phần tử cảm biến B tác động tạo tín hiệu điều khiển mở transistor T_2 , nên chỉ tồn tại stđ F_B đây cũng chính là sức từ động của dây quấn stato lúc này. Do đó, rôto của động cơ tiếp tục quay theo chiều kim đồng hồ như ban đầu. Quá trình trên cứ tiếp tục, tín hiệu điều khiển từ cảm biến vị trí được đưa vào các transistor của bộ phận đổi chiều và làm cho chúng dẫn hoặc ngưng dẫn đúng lúc.

4.3. Mạch điều khiển động cơ không chổi than

Hình 1.14 trình bày sơ đồ điều khiển động cơ không chổi than, có ba pha, kết nối nối sao và có đảo chiều quay.

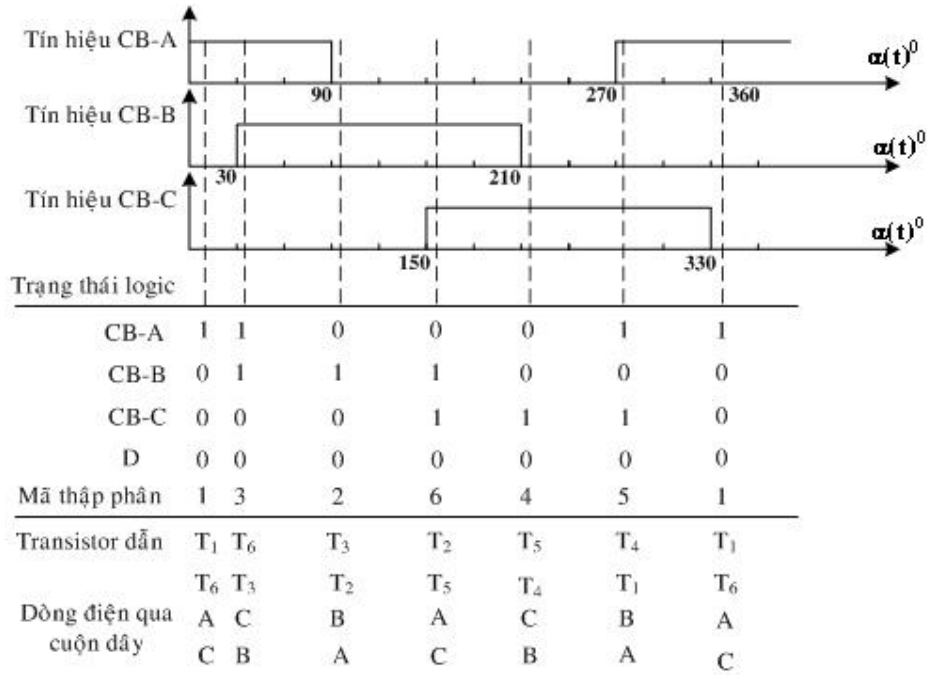


Hình 1.14. Sơ đồ mạch điều khiển động cơ không chổi than.

Nguyên lý hoạt động của mạch :

- Khi quay theo chiều kim đồng hồ : $D = 0$

Trạng thái điều khiển các pha tương ứng với tín hiệu nhận được từ cảm biến vị trí được trình bày ở Hình 1.15.



Hình 1.15. Trình tự điều khiển các pha động cơ không chổi than khi quay theo chiều kim đồng hồ.

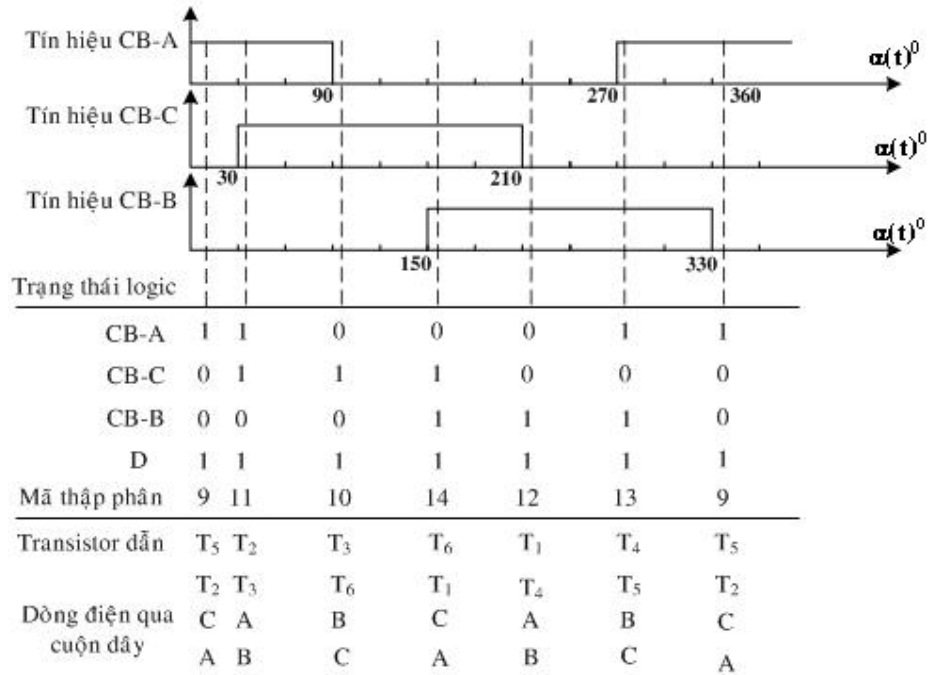
Giả sử ban đầu vị trí vùng khuyết của phần tử cảm biến tín hiệu nằm ở vị trí như Hình 1.14. Ở vị trí này chỉ có phần tử cảm biến A tác động tương ứng với trạng thái logic DCBA = 0001. Bộ mã hoá vị trí sẽ tạo tín hiệu ứng với mã 1 điều khiển mở transistor T_1 , T_6 thông qua 2 cổng or 1 và 6, khi ấy cuộn dây A và C có điện tạo ra stđ F_{AC} . Nhờ sự tương tác giữa sức từ động F_{AC} với từ thông của từ trường rôtor bằng nam châm vĩnh cửu làm cho rôtor quay theo chiều kim đồng hồ. Do phần tử tín hiệu của cảm biến vị trí gắn đồng trục với rôtor của động cơ nên khi rôtor quay thì phần tử này cũng quay theo.

Khi góc quay của rôtor lớn hơn 30° so với vị trí ban đầu một ít. Ở vị trí này hai phần tử cảm biến A, B cùng tác động tương ứng với trạng thái logic DCBA = 0011. Bộ mã hoá vị trí sẽ tạo tín hiệu ứng với mã 3 điều khiển mở transistor T_6 , T_3 thông qua 2 cổng or 3 và 6, khi ấy cuộn dây B và C có điện tạo ra stđ F_{BC} làm cho động cơ tiếp tục quay theo chiều kim đồng hồ.

Khi góc quay của rôtor lớn hơn 90° , 150° , 210° , 270° , 330° so với vị trí ban đầu một ít tương ứng với mã thập phân 2, 6, 4, 5 thì lần lượt các cặp transistor T_3 - T_2 , T_2 - T_5 , T_5 - T_4 , T_4 - T_1 dẫn làm cho các cuộn dây B-A, A-C, C-B, B-A có điện, tạo ra stđ F_{BA} , F_{CA} , F_{CB} , F_{AB} làm cho động cơ tiếp tục quay theo chiều kim đồng hồ.

- Khi quay ngược chiều kim đồng hồ : $D = 1$

Trạng thái điều khiển các pha tương ứng với tín hiệu nhận được từ cảm biến vị trí được trình bày ở Hình 1.16.



Hình 1.16. Trình tự điều khiển các pha động cơ không chổi than khi quay ngược chiều kim đồng hồ.

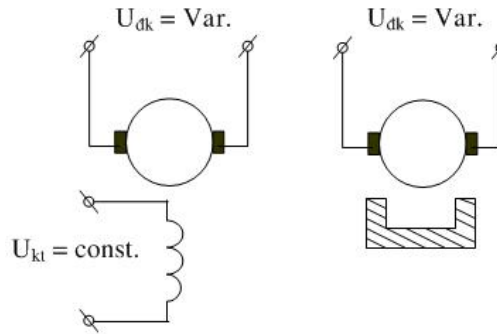
5. Động Cơ Chấp Hành Một Chiều

Là một máy biến tín hiệu điện áp thành tốc độ quay hoặc góc chuyển dịch để đưa vào đối tượng điều khiển. Động cơ chấp hành có các yêu cầu sau :

- Làm việc ổn định.
- Độ tin cậy cao, đặc tính cơ và đặc tính điều chỉnh phải tuyến tính.
- Quán tính nhỏ (rôto phải nhẹ), tác động nhanh và đồng thời mất tín hiệu phải ngừng quay ngay.
- Công suất điều khiển bé.
- Động cơ chấp hành một chiều có thể có hai phương pháp điều khiển.

5.1. Điều khiển phản ứng

Điện áp tín hiệu được đặt vào phần ứng, còn điện áp kích thích có thể lấy từ nguồn bên ngoài vào hoặc cũng có thể thay phần kích thích bằng một nam châm vĩnh cửu.



Hình 1.17. Sơ đồ nguyên lý động cơ chấp hành một chiều khi điều khiển trên phản ứng.

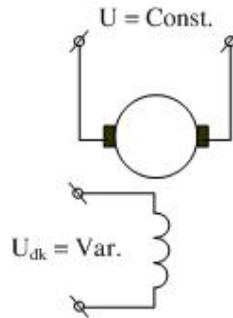
Theo phương pháp điều khiển này thì $M = f(U_{dk})$ là những đường thẳng (vì $M = C_M \phi_\delta I_u$ với $\phi_\delta = \text{const} \rightarrow M = k I_u$ mà từ I_u và U_{dk} quan hệ với nhau là bậc nhất ; còn $n = \frac{U}{C_e \cdot \phi_\delta} - \frac{I_u \cdot R_u}{C_e \cdot \phi_\delta}$ với $\phi_\delta = \text{const} \rightarrow$ quan hệ $n = f(U, I_u)$ là bậc nhất)

Phương pháp điều khiển này thường được dùng.

5.2. Điều khiển trên cực từ

Dây quấn phần ứng được đặt vào một điện áp $U = \text{const}$.

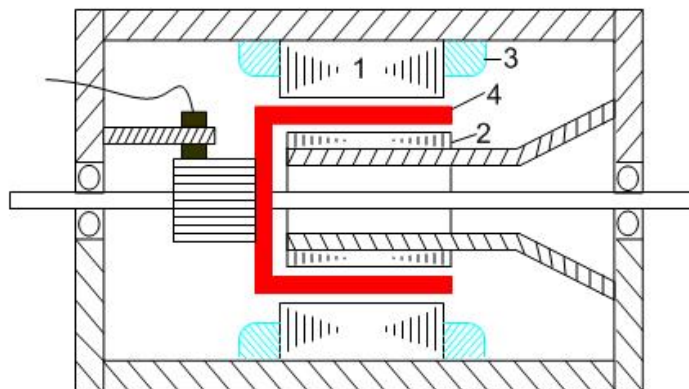
Điện áp điều khiển U_{dk} được đặt vào dây quấn kích thích. Như vậy công suất điều khiển sẽ nhỏ nhưng quan hệ $n = f(U_{dk})$ không còn là đường thẳng nữa. (vì $n = \frac{U - I_u \cdot R_u}{C_e \cdot \phi_\delta}$ Khi U_{dk} thay đổi $\rightarrow \phi_\delta$ thay đổi)



Hình 1.18. Sơ đồ nguyên lý động cơ chấp hành một chiều khi điều khiển trên cực từ.

Để động cơ chấp hành tác động nhanh người ta chế tạo phần ứng có quán tính nhỏ dưới dạng rôto rỗng hoặc rôto dẹt hình đĩa có mạch in. Loại đầu thường chế tạo với công suất 10 ÷ 15 W. Loại sau : 100 ÷ 200 W.

a) Loại động cơ rôto rỗng :

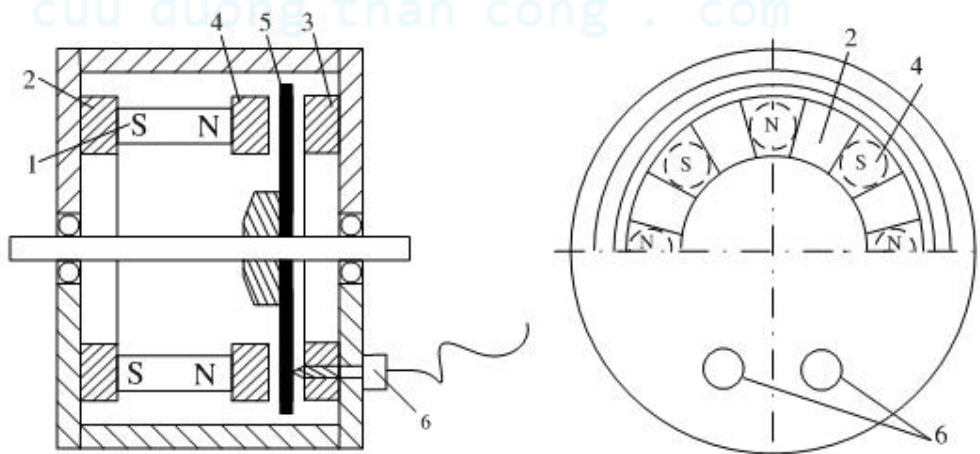


Hình 1.19. Cấu tạo rôto rỗng

- 1 . Cực từ, 2 . Lá thép làm mạch dẫn từ.
3 . Dây quấn kích thích, 4 . Phần ứng

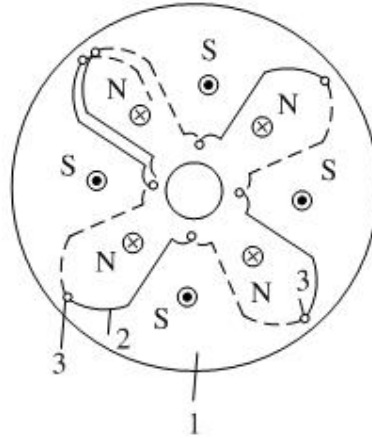
Phần ứng có dạng hình rỗng, thường làm bằng vải ép hoặc các vật liệu cách điện trên đó có dán các dây quấn phần ứng. Để lấy điện ra hay đưa vào phần ứng cũng dùng chổi than tỳ lên vành góp. Loại này có khe hở lớn nên hệ thống kích thích phải lớn, máy to hơn, nhưng tác động nhanh vì quán tính bé.

b) Loại động cơ có rôto hình đĩa.



Hình 1.20. Cấu tạo của động cơ rôto hình đĩa.

1. Nam châm vĩnh cửu ; 2, 3. Giá đỡ ; 4. Mặt cực từ (có dạng khối tròn) ;
5. Đĩa rotor ; 6. Chổi than.



Hình 1.21. Cấu tạo đĩa phản ứng.

1. Đĩa (được chế tạo từ vật liệu không dẫn từ).
2. Dây dẫn (được in lên mặt đĩa) .
3. Lỗ kết nối dây.

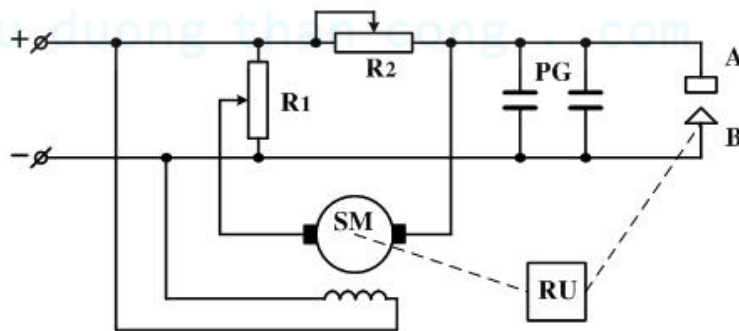
Cực từ được bố trí theo chu vi của máy và nằm về một phía. Phía bên kia là gông từ và thường các cực từ làm bằng nam châm vĩnh cửu. Đĩa phản ứng (Hình 1.21) làm bằng vật liệu nam châm cách điện không dẫn từ (bakelit) ở hai mặt bên có in các phần tử dây quấn.

Nhờ kỹ thuật mạch in và dây dẫn nên có thể tự động hoá quá trình làm dây dẫn trên mặt đĩa và vấn đề làm nguội được nâng cao. Vì thế mật độ dòng điện có thể lên đến $30 \div 40 \text{ A/mm}^2$. Điện có thể lấy hoặc đưa vào trực tiếp trên các dây dẫn mà không cần cổ góp. Phản ứng không có răng rãnh nên điện cảm rất nhỏ vì thế đổi chiều tốt hơn, phản ứng phần ứng bé, tổn hao phụ do từ trường đập mạch nhỏ. Máy chạy êm, η cao ($60 \div 65$) %.

Vì đĩa quay ở giữa rãnh cực từ và gông nên khe hở lớn, do đó kích thước máy tương đối lớn. Về mặt cơ học nếu chổi than lớn quá có thể dễ làm hư hỏng các phần tử dây quấn.

c) Ứng dụng của động cơ chấp hành một chiều:

Hình 1.22 miêu tả một hệ thống tạo tia lửa điện trong gia công kim loại có sử dụng động cơ chấp hành một chiều.



Hình 1.22. Hệ thống tạo tia lửa điện để gia công kim loại.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau:

Khi không có tia lửa điện thì điện trở của khe hở phóng điện là rất lớn dòng điện sẽ đi từ cực dương qua điện trở R_2 , qua động cơ, qua điện trở R_1 rồi về cực âm. Chiều của dòng điện như trên làm cho SM quay theo hướng mà phần tử nén RU nén điện cực về phía phần tử A làm giảm độ lớn của khe hở phóng điện. Khi độ rộng của khe hở phóng điện đủ bé các tụ PG sẽ xả điện lúc này điện áp đạt đến điện áp đánh thủng, sự đánh thủng (phóng điện) xảy ra. Khi có sự phóng điện như trên thì điện trở của khe hở phóng điện giảm đột ngột dòng điện qua SM đổi chiều làm cho động cơ SM cũng đảo chiều quay, kéo theo điện cực A làm nó chuyển động hướng ra xa B. Điện trở của khe hở phóng điện lại phục hồi, chu kỳ cứ như thế lặp lại.

6. Máy Phát Tốc Đo Tốc Độ

Cũng là một máy phát điện một chiều có nhiệm vụ biến đổi tốc độ n sang điện áp U ($\propto n$). Để có quan hệ $U = f(n)$ là bậc nhất thì Φ_δ phải $= \text{const}$, do đó máy thường có cực từ làm bằng nam châm vĩnh cửu. Yêu cầu đối với máy phát đo tốc độ :

Đặc tính $U = f(n)$ phải là tuyến tính vì thế thường thiết kế với mạch từ chưa bão hoà.

Độ đập mạch của điện áp nhỏ nên số phần tử phải nhiều.

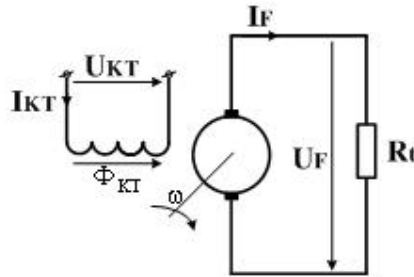
Quán tính máy phát nhỏ, $\Delta p_{\text{cơ}}$, $\Delta p_{\text{phụ}}$ nhỏ.

Kết cấu của nó có thể làm theo loại rôto rỗng hay hình đĩa để gọn nhẹ tác động nhanh.

Để đo điện áp chính xác độ dốc của đặc tính ra phải càng dốc. Đối với các máy nhỏ cỡ 1000 v/ph thì có thể cho U_{ra} từ $5 \div 10$ volt hoặc đối với các loại khác có thể từ $50 \div 100$ volt. Thường có thể chế tạo công suất từ $10 \div 50$ watt.

Loại này thường có thể dùng để chuyển tín hiệu tốc độ thành điện áp trong một số mạch tự động điều khiển.

Hình 1.23 trình bày sơ đồ máy phát tốc một chiều kích thích độc lập.



Hình 1.23. Sơ đồ máy phát tốc một chiều kích thích độc lập.

Điện áp ra của máy phát tốc một chiều có thể được tính từ biểu thức sau :

$$U_F = \frac{C_E \cdot \Phi \cdot n - \Delta U_{\text{ch}}}{1 + \frac{r_F}{R_t}} \quad (1.7)$$

Trong đó:

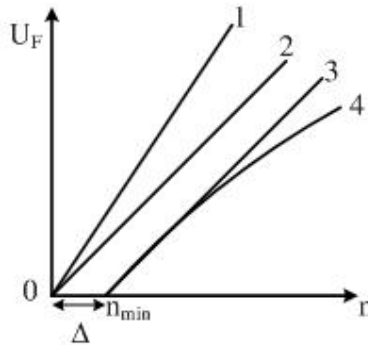
r_F là điện trở cuộn ứng.

ΔU_{ch} là điện áp rơi trên chổi than.

Nếu từ thông Φ , điện trở phản ứng r_F và điện trở tải R_t không đổi thì quan hệ $U_F = f(n)$ là tuyến tính với hệ số khuếch đại (độ dốc) K được xác định như sau:

Khi C_E , Φ , R_t càng lớn và r_F càng nhỏ thì độ dốc của điện áp ra càng lớn. Trong trường hợp máy hoạt động ở chế độ không tải ($R_t = \infty$) thì độ dốc của điện áp ra là lớn nhất.

Đặc tính ra của máy phát tốc một chiều được trình bày như Hình 1.24.



Hình 1.24. Đặc tính ra của máy phát tốc một chiều.

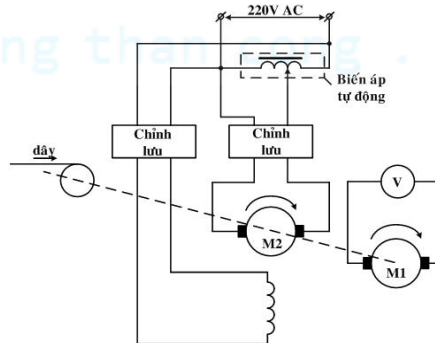
Do có điện áp rơi trên chổi than nên đặc tính ra của máy phát tốc một chiều xuất hiện vùng không nhảy Δ .

Sự tồn tại vùng không nhảy Δ là nhược điểm lớn nhất của máy phát tốc một chiều. Để giảm vùng không nhảy này ta cần giảm điện áp (ΔU_{ch}) tiếp xúc giữa chổi than và vành góp. Vì thế, chổi than thông thường được chế tạo từ hỗn hợp đồng_than hoặc bạc_than.

Ngoài ra ảnh hưởng của nhiệt độ và phản ứng phản ứng cũng làm thay đổi độ tuyến tính của đặc tuyến ra trên máy phát tốc.

Ứng dụng của máy phát tốc một chiều:

Hình 1.25 trình bày ứng dụng của máy phát tốc một chiều trong hệ thống kiểm tra tốc độ cuộn dây wolfram.



Hình 1. 25. Máy phát tốc một chiều trong dây chuyền sản xuất wolfram.

Dây vonfam được sử dụng rất nhiều trong thực tế như : dùng làm dây nung cho lò sưởi, cho bếp điện, tiêm của đèn dây tóc... Trong thực tế để sản xuất ra dây vonfam (thường có dạng xoắn lò xo) dạng xoắn người ta phải dùng đến một máy cuốn dây. Dây vonfam trước khi thành phẩm phải đi qua một lò nung sử dụng khí hydro trước khi được cuộn thành dạng xoắn. Tại lò này dây sẽ được nung nóng đến một nhiệt độ thích hợp theo nhà sản xuất mong muốn (bằng hoặc lớn hơn nhiệt độ khi có dòng điện chạy qua nó). Để có được dây vonfam có chất lượng tốt (tuổi thọ cao, chịu được nhiệt độ cao...) thì dây phải qua lò nung với một tốc độ thích hợp. Tốc độ này do bộ phận quán tạo nên, bộ phận này do động cơ một chiều M_2 kéo. Tốc độ của M_2 thay đổi khi điện áp trên hai đầu cực của nó thay đổi (điện áp thay đổi bởi biến áp tự động). Để có thể theo dõi được tốc độ quán dây người ta sử dụng một máy phát tốc một chiều M_1 gắn đồng trục với động cơ M_2 . Khi M_2 quay kéo theo rotor của máy phát tốc quay tạo ra trên hai đầu cực máy phát tốc một điện áp U tỉ lệ với tốc độ rotor. Điện áp đó được đo bởi volt kế V , nhờ vậy người vận hành dây chuyền có thể kiểm tra được tốc độ quán và có những điều chỉnh thích hợp nếu cần.

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

CÂU HỎI ÔN TẬP.

1. Trình bày cấu tạo của ĐC một chiều không chổi than (ĐC MCKCT)?
2. Trình bày những điểm giống nhau và khác nhau của bộ đổi chiều bằng cơ và bằng bộ đổi chiều bằng điện tử ?
3. Trình bày các cách kết nối các pha trong ĐC MCKCT, nêu ưu điểm và khuyết điểm của từng cách kết nối ?
4. Ảnh hưởng của điện cảm dây quấn stator đối với dòng điện, mômen và bộ đảo chiều điện tử như thế nào ?
5. Nguyên nhân nào tạo ra sự dao động mômen của ĐC MCKCT ? Nêu ra cách để làm giảm sự dao động này ?
6. Có thể làm cho mômen của ĐC MCKCT không đổi giống với ĐC 1 chiều thông thường hay không ? Vì sao ?
7. Cho ĐC MCKCT có điện áp làm việc 24 VDC, dòng điện 1,5 A, hằng số mômen $K_m = 24,15 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/A}$. Tính mômen của ĐC ?
8. Cho ĐC MCKCT có điện áp làm việc 24 VDC, hằng số số đđ $K_E = 29,7 \cdot 10^{-3} \text{ volt/(vòng/phút)}$. Tính tốc độ không tải của ĐC ?
9. Cho ĐC MCKCT có điện áp làm việc 24 VDC, $I = 12,5 \text{ A}$, $M = 120 \text{ Nm}$, $n = 2900 \text{ vòng/phút}$. Tính :
 - a) Công suất vào.
 - b) Công suất ra.
 - c) Hiệu suất %.
10. Cho ĐC MCKCT có các thông số sau :

$M_L = 1,0 \text{ Nm}$. (moment tải)
 $M_{ms} = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ Nm}$. (mômen ma sát)
 $J_D = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$. (mômen quán tính ĐC)
 $J_L = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Kg.m}^2$. (mômen quán tính tải)

 - a) Xác định gia tốc của ĐC khi thời gian tăng tốc (khởi động) từ $0 \div 500 \text{ rad/s}$ là $0,250 \text{ s}$ và thời gian giảm tốc (dừng) từ $500 \div 0 \text{ rad/s}$ là $0,250 \text{ s}$.
 - b) Xác định mômen khi tăng tốc (khởi động).
 - c) Xác định mômen làm việc (mômen quay) .
 - d) Xác định mômen khi giảm tốc (dừng).

CHƯƠNG 2

MÁY BIẾN ÁP ĐẶC BIỆT

1. Máy Biến Áp Ba Dây Quấn

Trong hệ thống điện lực những máy biến áp có một dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp gọi là máy biến áp ba dây quấn để cung cấp điện cho các lưới điện có những điện áp khác nhau, ứng với các tỉ số biến đổi:

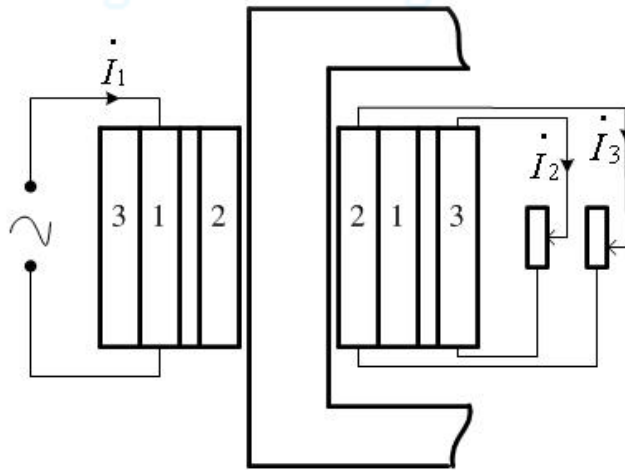
$$k_{12} = \frac{w_1}{w_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \quad (2.1)$$

$$k_{13} = \frac{w_1}{w_3} \approx \frac{U_1}{U_3} \quad (2.2)$$

Máy biến áp ba dây quấn có ưu điểm nâng cao được tính kinh tế và kỹ thuật của trạm biến áp, vì số máy biến áp của các trạm sẽ ít hơn và tổn hao vận hành cũng nhỏ hơn.

Người ta chế tạo máy biến áp ba dây quấn theo kiểu tổ máy biến áp ba pha hoặc máy biến áp ba pha ba trụ, ở mỗi pha đặt ba dây quấn. Các tổ nối dây tiêu chuẩn như sau:

$Y_0/Y_0/\Delta - 12-11$; $Y_0/\Delta/\Delta - 11-11$.



Hình 2.1. Máy biến áp ba dây quấn.

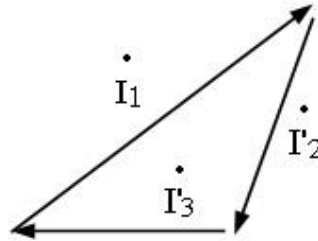
Theo quy định, công suất của ba dây quấn được chế tạo theo những tỉ lệ sau đây:

- 1) 100%, 100%, 100%.
- 2) 100%, 100%, 67%.
- 3) 100%, 67%, 100%.
- 4) 100%, 67%, 67%.

Công suất của máy biến áp ba dây quấn lấy theo công suất của dây quấn sơ cấp (có công suất lớn nhất).

1.1. Phương trình cơ bản, mạch điện thay thế và đồ thị vector của máy biến áp ba dây quấn.

Tương tự như máy biến áp hai dây quấn dòng I_0 rất nhỏ $I_0 = (2,5 \div 3,5) \cdot I_{dm}$, nên sau khi đã tính đổi các dây quấn 2,3 về dây quấn 1 ta có phương trình cơ bản và đồ thị vectơ dòng điện sau:



Hình 2.2.

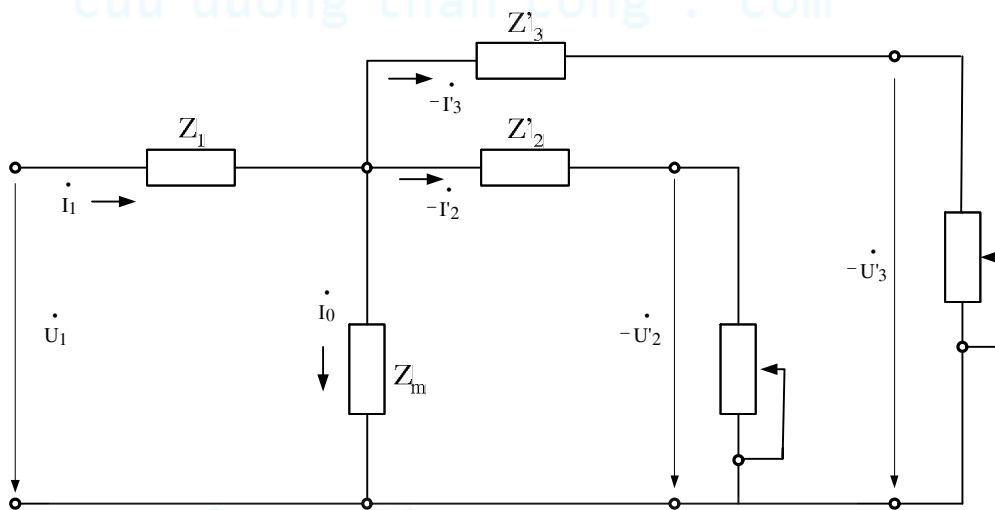
$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = \dot{I}_0 \cong 0$$

$$\dot{U}_1 - \dot{I}_1 \cdot z_1 = -(\dot{U}'_2 + \dot{I}'_2 \cdot z'_2)$$

$$= -(\dot{U}'_3 + \dot{I}'_3 \cdot z'_3) \quad (2.3)$$

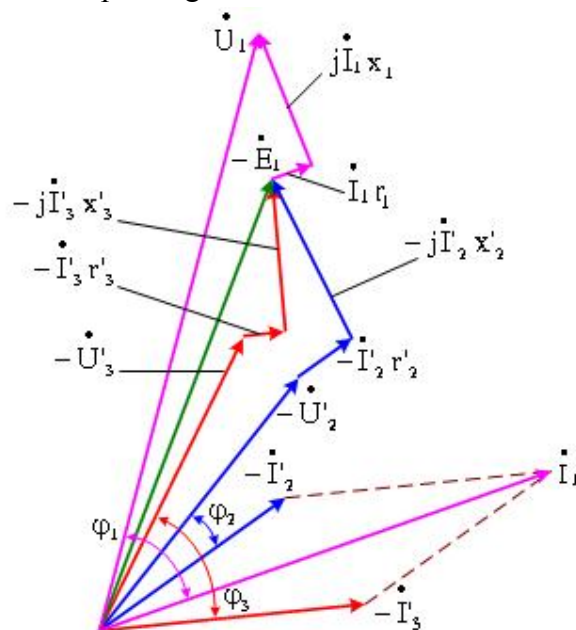
Trong đó, $z_1 = r_1 + j \cdot x_1$; $z'_2 = r'_2 + j \cdot x'_2$; $z'_3 = r'_3 + j \cdot x'_3$

Mạch điện thay thế của máy biến áp ba dây quấn



Hình 2.3. Mạch điện thay thế của máy biến áp ba dây quấn

Đồ thị vector ứng với các phương trình cơ bản trên:



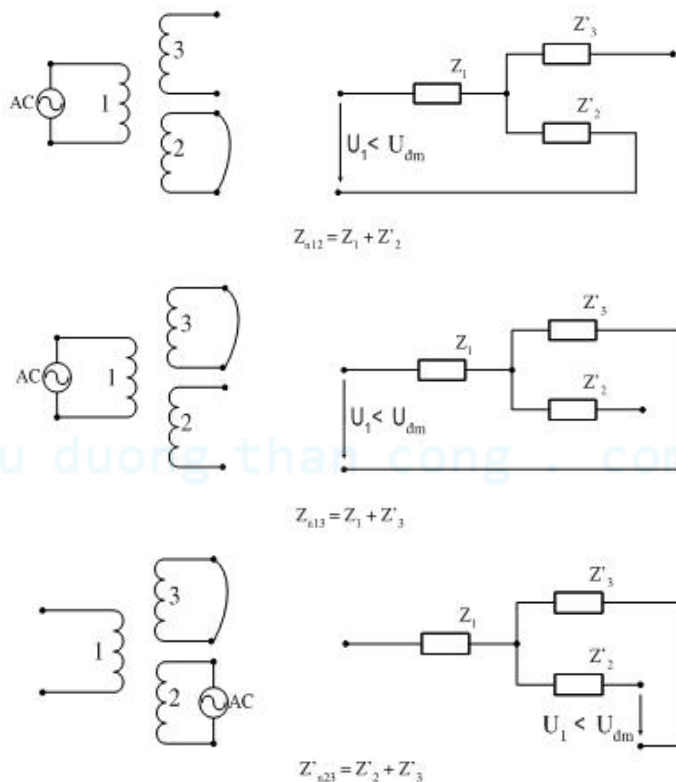
Hình 2.4. Đồ thị vector của máy biến áp ba dây quấn.

1.2. Xác định các tham số của máy biến áp ba dây quấn

Được xác định từ ba thí nghiệm ngắn mạch giữa các cuộn dây 1 và 2 ; 1 và 3 ; 2 và

3.

Tương tự như thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp hai dây quấn



Hình 2.5. Thí nghiệm ngắn mạch máy biến áp ba dây quấn

Ta có:

$$Z_{n12} = (r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2) = r_{n12} + jx_{n12}$$

$$Z_{n13} = (r_1 + r'_3) + j(x_1 + x'_3) = r_{n13} + jx_{n13}$$

$$Z_{n23} = (r'_2 + r'_3) + j(x'_2 + x'_3) = r_{n23} + jx_{n23}$$

Từ đó ta biết được:

$$r_1 = \frac{r_{n12} + r_{n13} - r_{n23}}{2} \quad (2.4)$$

$$r'_2 = \frac{r_{n12} + r_{n23} - r_{n13}}{2} \quad (2.5)$$

$$r'_3 = \frac{r_{n13} + r_{n23} - r_{n12}}{2} \quad (2.6)$$

Tương tự ta có thể tính được x_1 , x'_2 và x'_3 sau:

$$x_1 = \frac{x_{n12} + x_{n13} - x_{n23}}{2} \quad (2.7)$$

$$x'_2 = \frac{x_{n12} + x_{n23} - x_{n13}}{2} \quad (2.8)$$

$$x'_3 = \frac{x_{n13} + x_{n23} - x_{n12}}{2} \quad (2.9)$$

Các thí nghiệm ngắn mạch cũng cho phép xác định được các điện áp ngắn mạch u_{n12} , u_{n13} và u_{n23} tương ứng với các tổng trở ngắn mạch z_{n12} , z_{n13} và z_{n23} .

1.3. Độ thay đổi điện áp của máy biến áp ba dây quấn.

Các điện áp đầu ra U_2 , U_3 thay đổi theo trị số và tính chất của tải I_2 , I_3 , $\cos\varphi_1$, $\cos\varphi_2$. Chú ý rằng nếu tải của một dây quấn thứ cấp thay đổi thì sẽ ảnh hưởng đến điện áp của dây quấn thứ cấp kia, do đó điện áp rơi trên dây quấn sơ cấp $\dot{I}_1 \cdot Z_1$

Độ thay đổi điện áp ở các tải I'_2 , I'_3 với hệ số công suất $\cos\varphi_2$, $\cos\varphi_3$ như hình vẽ (7-3) là:

$$\begin{aligned} \Delta U_{12*} &= (U_{1dm} - U'_2) / U_{1dm} \\ &= u_{nr12*} \cos\varphi_2 + u_{nx12*} \sin\varphi_2 + u_{nr3*} \cos\varphi_3 + u_{nx3*} \sin\varphi_3 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Trong đó:

$$u_{nr12*} = r_{n12} \cdot I'_2 / U_{1dm} \quad ; \quad u_{nx12*} = x_{n12} \cdot I'_2 / U_{1dm}$$

$$u_{nr3*} = r_1 \cdot I'_3 / U_{1dm} \quad ; \quad u_{nx3*} = x_1 \cdot I'_3 / U_{1dm}$$

Tương tự ta có biểu thức của ΔU_{13*} cũng có dạng như sau:

$$\begin{aligned} \Delta U_{13*} &= (U_{1dm} - U'_3) / U_{1dm} \\ &= u_{nr13*} \cos\varphi_3 + u_{nx13*} \sin\varphi_3 + u_{nr2*} \cos\varphi_2 + u_{nx2*} \sin\varphi_2 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Trong đó:

$$u_{nr13*} = r_{n13} \cdot I'_3 / U_{1dm} \quad ; \quad u_{nx13*} = x_{n13} \cdot I'_3 / U_{1dm}$$

$$u_{nr(2)*} = r_1 \cdot I'_2 / U_{1dm} \quad ; \quad u_{nx2*} = x_1 \cdot I'_2 / U_{1dm}$$

Hiệu suất của máy biến áp ba dây quấn:

$$\eta\% = [1 - \frac{P_0 + \Delta P_{Cu1} + \Delta P_{Cu2} + \Delta P_{Cu3}}{P_0 + P_2 + P_3 + \Delta P_{Cu1} + \Delta P_{Cu2} + \Delta P_{Cu3}}] \cdot 100$$

$$\eta\% = (1 - \frac{I_0^2 \cdot r_m + I_1^2 \cdot r_1 + I_2^2 \cdot r_2 + I_3^2 \cdot r_3}{\beta_2 \cdot S_{2dm} \cdot \cos \varphi_2 + \beta_3 \cdot S_{3dm} \cdot \cos \varphi_3 + \Sigma P}) \cdot 100$$

$$\eta\% = [1 - \frac{P_0 + \beta_{12}^2 \cdot P_{n12} + \beta_{13}^2 \cdot P_{n13}}{\beta_{12} \cdot S_{dm2} \cdot \cos \varphi_2 + \beta_{13} \cdot S_{dm3} \cdot \cos \varphi_3 + P_0 + \beta_{12}^2 \cdot P_{n12} + \beta_{13}^2 \cdot P_{n13}}] \cdot 100 \quad (2.12)$$

Trong đó: $\Sigma P = P_0 + \beta_{12}^2 \cdot P_{n12} + \beta_{13}^2 \cdot P_{n13}$ là tổng tổn hao máy biến áp.

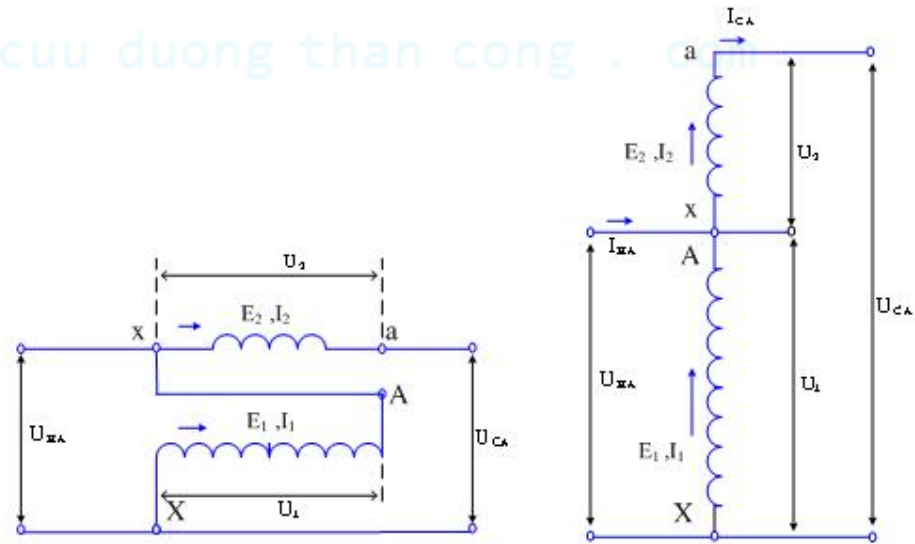
2. Máy Biến Áp Tự Ngẫu

Máy biến áp tự ngẫu dùng có lợi trong trường hợp hiệu của điện áp thứ cấp U_2 và sơ cấp U_1 . Kinh tế hơn về mặt chế tạo và tổn hao ít hơn so với máy biến áp thường.

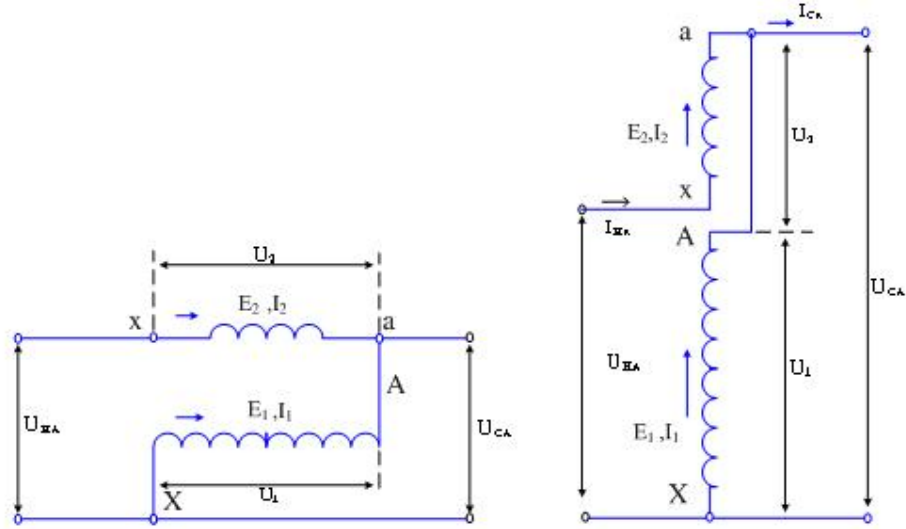
Máy biến áp tự ngẫu khác máy biến áp một dây quấn ở chỗ cả cuộn dây sơ cấp và thứ cấp chỉ dùng 1 dây quấn, hay nói khác đi dây quấn thứ cấp là một bộ phận của dây quấn sơ cấp. Dây quấn sơ cấp được nối song song với lưới, còn dây quấn thứ cấp nối trực tiếp với lưới.

Máy biến áp tự ngẫu ngoài việc liên hệ qua hồ cảm các dây quấn sơ và thứ cấp còn liên hệ trực tiếp với nhau về điện.

Các kiểu nối dây của máy biến áp tự ngẫu:



(a) Nối thuận



(b). Nối ngược

Hình 2.6. Sơ đồ của máy biến áp tự ngẫu một pha

* So sánh dung lượng thiết kế S_{tk} (dung lượng truyền qua từ trường) với dung lượng truyền tải S_{tt} của máy biến áp tự ngẫu.

$$S_{tk} = E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = k$$

Thực tế lúc vận hành, S_{tt} của máy biến áp tự ngẫu bằng:

$$S_{tt} = U_{CA} \cdot I_{CA} = U_{HA} \cdot I_{HA}$$

Tỉ số biến đổi điện áp của lưới điện:

$$\frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{I_{HA}}{I_{CA}} = k'$$

Như vậy đối với hình 1-5a ta có:

$$\frac{S_{tk}}{S_{tt}} = \frac{E_2 \cdot I_2}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) \cdot I_{CA}}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = 1 - \frac{1}{k'}$$

Và đối với hình 1-5b ta có:

$$\frac{S_{tk}}{S_{tt}} = \frac{E_2 \cdot I_2}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) \cdot I_{HA}}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = k' - 1$$

Bảng 1-1 cho biết các trị số của $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$ ứng với các trị số k' khác nhau của hai kiểu nối dây:

$k' (= \frac{U_{CA}}{U_{HA}})$	$\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$	
	Sơ đồ nối thuận	Sơ đồ nối ngược
1	0	0
1,25	0,20	0,25
1,5	0,30	0,5
1,75	0,43	0,75
2	0,5	1
2,5	0,6	1,5
3	0,67	2
5	0,8	4

Từ đó ta thấy:

- Kiểu nối thuận ưu việt hơn vì cùng trị số k' thì $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$ nhỏ hơn, do đó được dùng nhiều trên thực tế.
- k' gần bằng 1 thì càng có lợi, thường máy biến áp tự ngẫu có $k' \leq 2,5$.
- Khi làm việc tổn hao trong máy biến áp tự ngẫu nhỏ vì:

$$\frac{\sum P}{S_{tt}} = \frac{\sum P}{S_{tk}} \left(1 - \frac{1}{k'}\right) \cdot S$$

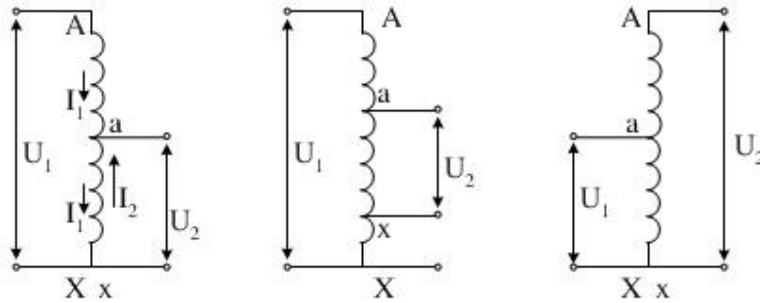
Nghĩa là giảm còn $(1 - \frac{1}{k'})$ so với tổn hao tính theo S_{tk} hay là tổn hao của máy biến áp hai dây quấn có cùng dung lượng.

Tương tự điện áp ngắn mạch của máy biến áp tự ngẫu giảm còn $(1 - \frac{1}{k'})$ so với U_n của máy biến áp hai dây quấn. Vì U_n nhỏ nên ΔU của máy biến áp tự ngẫu cũng nhỏ, và dòng điện ngắn mạch sẽ tăng tương ứng.

Ngoài việc truyền tải điện năng, máy biến áp tự ngẫu còn dùng để mở máy động cơ điện không đồng bộ, dùng trong phòng thí nghiệm để thay đổi điện áp liên tục.

Quan hệ máy biến áp tự ngẫu với máy biến áp thường

Xét sơ đồ mạch điện như sau:



Hình 2.7. Sơ đồ máy biến áp tự ngẫu tăng và giảm áp.

Chế độ không tải của máy biến áp tự ngẫu ($I_2 = 0$) không khác máy biến áp thường vì điện áp U_{AX} đặt vào máy biến áp tự ngẫu được phân bố đều giữa các vòng dây của dây quấn sơ cấp sẽ là:

$$U_2 = U_{ax} = \frac{U_{AX}}{w_{AX}} w_{ax} = \frac{U_{AX}}{\frac{w_{AX}}{w_{ax}}} = \frac{U_{AX}}{k_a} = \frac{U_1}{k_a}$$

Trong đó, k_a là hệ số biến đổi của máy biến áp tự ngẫu

Trong trường hợp tăng áp:

$$U_2 = U_{AX} = k_a \cdot U_1$$

Khi ngắn mạch, dòng điện sơ cấp là I_1 còn dòng trong dây dẫn ngắn mạch hai cực a-x là I_2 .

Giả sử hai dây quấn A-X và a-x không liên hệ về điện với nhau. Nếu bỏ qua I ta có:

$$I_1 \cdot w_{AX} + I_2 \cdot w_{ax} = 0$$

$$\text{Hay} \quad I_1 + \frac{1}{k_a} \cdot I_2 = 0$$

Trong máy biến áp tự ngẫu không những đi qua A-a mà đi qua cả bộ phận chung a-x, nên I_{ax} là tổng hình học của I_1 và I_2 .

$$\text{Do đó:} \quad I_{ax} = I_1 + I_2 = -I_1(k_a - 1) = I_2(1 - \frac{1}{k_a})$$

Từ đó ta thấy I_{ax} đi qua bộ phận chung a-x ngược chiều với I_1 và cùng chiều với I_2 .

So sánh các thông số ngắn mạch của máy biến áp thường và tự ngẫu thì tổn hao đồng của hai máy thường: $I_1^2 \cdot r_1 + I_2^2 \cdot r_2$

Ở máy biến áp tự ngẫu, dòng điện I_1 chỉ đi qua bộ phận A-a có điện trở là:

$$r_{Aa} = r_1 \cdot \frac{w_{Aa}}{w_{AX}} = r_1 \cdot \frac{w_{AX} - w_{ax}}{w_{AX}} = r_1 \cdot (1 - \frac{1}{k_a})$$

$$\text{Do đó: } \Delta P_{Cu}(Aa) = I_1^2 \cdot r_{Aa} = I_1^2 \cdot r_1 \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) \quad (2.13)$$

Phần a-x đóng vai trò dòng thứ cấp có dòng điện I_{ax} đi qua trị số bằng: $\left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$ của dòng điện I_2 của máy biến áp thường.

Giả sử mật độ dòng điện như nhau thì có thể thay đổi tiết diện của phần a-x với cùng tỉ lệ trên.

$$\text{Khi đó: } \Delta P_{Cu}(ax) = I_{ax}^2 \cdot r_{ax} = I_2^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)^2 \cdot r_2 \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{k_a}}$$

(vì điện trở của bộ phận a-x tỉ lệ nghịch với dòng điện)

$$\text{Suy ra } \Delta P_{Cu}(ax) = I_2^2 \cdot r_2 \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) \quad (2.14)$$

Từ (2.13) và (2.14) ta thấy rằng máy biến áp tự ngẫu có thể xem là máy biến áp thường có điện trở sơ cấp và thứ cấp nhỏ đi $\left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$ lần, nghĩa là:

$$r_{na} = r_n \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$$

Tương ứng ta có:

$$P_{na} = P_n \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$$

Trọng lượng của dây quấn máy biến áp tự ngẫu cũng giảm đi theo tỉ lệ đó

$$G_{Ma} = G_M \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$$

(vì phần A-a của máy biến áp tự ngẫu có cùng tiết diện như máy biến áp thường nhưng chiều dài nhỏ hơn $\left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$ lần, và bộ phận a-x có cùng chiều dài như máy biến áp thường nhưng tiết diện nhỏ hơn $\left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$ lần.

$$\text{Tương tự } x_{na} = x_n \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$$

$$\text{Do đó } u_{na} = u_n \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$$

Như vậy, so với máy biến áp thường các cạnh tam giác ngắn mạch nhỏ hơn $\left(1 - \frac{1}{k_a}\right)$ lần và dòng điện ngắn mạch sẽ lớn lên tương ứng công suất đưa vào máy biến áp tự ngẫu : $P_1 = U_1 \cdot I_1$ truyền cho dây quấn thứ cấp gồm hai phần: một phần dưới dạng công suất điện từ P_{12} tương ứng với phần dây quấn A-a, một phần dưới dạng công suất điện P_d tương ứng với phần dây quấn dây quấn a-X do đó:

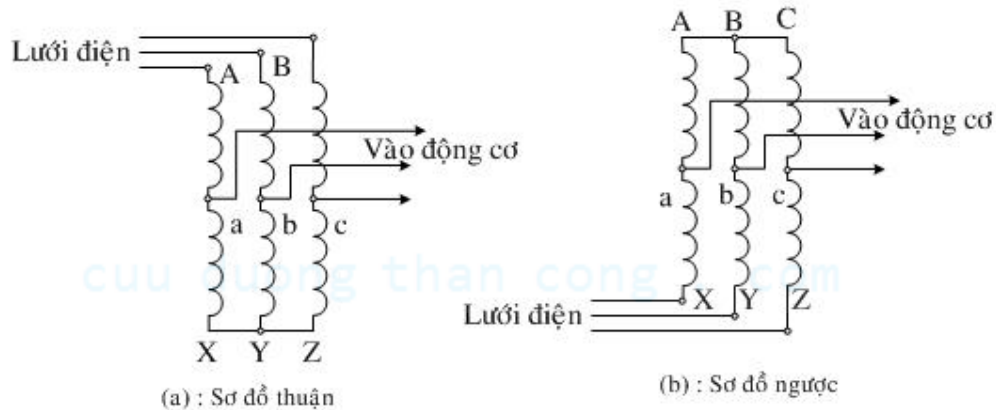
$$P_{12} = U_{Aa} \cdot I_1 = (U_1 - U_2) \cdot I_1 = P_1 \cdot \left(1 - \frac{1}{k_a}\right) \quad (2.15)$$

$$P_d = P_1 - P_{12} = P_1 \cdot \frac{1}{k_a} \quad (2.16)$$

Để có được sự làm việc của máy biến áp tự ngẫu lúc có tải ta xếp chồng hai chế độ không tải và ngắn mạch. Vì vậy đồ thị phụ tải của máy biến áp có dạng biến áp thường nhưng tương ứng với điện áp ngắn mạch U_{na} và ΔP_{Cua} nhỏ thì ΔU của máy biến áp tự ngẫu nhỏ hơn, còn $\zeta_a > \zeta$ thường, từ biểu thức x_{na} và r_{na} ta thấy rằng: Khi $k_a = 1$ tổn hao ΔP_{Cua} và trọng lượng $G_{Ma} = 0$, nhưng trong trường hợp này $a \equiv A$ suy ra điện năng chuyển sang thứ cấp không qua biến đổi.

Khi k_a lớn sự phân biệt giữa biến áp tự ngẫu và biến áp thường không còn nữa, khi $k_a = 2$ máy biến áp tự ngẫu trở thành ít thuận lợi. Vì ở các hộ tiêu thụ do máy biến áp tự ngẫu cung cấp phải bảo vệ quá điện áp, do chỗ dây quấn CA và HA nối điện với nhau. Vì vậy thường $k_a = 1,25 \div 2$. Biến áp tự ngẫu được dùng để mở máy động cơ không đồng bộ và đồng bộ cũng như các đường dây truyền tải và các lưới điện phân phối.

Sau đây là hình vẽ sơ đồ thuận và ngược của máy biến áp tự ngẫu ba pha có các cách đấu để mở máy động cơ không đồng bộ ba pha.



Hình 2.8. Sơ đồ nối thuận và ngược máy biến áp tự ngẫu ba pha.

Theo GOST 3211-46 máy biến áp tự ngẫu phải có ba cấp điện áp thứ cấp cụ thể trong sơ đồ thuận là : 0,55 ; 0,64 ; 0,73 U_1 còn trong sơ đồ ngược là: 0,27 ; 0,36 ; 0,45 U_1

Cấp điện áp trung bình 0,64 và 0,36 và được lấy làm điện áp định mức phụ tải trong hai phút với dòng điện tương ứng với công suất ghi trên bảng máy được xem là chế độ tải định mức của máy biến áp dùng cho mở máy .

Độ phát nóng của dòng điện xác định theo phương pháp điện trở $\leq 135^0C$.

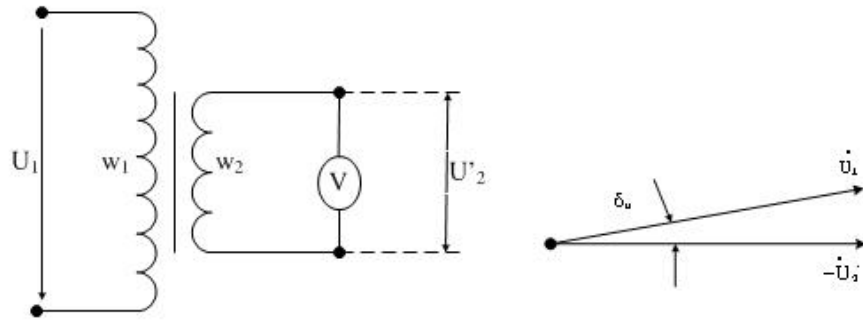
3. Máy Biến Áp Đo Lường

Gồm hai loại:

Máy biến điện áp và máy biến dòng điện để biến đổi điện áp cao, dòng điện lớn thành những lượng nhỏ để đo được bằng dụng cụ đo tiêu chuẩn (1V ÷ 100V hoặc 1A ÷ 5A) hoặc dùng trong mạch bảo vệ. Máy biến điện áp được chế tạo với công suất từ 25VA ÷ 1000VA và máy biến dòng từ 5V ÷ 100VA.

Máy biến điện áp có dây quấn sơ cấp nối với lưới điện và dây quấn thứ cấp nối với Volt mét hay với cuộn dây song song của Watt mét hoặc với cuộn dây của rơ le bảo vệ. Tổng trở Z của loại máy này rất lớn nên máy biến áp làm việc ở trạng thái gần như không tải, điện áp rơi trong máy rất nhỏ, do đó sai số về trị số $\Delta U\%$ và về góc δ_u giữa U_1 và U_2 đều nhỏ.

$$\Delta U\% = \frac{U_2 \cdot \frac{w_1}{w_2} - U_1}{U_1} \cdot 100 \quad (2.17)$$



Hình 2.9. Sơ đồ kết nối và đồ thị vector của MBA.

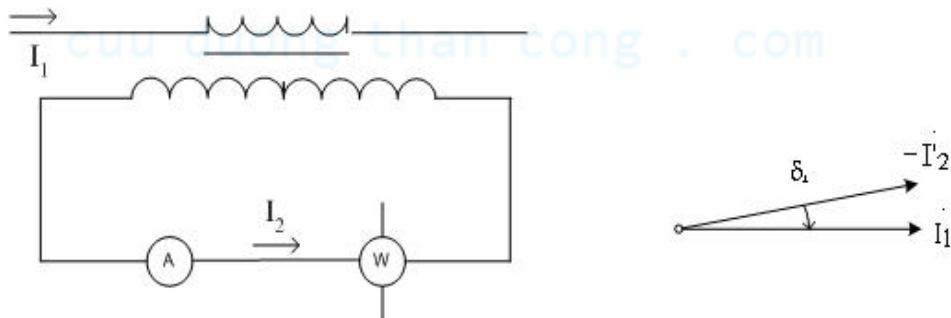
Chú ý khi sử dụng máy biến điện áp không được nối tắt mạch thứ cấp, vì như thế sẽ tương đương với nối tắt mạch sơ cấp và dẫn đến gây ra sự cố ngắn mạch ở lưới điện.

Máy biến dòng điện có dây quấn sơ cấp và nối nối tiếp với mạch cần đo dòng điện, dây quấn thứ cấp gồm nhiều vòng dây được nối với Ampe mét hoặc các cuộn dây nối tiếp của Watt mét hay rơ le bảo vệ.

Tổng trở Z của những dụng cụ này rất nhỏ và trạng thái làm việc của máy biến dòng là trạng thái ngắn mạch, lõi thép không bão hoà ($\Phi = 0,8 \div 1$ wb) và $I_0 \approx 0$, do đó các sai số đo lường về trị số

$$\Delta i\% = \frac{I_2 \cdot \frac{w_2}{w_1} - I_1}{I_1} \cdot 100 \quad (2.18)$$

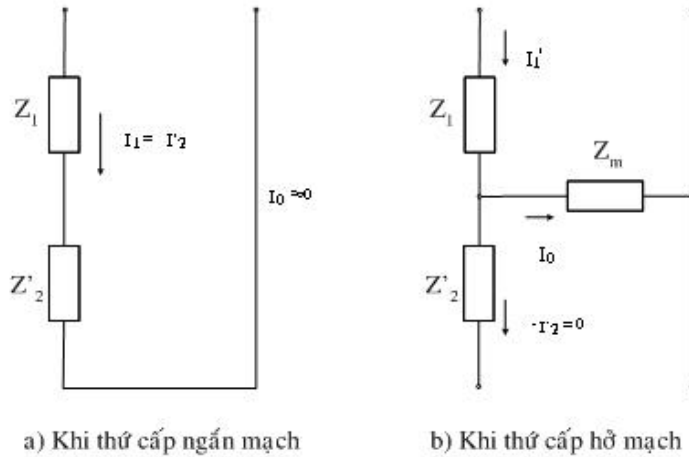
và sai số về góc δ_i cũng nhỏ.



Hình 2.10. Sơ đồ kết nối và đồ thị vector của my biến dòng.

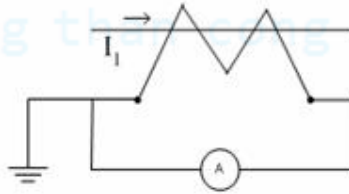
Chú ý khi sử dụng máy biến dòng không được để dây quấn thứ cấp hở mạch vì như vậy $I_0 = I_1$ rất lớn, lõi thép bão hoà nghiêm trọng ($\Phi = 1,4 \div 1,8$ wb) sẽ nóng

và làm cháy dây quấn. Hơn nữa khi bão hoà sẽ làm cho sức điện động tăng vọt đến điện áp ở đầu thứ cấp lên rất cao không an toàn cho người sử dụng.



Hình 2.11.

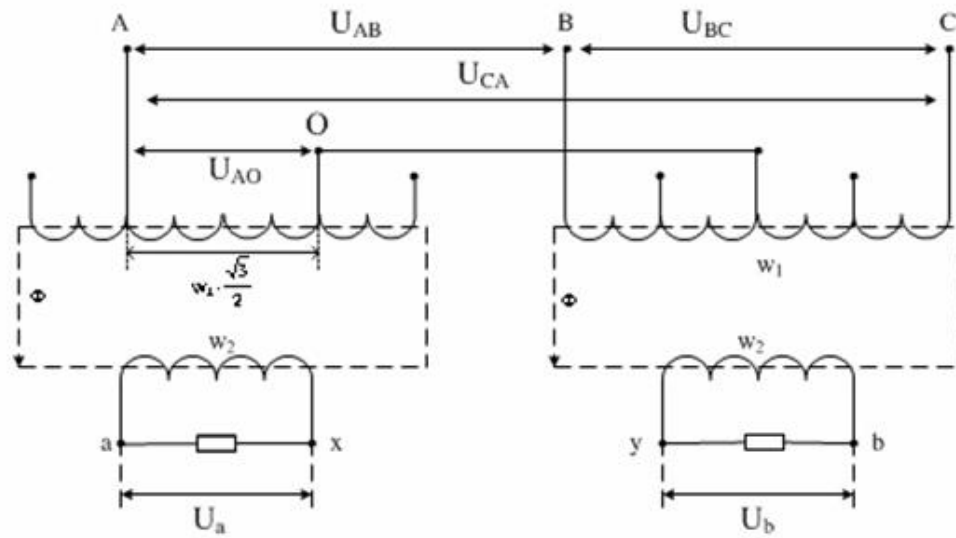
Để đảm bảo an toàn dây quấn thứ cấp được nối đất một đầu.



Hình 2.12. Sơ đồ nguyên lý.

4. Máy Biến Áp Chuyển Đổi Ba Pha Sang Hai Pha (MBA SCOTT).

Hiện nay, cùng với sự phát triển của nền công nghiệp ngày càng có nhiều dây chuyền sản xuất hiện đại ra đời. Dây chuyền sản xuất càng hiện đại thì tính chuyên môn hoá càng cao đòi hỏi các thiết bị sử dụng trong dây chuyền cũng mang tính chuyên môn hoá cao. Do đó, để áp dụng các yêu cầu trên thì ngày càng có nhiều thiết bị đặc biệt chế tạo. Các thiết bị này được chế tạo chỉ để đáp ứng một vài yêu cầu đặc biệt nào đó. Máy biến áp chuyển đổi số pha là một trong các thiết bị đặc biệt đó. Máy biến áp chuyển đổi số pha từ ba pha thành hai pha hay còn gọi máy biến áp Scott là loại máy biến áp đặc biệt chuyên dùng để tạo điện áp hai pha cấp nguồn cho các động cơ hai pha. Như ta biết các động cơ điện hai pha có thể đấu nối trở để dùng điện một pha. Tuy nhiên, việc này làm cho momen mở máy của động cơ thấp không đáp ứng được yêu cầu của một số dây chuyền sản xuất. Để khắc phục hiện tượng trên chúng ta phải dùng máy biến áp chuyển đổi số pha từ ba pha sang hai pha để cung cấp nguồn điện hai pha cho động cơ hai pha. Hình 2.10. Sơ đồ nguyên lý của máy biến áp biến đổi ba pha thành hai pha.



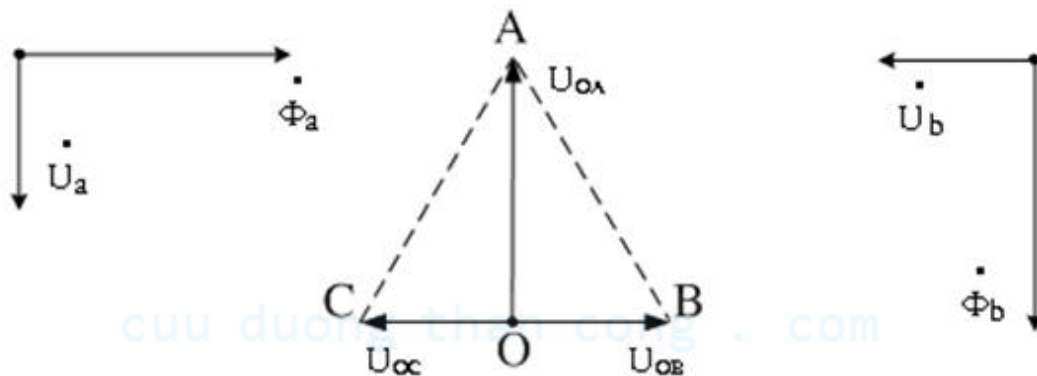
Hình 2.13. Sơ đồ máy biến áp biến đổi số pha

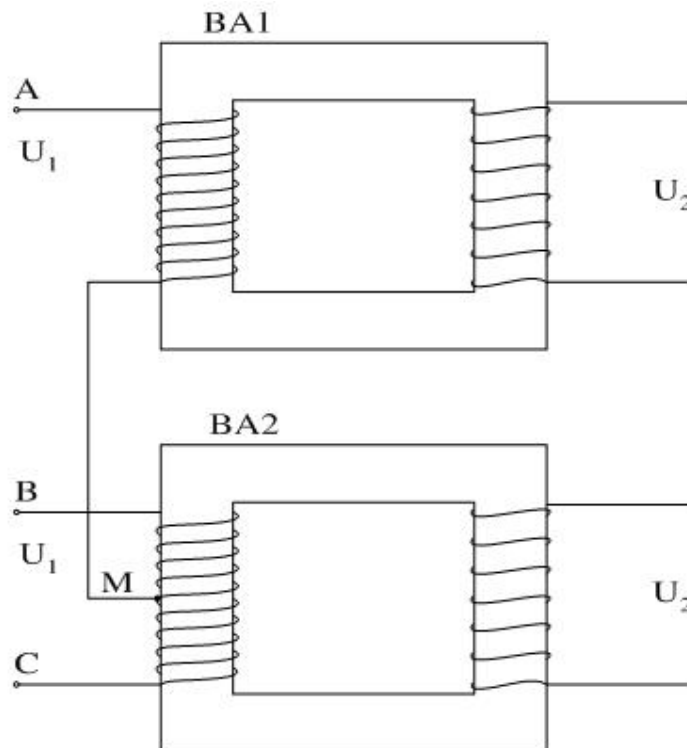
Ta có :

$$U_b = U_{BC} \cdot \frac{w_2}{w_1} = U_1 \cdot \frac{w_2}{w_1}$$

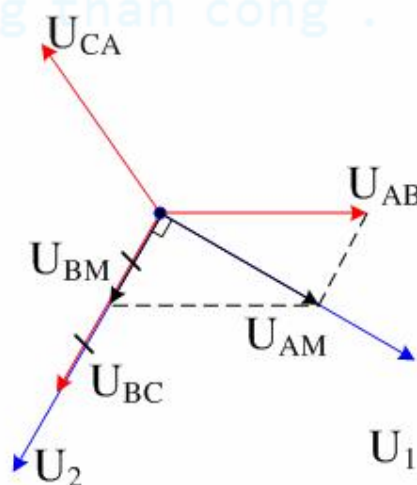
$$U_a = U_{AO} \cdot \frac{2 \cdot w_2}{\sqrt{3} \cdot w_1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U_1 \cdot \frac{2 \cdot w_2}{\sqrt{3} \cdot w_1} = U_1 \cdot \frac{w_2}{w_1}$$

Ta có giản đồ vector sau:





Hình 2.14. Sơ đồ kết nối mba Scott.

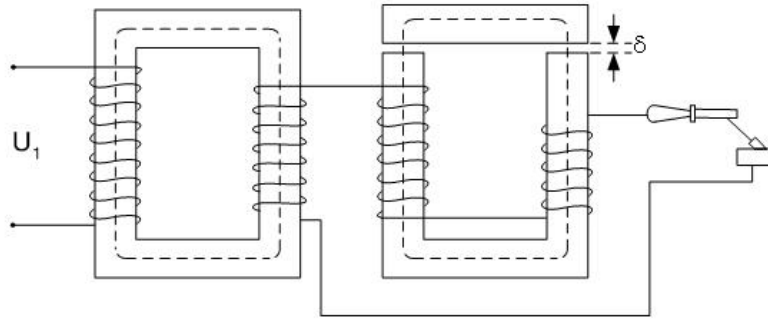


Hình 2.15. Đồ thị vectơ của mba Scott.

5. Máy Biến Áp Hàn

Các máy biến áp hàn được chia thành nhiều loại có cấu tạo và đặc tính khác nhau tùy theo phương pháp hàn (hồ quang , hàn điện ...). Ở đây ta chỉ xét đến loại máy biến áp hàn hồ quang (hình 2-15). Các máy biến áp hàn hồ quang được chế tạo sao cho có đặc tính ngoài $U_2 = f(I_2)$ rất dốc để hạn chế được dòng điện ngắn mạch và bảo đảm cho hồ quang được ổn định. Muốn điều chỉnh dòng điện hàn cần phải có thêm một cuộn cảm phụ có điện kháng thay đổi được bằng cách thay đổi khe hở δ của lõi thép của cuộn cảm.

Máy biến áp hàn hồ quang thường có điện áp không tải bằng $60 \div 75V$ và điện áp ở tải định mức bằng $20kVA$ và nếu dùng cho hàn tự động thì có thể tới hàng $100kVA$.



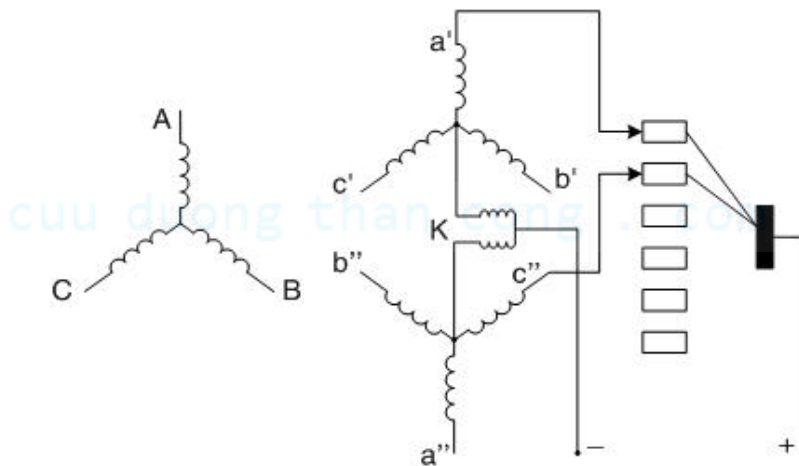
Hình 2.15. Máy biến áp hàn hồ quang làm việc có cuộn kháng

6. Máy Biến Áp Chỉnh Lưu

Máy biến áp chỉnh lưu có đặc điểm là tải của các pha không đồng thời mà luân phiên nhau theo sự làm việc của các dương cực của các bộ chỉnh lưu thuỷ ngân hoặc bán dẫn đặt ở mạch thứ cấp của máy biến áp như trên hình 2.16. Như vậy máy biến áp luôn luôn làm việc trong tình trạng không đối xứng, do đó phải chọn sơ đồ nối dây sao cho đảm bảo được điều kiện từ hoá bình thường của các trụ lõi thép và giảm nhỏ được sự đập mạch của điện áp và dòng điện chỉnh lưu.

Muốn như vậy phải tăng số pha của dây quấn thứ cấp (thường chọn số pha bằng 6) và ở phía thứ cấp có đặt thêm cuộn cảm cân bằng K giữa các điểm trung tính của ba pha thuận ($a'b'c'$) và ba pha ngược ($a''b''c''$). Tác dụng của cuộn cảm K là làm cân bằng điện áp trong mạch của hai pha có góc lệch 60° làm việc song song, ví dụ như của a' và c'' trên hình 2.16.

Khi hai dây quấn thứ cấp làm việc song song với nhau, bộ chỉnh lưu sáu pha làm việc tương tự như bộ chỉnh lưu ba pha và mỗi dương cực làm việc không phải trong thời gian một phần sáu mà trong một phần ba chu kỳ.



Hình 2.16. Sơ đồ máy biến áp chỉnh lưu

CÂU HỎI ÔN TẬP.

1. Cấu tạo, nguyên lý làm việc và đặc điểm của máy biến áp ba dây quấn.
2. Vì sao trong máy biến áp ba dây quấn từ thông, sđđ và điện áp pha luôn luôn là hình sin ?
3. Nguyên lý làm việc và đặc điểm của máy biến áp tự ngẫu. So sánh máy biến áp tự ngẫu với máy biến áp hai dây quấn.
4. Cấu tạo, nguyên lý làm việc và ứng dụng của máy biến áp đo lường. Những điểm cần chú ý khi sử dụng chúng.
5. Bài tập 1: Cho 1 máy biến áp ba pha ba dây quấn $Y_0/Y_0/\Delta$ -12-11 :
 $10000/6667/10000$ KVA; $121/38,5/11$ KV; $u_{n12}\% = 15$; $u_{n13}\% = 10,5$; $u_{n23}\% = 6$; $u_{nr12}\% = 1$; $u_{nr13}\% = 0,65$; $u_{nr23}\% = 0,8$.
 - a. Tính các tham số r_1, r'_2, r'_3 ; x_1, x'_2, x'_3 và vẽ giản đồ thay thế máy biến áp này.
 - b. Phía điện áp cao được nối với nguồn. Dây quấn điện áp trung bình có tải bằng 3000 KVA ; $\cos\varphi_2 = 0,8$ và dây quấn điện áp thấp có tải bằng 6000 KVA, $\cos\varphi_3 = 0,8$. Tính $\Delta u_{12}\%$ và $\Delta u_{13}\%$.
6. Bài tập 2 : Cho một máy biến áp 3 pha $S_{dm} = 3200$ KVA , $35/6$ KV , $52,5/307,5$ A, Y/Y -12, $u_n\% = 1,04$, $p_{Fe} = 9,53$ KW , $p_{cu} = 32,5$ KW. Bây giờ đem nối lại thành máy biến áp tự ngẫu 41/35 KV. Hãy ;
 - a. Trình bày cách nối dây của máy biến áp tự ngẫu.
 - b. Tính công suất truyền tải của máy biến áp tự ngẫu, công suất của dây quấn sơ cấp và thứ cấp.
 - c. Hiệu suất của máy biến áp tự ngẫu ở tải định mức với $\cos\varphi = 0,8$.
 - d. Dòng điện ngắn mạch của máy biến áp tự ngẫu.

cuu duong than cong . com

CHƯƠNG 3:

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

1. Đại Cương

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 và trạng thái hãm.

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 còn dùng nhiều máy điện 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 rất rộng rãi. Vì vậy trong chương này sẽ nói qua nguyên lý làm việc của một vài loại thông dụng.

2. Các Chế Độ Làm Việc Đặc Biệt Của Máy Điện Không Đồng Bộ

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

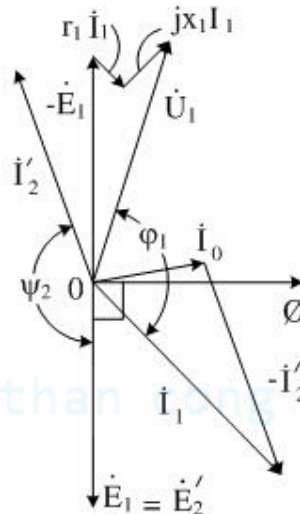
Như ta đã biết khi máy điện không đồng bộ làm việc ở hệ số trượt $\infty < s < 0$ thì :

$$\operatorname{tg} \psi_2 = \frac{\frac{x'_2}{r'_2}}{s} = \frac{sx'_2}{r'_2} < 0 \quad (3.1)$$

do đó $90^\circ < \psi_2 < 180^\circ$: ψ_2 góc giữa E_2 và I_2 .

Từ đồ thị vector của máy phát điện không đồng bộ ta thấy $\varphi_1 > 90^\circ$, do đó :

$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0$, tức là máy phát công suất điện tác dụng vào lưới .



Hình 3.1. Đồ thị vector của máy điện không đồng bộ ở chế độ máy phát.

Như vậy nếu dùng một động cơ sơ cấp kéo rôto quay nhanh hơn tốc độ đồng bộ thì máy sẽ phát ra công suất điện tác dụng vào lưới. Tuy vậy, công suất phản kháng Q , $Q = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 > 0$ nên máy vẫn nhận công suất phản kháng từ lưới vào một mặt để cung cấp công suất phản kháng do từ thông tản trên stato và rôto gây nên. Mặt khác để tạo từ thông trong khe hở không khí của máy.

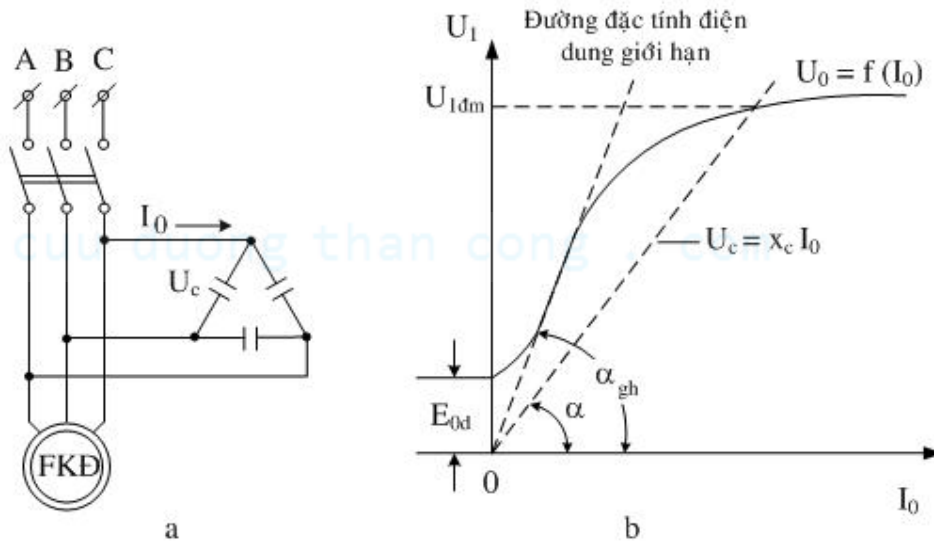
Khuyết điểm chính của máy phát không đồng bộ làm việc với lưới là tiêu thụ nhiều công suất phản kháng làm cos ϕ của lưới kém.

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

Máy phát điện không đồng bộ còn có thể làm việc độc lập với lưới, quá trình tự kích để thành lập điện áp tương tự như trong máy điện 1 chiều kích thích song song.

Từ đồ thị vectơ Hình 3.1, nếu bỏ qua tổn hao thép ta thấy I_0 vượt trước E_1 1 góc 90° nghĩa là máy phải phát ra dòng điện điện dung mới có thể tự kích được. Vì vậy khi làm việc độc lập với lưới ta phải nối ở đầu cực máy một lượng điện dung C thích hợp.

Ngoài ra máy cần có từ dư, nhờ sđd do từ dư sinh ra mà trong điện dung C có dòng điện điện dung làm cho từ thông được tăng cường. Điều kiện cuối cùng để thành lập được điện áp là có đủ điện dung để cho đường đặc tính điện dung và đường cong từ hoá của máy phát giao nhau ở điểm làm việc định mức .



Hình 3.2. Máy phát điện không đồng bộ tự kích.

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

$$\operatorname{tg} \alpha_{gh} = \frac{U_c}{I_0} = \frac{1}{C_{gh} \omega} \quad (3.2)$$

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

$$\begin{aligned} \alpha &< \alpha_{gh} \\ \text{hay :} \quad C &> C_{gh} \end{aligned} \quad (3.3)$$

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 :

$$C_0 = \frac{\sqrt{3}I_\mu}{2\pi f_1 U_1^2} 10^6 \text{ (}\mu\text{F)} \quad (3.4)$$

$$\Rightarrow U_1 = \sqrt{3}I_\mu \frac{1}{C_0 \omega} = \sqrt{3} I_\mu x_c \quad (3.5)$$

Trong đó I : Dòng điện từ hoá có thể coi là dòng điện không tải I_0 .

U_1 : Điện áp dây của máy.

f_1 : Tần số dòng điện phát ra.

$$f_1 = \frac{pn_1}{60} \approx \frac{pn}{60}$$

Để tiết kiệm điện dung thường đấu chúng theo cách đấu Δ như Hình 3.2 a. Khi có tải phải luôn giữ tốc độ lên bằng n_{dm} , nếu tốc độ giảm thì f_1 giảm. Đường cong từ hoá thấp xuống, $tg \equiv 1/n$ tăng lên khiến cho điện áp giảm hoặc mất ổn định .

Khi có tải thì do điện kháng của tải và điện kháng tản từ của stato nên phải tăng thêm điện dung C để giữ $U = \text{const}$. Điện dung để bù vào điện kháng tản từ của dòng stato vào khoảng 25% C_0 . Điện dung bù vào điện kháng của tải có thể tính theo công thức sau:

$$C_1 = \frac{Q}{2\pi f_1 U_1^2} 10^6 \text{ (}\mu\text{F)} \quad (3.6)$$

trong đó Q là công suất phản kháng của tải.

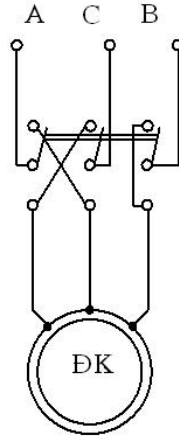
Từ đó ta thấy, trừ khi có thiết bị điều chỉnh tự động, nếu không thì khi tải thay đổi rất khó giữ U và f_1 không đổi. Ở tải thuần trở thì ảnh hưởng đối với điện áp và tần số còn ít. Nếu tải có tính cảm thì ảnh hưởng đến U và f_1 rất nhiều.

Do điện dung tương đối đắt nên thường hạn chế công suất của máy phát không đồng bộ thường nhỏ hơn 20 KW. Máy phát điện không đồng bộ tự kích thường là loại rôto lồng sóc và sử dụng ở những nơi yêu cầu chất lượng điện không cao lắm như trong quá trình điện khí hoá nông thôn hoặc làm nguồn điện tạm thời với công suất nhỏ.

2.2. Trạng thái hãm của máy điện không đồng bộ

Trong thực tế muốn động cơ ngừng quay một cách nhanh chóng và bằng phẳng khi cắt điện vào động cơ hoặc cần giảm bớt tốc độ (ở cần trục khi đưa hàng xuống) người ta dùng phương pháp hãm cơ hay điện. Ở đây chỉ giới thiệu các phương pháp hãm bằng điện.

a. Phương pháp hãm ngược (Đổi thứ tự pha)

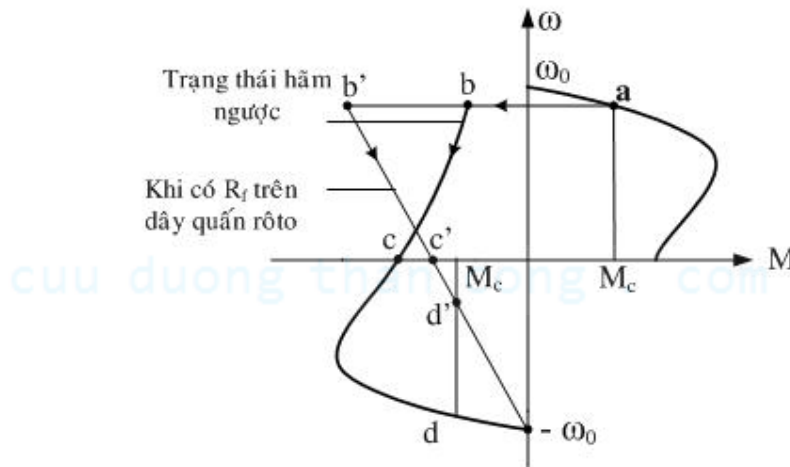


Hình 3.3. Hãm đổi thứ tự pha động cơ điện không đồng bộ.

Ta biết khi $s > 1$, rôto quay ngược với chiều từ trường quay thì động cơ điện làm việc ở chế độ hãm. Ta ứng dụng nguyên lý đó như sau:

Khi động cơ đang làm việc, rôto quay cùng chiều với từ trường quay. Sau khi cắt mạch điện, muốn rôto ngừng quay nhanh chóng ta đóng cầu dao về phía khác để đổi thứ tự pha đặt vào stato Hình 3.3. Do quán tính, rôto vẫn quay theo chiều cũ trong lúc đó từ trường đã quay ngược nên động cơ làm việc ở chế độ hãm. Mômen điện từ sinh ra ngược chiều với rôto và có tác dụng hãm nhanh chóng và bằng phẳng tốc độ quay của máy.

Để giảm dòng điện trong quá trình hãm có thể đổi nối dây quấn stato từ $\Delta \rightarrow Y$, hay có thể đặt thêm điện trở trong dây quấn rôto để giảm dòng điện và tăng mômen hãm. Khi rôto ngừng quay, phải cắt ngay mạch điện. Nếu không động cơ sẽ quay theo chiều ngược lại (đặc tính cơ khi hãm ngược như Hình 3.4).



Hình 3.4. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi hãm ngược bằng cách đảo chiều từ trường quay.

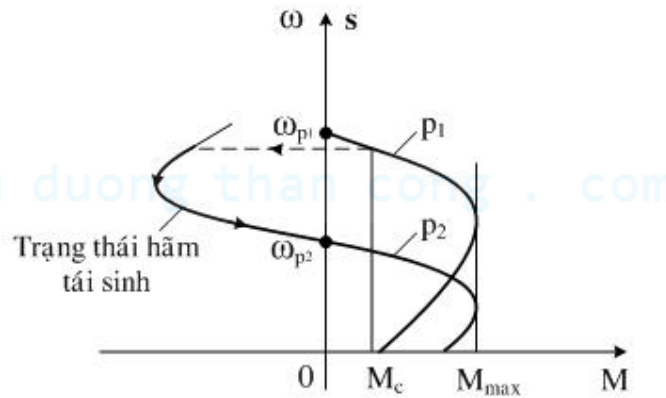
b. Phương pháp hãm tái sinh (đổi thành máy phát)

Muốn thực hiện phương pháp hãm này cần đổi động cơ điện sang làm việc ở chế độ máy phát điện, tức là đổi tốc độ từ trường quay $n_1 < n$ nhưng vẫn cùng chiều với rôto. Khi làm việc ở chế độ động cơ muốn hãm cần phải tăng số đôi cực p của máy lên, lúc đó $n > n_1$ động cơ sẽ trở thành máy phát trả năng lượng về lưới đồng thời có mômen hãm động cơ lại. Có trường hợp không cần đổi số đôi cực như khi xe điện xuống dốc tốc độ của rôto tăng lên quá tốc độ đồng bộ như vậy động cơ cũng làm việc ở trạng thái hãm.

Để tăng mômen hãm, đôi khi người ta cho phép tăng điện áp đặt vào dây quấn stato bằng cách đổi nối từ $Y \rightarrow \Delta$. Khi hãm tái sinh dòng điện tác dụng trong mạch rôto âm nên mômen điện từ của động cơ cũng âm:

$$I'_{2s} = \frac{E'_2 s}{R'_2 + jx'_2 s} = \frac{E'_2 R'_2 s}{R'^2_2 + (x'_2 s)^2} - j \frac{E'_2 x'_2 s^2}{R'^2_2 + (x'_2 s)^2} \quad (3.7)$$

$$\text{với: } s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

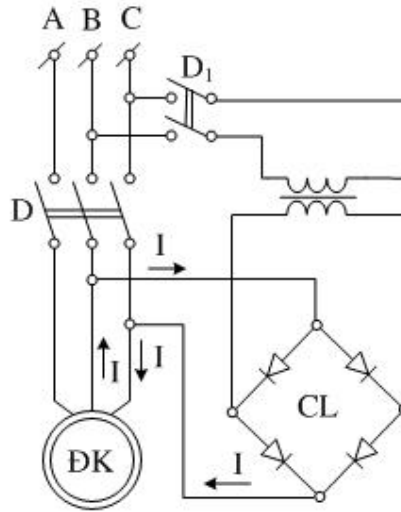


Hình 3.5. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi hãm tái sinh bằng cách thay đổi số đôi cực.

c. Phương pháp hãm động năng

Sau khi cắt điện đưa vào động cơ thì lập tức đưa điện một chiều vào dây quấn stato. Dòng điện dòng chiều vào dây quấn stato tạo thành từ trường một chiều trong máy. Do còn quán tính dây quấn rôto cảm ứng nên sđđ và dòng điện tác dụng với từ trường trên tạo thành M_{dt} chống lại chiều quay của máy. Ở loại động cơ rôto dây quấn người ta thường cho thêm điện trở phụ vào phía rôto để tăng thêm mômen hãm.

Điều chỉnh mômen hãm bằng cách điều chỉnh điện áp một chiều vào dây quấn stato. Trên thực tế quá trình hãm theo phương pháp này thường được tiến hành tự động.



Hình 1 .6. Hãm động năng động cơ điện không đồng bộ.

3. Các Dạng Khác Của Máy Điện Không Đồng Bộ

3.1. Máy điều chỉnh pha (máy dịch pha)

Máy dịch pha là loại máy điện có thể tạo nên một sđđ E_2 ở phía thứ cấp với một góc lệch pha tùy ý so với điện áp sơ cấp U_1 .

Máy có cấu tạo giống như máy điện không đồng bộ rôto dây quấn nhưng rôto bị giữ chặt bởi một hệ thống vis vô tận làm rôto không thể quay tự do được mà chỉ có thể quay một góc nhất định theo sự điều khiển từ bên ngoài. Máy thường là loại ba pha. Theo Hình 3.7-a ta có dây quấn stato nối với lưới điện sinh ra từ trường quay. Dây quấn rôto thông qua vành trượt nối với tải.

Từ trường quay trong khe hở sinh ra sđđ trong dây quấn stato là E_1 và E_2 có trị số tỷ lệ với số vòng dây tác dụng của các dây quấn còn góc pha phụ thuộc vào vị trí tương đối của chúng. Vì ba pha đối xứng ta có thể nghiên cứu trên một pha.

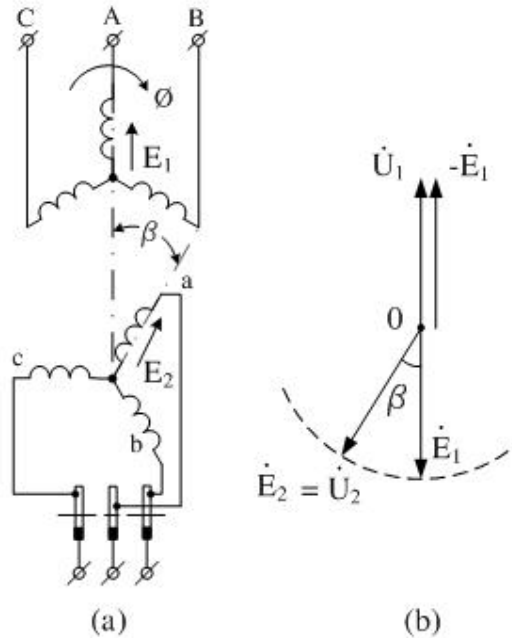
Giả sử góc giữa pha A của dây quấn stato với pha a của dây quấn rôto là 0° . Sau đó quay pha a đi một góc β theo chiều từ trường quay. Căn cứ vào mạch điện thay thế và bỏ qua điện áp rơi trên tổng trở ta có:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &\approx -\dot{E}_1 \\ \dot{U}_2 &\approx \dot{E}_2 = \frac{E_1}{k} e^{-j\beta} = \frac{E_1}{k} (\cos\beta - j\sin\beta) \end{aligned} \quad (3.8)$$

trong đó : k là tỷ số biến đổi điện áp.

Căn cứ vào phân tích trên ta thấy $E_2 = \text{Const}$. Chỉ thay đổi về góc pha

Máy dịch pha được dùng trong các thiết bị thí nghiệm.



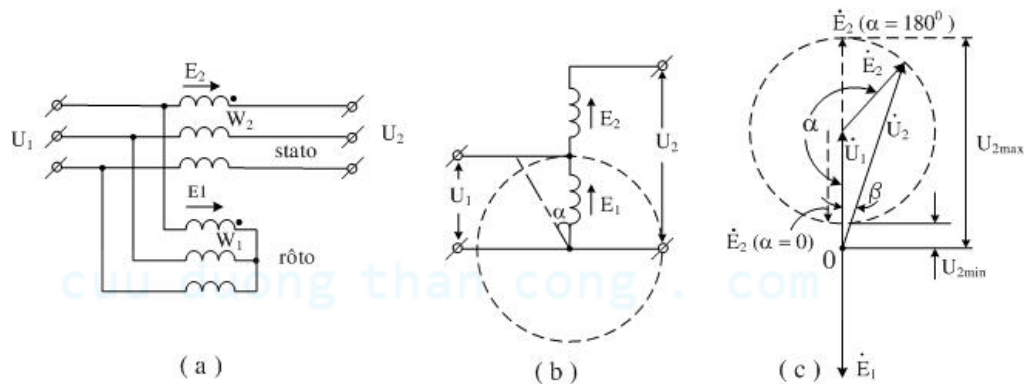
Hình 3.7. Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vectơ của máy dịch pha.

3.2. Máy điều chỉnh cảm ứng :

Máy điều chỉnh cảm ứng là loại máy biến điện áp dựa trên nguyên lý của máy điện không đồng bộ ba pha rôto dây quấn với rôto đứng yên.

Kết cấu của máy điều chỉnh cảm ứng giống như máy dịch pha, chỉ khác là dây quấn stato và rôto ngoài sự liên hệ về từ còn liên hệ về điện như trong máy biến áp tự ngẫu hai dây quấn. Máy điều chỉnh cảm ứng có hai loại : Đơn và kép.

a. Máy điều chỉnh cảm ứng đơn:



Hình 3.8. Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vectơ của máy điều chỉnh cảm ứng đơn.

Nghiên cứu trên một pha dây quấn ta có:

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= \dot{U}_1 + \dot{E}_2 \approx \dot{U}_1 - \frac{U_1}{k} e^{-j\alpha} \\ \dot{U}_2 &= U_1 \left(1 - \frac{1}{k} e^{-j\alpha} \right)\end{aligned}\quad (3.9)$$

α là góc lệch giữa E_2 và E_1

$$\text{Khi } \alpha = 0 \text{ thì } U_2 = U_{2\min} = U_1 \left(1 - \frac{1}{k} \right)$$

$$\text{Khi } \alpha = 180^\circ \text{ thì } U_2 = U_{2\max} = U_1 \left(1 + \frac{1}{k} \right)$$

Cần chú ý là khi điều chỉnh trị số của U_2 thì góc pha của nó đối với U_1 cũng thay đổi một ít. Ngoài ra khi máy làm việc trên rôto có mômen điện từ lớn kéo về vị trí hai dây quấn stato và rôto trùng trục nên phải có bộ phận hãm giữ không cho rôto quay. Để khắc phục khuyết điểm này ta dùng máy điều chỉnh cảm ứng kép.

b. Máy điều chỉnh cảm ứng kép

Gồm hai máy điều chỉnh cảm ứng đơn ghép lại, hai rôto được nối chặt với nhau về cơ khí. Dây quấn được nối theo sơ đồ nguyên lý như Hình 3.9-a.

Theo hình vẽ ta thấy thứ tự pha của hai máy ngược nhau từ trường quay ngược nhau nên góc pha giữa E_2 với E_1 trong hai máy bao giờ cũng ngược nhau dù rôto quay theo chiều nào.

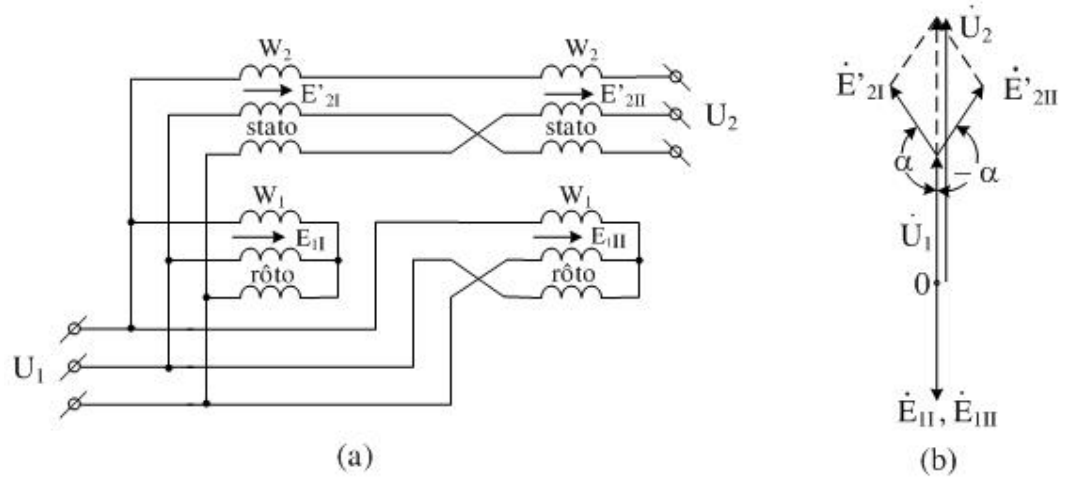
Theo đồ thị vectơ ở Hình 3.9-b ta có điện áp đầu ra bằng:

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= \dot{U}_1 + \dot{E}'_{2I} + \dot{E}''_{2II} \\ &= \dot{U}_1 - \frac{U_1}{k} e^{j\alpha} + \frac{U_1}{k} e^{-j\alpha} \\ &= U_1 \left[1 - \frac{1}{k} (e^{j\alpha} + e^{-j\alpha}) \right]\end{aligned}\quad (3.10)$$

$$\text{Khi } \alpha = 0 \text{ ta có : } U_2 = U_{2\min} = U_1 \left(1 - \frac{2}{k} \right)$$

$$\text{Khi } \alpha = 180^\circ \text{ ta có : } U_2 = U_{2\max} = U_1 \left(1 + \frac{2}{k} \right)$$

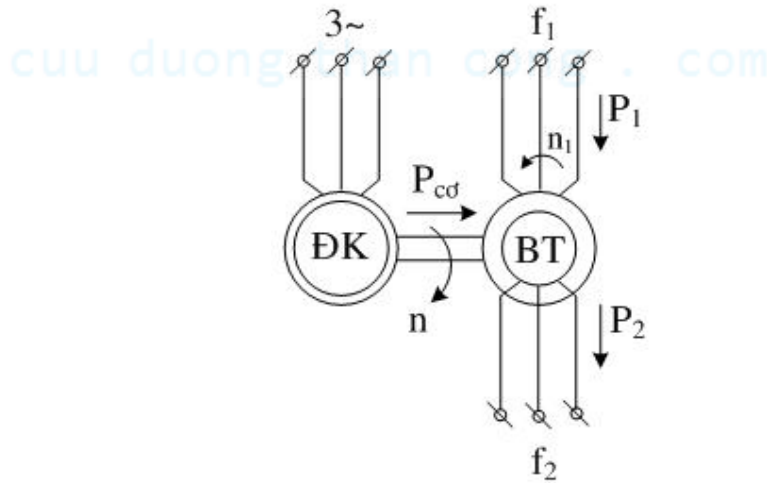
Góc pha U_2 luôn luôn trùng pha với U_1 , còn M_{dt} sinh ra ở hai máy điều chỉnh cảm ứng đơn bằng nhau và ngược chiều nên trên trục máy không chịu mômen nào cả.



Hình 3.9. Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vector của máy điều chỉnh cảm ứng kép.

3.3. Máy biến đổi tần số

Máy điện không đồng bộ rôto dây quấn có thể dùng làm máy biến đổi tần số từ f_1 sang tần số f_2 . Ví dụ ta nghiên cứu trường hợp $f_2 > f_1$. Sơ đồ nguyên lý ở Hình 3.10.



Hình 3.10. Sơ đồ máy biến đổi tần số.

Dây quấn stato được nối với lưới điện có tần số f_1 , rôto được một động cơ sơ cấp ĐK kéo quay ngược với chiều từ trường quay. Do đó tần số của sđđ cảm ứng ở dây quấn rôto bằng :

$$f_2 = s f_1$$

$$\text{với } s = \frac{n_1 + n}{n_1} > 1$$

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} \text{ là tốc độ đồng bộ của từ trường quay.}$$

Ở máy biến đổi tần số dây quấn rôto nhận năng lượng từ 2 phía. Một phần từ phía stato chuyển qua nhờ từ trường quay, một phần từ động cơ sơ cấp ĐK truyền qua theo trục của rôto .

$$P_2 = m_2 s E_2 I_2 \cos \psi_2$$

Trong đó m_2 và E_2 là số pha và Sđđ của rôto khi đứng yên.

CS điện từ chuyển từ stato sang roto bằng :

$$P_{dt} = m_2 E_2 I_2 \cos \psi_2 \quad (3.11)$$

Khi $s > 1$ thì $P_2 > P_{dt}$: Máy lấy công suất từ trục động cơ sơ cấp ĐK vào và công suất cơ đó bằng:

$$\begin{aligned} P_{co} &= P_2 - P_{dt} \\ &= m_2 (s - 1) E_2 I_2 \cos \psi_2 \end{aligned} \quad (3.12)$$

Máy biến đổi tần số thường dùng để cung cấp dòng điện tần số f_2 từ 100÷200Hz dùng trong công nghiệp.

Ta có :

$$s = \frac{n_1 + n}{n_1} = \frac{\frac{f_1}{p_{BT}} + \frac{f_1}{p_D}}{\frac{f_1}{p_{BT}}} = \frac{p_D + p_{BT}}{p_{BT}} \quad (3.13)$$

Trong đó : p_{BT} và p_D : Số đôi cực của máy biến tần và của động cơ.

$$\begin{aligned} \text{Ví dụ : } \left. \begin{array}{l} p_D = 1 \\ p_{BT} = 2 \end{array} \right\} s = 3 \quad f_2 = 3f_1 = 150 \text{ Hz} \\ \left. \begin{array}{l} p_D = 1 \\ p_{BT} = 3 \end{array} \right\} s = 4 \quad f_2 = 4f_1 = 200 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3.4. Máy điện không đồng bộ làm việc trong hệ tự đồng bộ (Selsyn)

Máy điện không đồng bộ làm việc trong hệ tự đồng bộ gồm nhiều máy đặt cách nhau và chỉ nối với nhau bằng điện. Khi 1 trong những máy đó quay đi một góc (gọi là máy phát) thì những máy khác (máy thu) cũng quay 1 góc như vậy. Hệ thống này thường dùng trong kỹ thuật khống chế và đo lường. Những máy điện này thường thuộc loại ba pha và một pha và có thể làm việc ở nhiều chế độ : Chỉ thị, vi sai, biến áp.

a. Hệ Tự Đồng Bộ 3 Pha (Selsyn 3 pha)

Hệ tự đồng bộ ba pha đơn giản nhất là gồm hai máy điện không đồng bộ rôto dây quấn. Dây quấn stato của chúng được nối với lưới điện còn dây quấn rôto được nối với nhau theo đúng thứ tự ph. Như vậy nếu ở hai máy vị trí của rôto đối với stato giống nhau thì sđđ E_2 trong mạch rôto của chúng sẽ ngược nhau và dòng điện I_2 sẽ bằng 0.

Gọi F là máy phát tín hiệu và T là máy thu tín hiệu thì khi có tín hiệu tác động vào máy phát F làm quay rôto của nó đi 1 góc thì các Sđđ E_{2F} và E_{2T} sẽ có góc lệch và do đó trong mạch rôto sẽ có dòng điện I_2 .

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{2F} - \dot{E}_{2T} \cdot e^{\pm j\theta}}{Z_{2F} - Z_{2T}} \quad (3.14)$$

(+) khi rôto F quay cùng chiều với U_F (E_{2T} vượt trước E_{2F})

(-) Khi rô to F quay ngược chiều với U_F

Trong đó : Z_{2F} và Z_{2T} : Tổng trở rôto của máy phát (F) và máy thu (T)

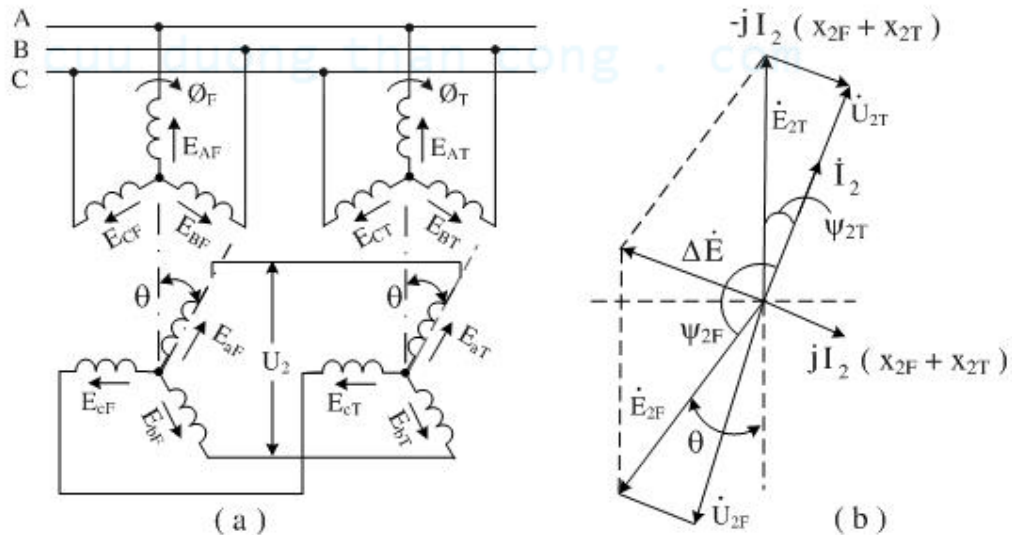
Từ đồ thị vectơ Hình 3.11-b ta thấy thành phần tác dụng của I_2 cùng chiều với E_{2T} do đó M_T sẽ làm quay rôto của máy T đi 1 góc . Trái lại thành phần tác dụng của I_2 ngược chiều với E_{2F} nên sẽ có mômen M_F kéo rôto của máy F trở về vị trí $\theta = 0$.

Hoặc có thể giải thích như sau:

- góc $\psi_{2F} \approx 180^\circ$, $\cos \psi_2 < 0 \rightarrow M_F < 0$ (M hãm) : kéo rôto máy F trở về vị trí 0

- góc $\psi_{2T} \approx 0$, $\cos \psi_2 > 0 \rightarrow M_T > 0$ (M quay) : kéo rôto của máy T đi 1 góc .

Hệ thống hai máy trên sẽ làm việc cân bằng khi góc lệch ở hai máy F và T bằng nhau. Vì vậy khi giữ rôto của máy F ở góc thì rôto của máy T cũng sẽ quay một góc đúng bằng . Sự liên lạc như thế còn gọi là sự liên lạc kiểu trực điện.



Hình 3.11. Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vectơ của selsyn ba pha.

b. Hệ tự đồng bộ 1 pha (selsyn 1 pha)

Stato của hai máy F và T chỉ có một pha nối với lưới điện chung, còn rôto của hai máy vẫn là dây quấn ba pha và nối với nhau theo đúng thứ tự pha .

Khi cho dòng điện một pha vào dây quấn stato thì trong khe hở sinh ra từ trường đập mạch và có thể phân thành hai từ trường quay ngược chiều nhau là U_A và U_B và ta coi như có hai hệ thống đồng bộ ba pha hợp lại. Như vậy có thể dùng nguyên lý làm việc của hệ ba pha tìm ra mômen từng phần và mômen tổng.

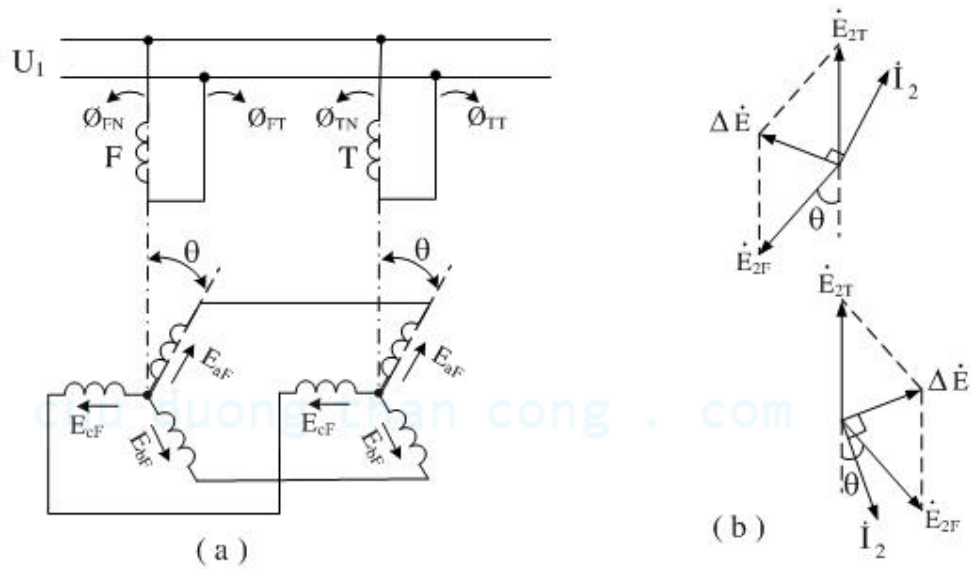
Quay rôto của máy F theo chiều của U_{AF} một góc . Đối với từ trường quay thuận U_{AF} và U_{AT} thì giống như hệ ba pha M_{AF} và M_{AT} có khuynh hướng kéo hai rôto

trở về cùng một vị trí. Đối với từ trường quay ngược U_{BF} và U_{BT} cũng vậy. Vì vậy mômen do hai từ trường quay sinh ra trên mỗi máy cùng chiều nên trị số tuyệt đối của chúng là tổng của hai mômen của từng phân lượng từ trường làm trục quay. Như vậy nếu quay roto của máy F đi một góc thì roto máy T cũng quay đi một góc.

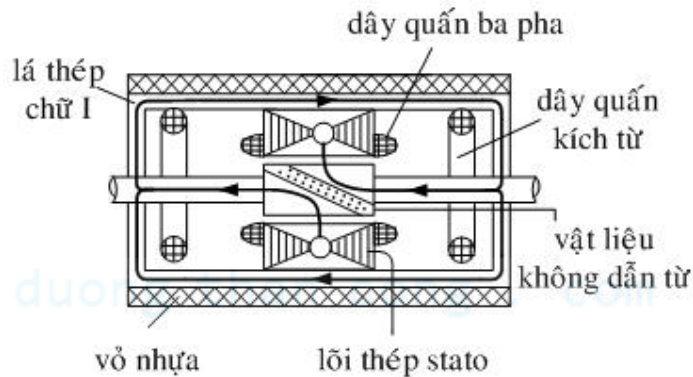
Thường đặt dây quấn sơ cấp một pha trên roto còn dây quấn thứ cấp ba pha lắp trên stato như vậy giảm đi được một vành trượt. Để có đặc tính mômen tốt, dây quấn một pha thường đặt trên cực lồi.

Ngày nay người ta đã chế tạo những selsyn một pha không vành trượt.

Hệ tự đồng bộ ngày nay được áp dụng rộng rãi trong ngành tự động hoá và điều khiển.



Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vectơ của selsyn một pha.



Hình 3.13. Cấu tạo selsyn một pha.

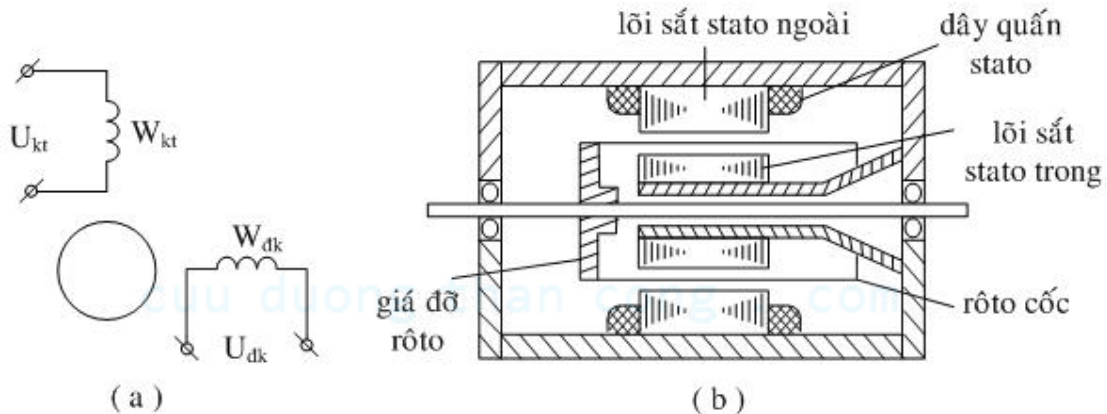
3.5. Động cơ chấp hành không đồng bộ (AC ServoMotor)

Để điều khiển một đối tượng nào đó, tín hiệu điều khiển ít khi dẫn trực tiếp đến mà thường qua khâu trung gian nào đó. Thí dụ muốn biến tín hiệu điện áp thành tín hiệu cơ học tác động vào đối tượng điều khiển thì người ta dùng khâu trung gian là động cơ chấp hành. Động cơ này cần thỏa mãn các yêu cầu chính:

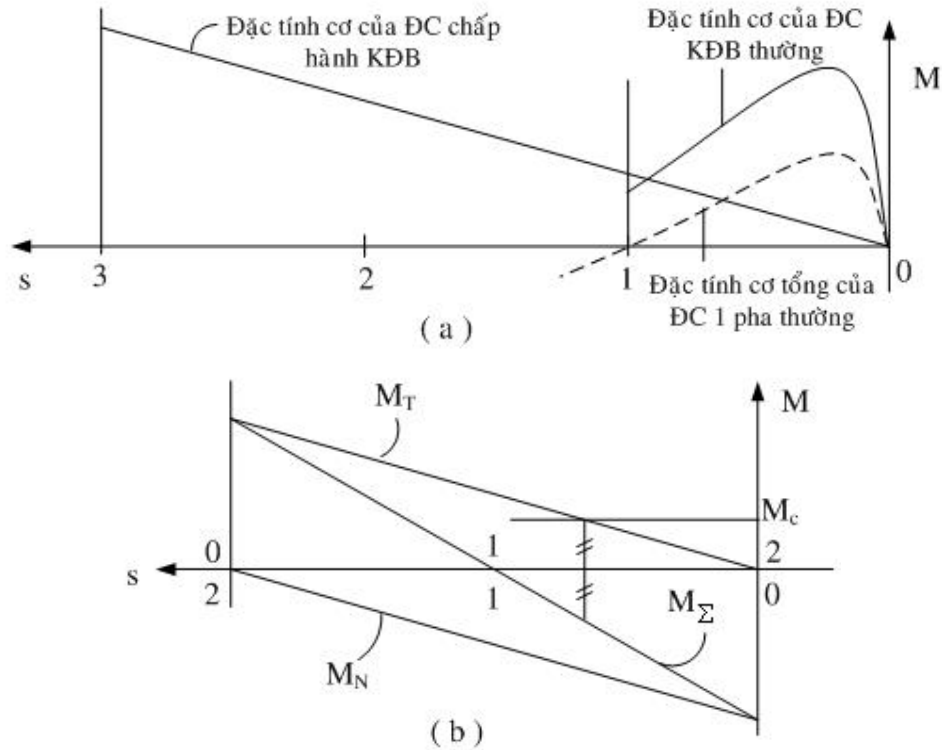
- Độ nhạy cao, quán tính bé, nghĩa là phải quay hoặc dừng tức khắc khi có hoặc mất tín hiệu điều khiển mà không nhờ một cơ cấu hãm .
- Mômen mở máy lớn, động cơ làm việc ổn định .
- Đặc tính cơ tuyến tính, phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng.
- Công suất điều khiển nhỏ.

Động cơ chấp hành không đồng bộ là loại động cơ không đồng bộ hai pha công suất bé ($0,1 \div 300W$). Máy có kết cấu như sau: Stato ghép bằng lá thép kỹ thuật điện có hai cuộn dây đặt lệch nhau 90°

Trong đó một cuộn W_{kt} làm nhiệm vụ kích thích, cuộn W_{dk} làm nhiệm vụ điều khiển, hai cuộn này được đặt vào hai điện áp lệch nhau 90° thời gian. Nguồn kích thích lấy ở lưới điện xoay chiều, nguồn điều khiển lấy ở tín hiệu ĐK có nhiều loại điều khiển: Điều khiển biên độ, điều khiển pha, điều khiển hỗn hợp (cả biên độ và pha). Tổng quát từ trường quay có thể là ellip do tính bất đối xứng của điện áp hoặc pha (pha nhỏ hơn 90°). Khi có tín hiệu điều khiển trong khe hở sẽ hình thành từ trường quay và động cơ làm việc với đặc tính mômen thuận (đặc tính cơ thông thường). Khi mất tín hiệu điều khiển, trong dây quấn stato chỉ còn nguồn điện một pha (U_{kt}), từ trường đập mạch do dòng điện một pha sinh ra được phân thành hai từ trường quay thuận và ngược, tương ứng ta có hai đặc tính cơ thuận và ngược, đặc tính cơ tổng M_Σ sẽ tạo ra một mômen ngược với mômen thuận (là đặc tính cơ thông thường của động cơ không đồng bộ khi có cả hai điện áp kích thích và điều khiển) làm rôto đứng lại (Hình 3.15-b)



Hình 3.14. Sơ đồ nguyên lý và cấu tạo động cơ chấp hành không đồng bộ.



Hình 3.15 Đặc tính cơ của động cơ chấp hành không đồng bộ.

Để máy làm việc ổn định và đặc tính cơ tuyến tính thì rôto phải được chế tạo với điện trở rất lớn để $s_m = 3 \div 4$, với s_m lớn như vậy nó mới chống được hiện tượng tự quay nữa (còn đối với động cơ một pha thông thường vì điện trở rôto bé nên đặc tính cơ có dạng như Hình 3.15-a, khi rôto đã quay ta ngắt mạch khởi động thì động cơ vẫn tiếp tục quay).

Động cơ chấp hành không đồng bộ có kết cấu tương tự như động cơ không đồng bộ thường rôto lồng sóc nhưng phải được chế tạo với độ chính xác cao, quán tính bé. Thông thường hay làm theo kiểu rôto rỗng (hình cốc) cấu tạo như Hình 3.14-b.

Stato gồm hai phần : Ngoài và trong , stato ngoài gồm các lá thép kĩ thuật điện ghép lại với nhau, gồm có răng rãnh để đặt dây quấn kích thích và dây quấn điều khiển. Stato trong gồm các lá thép ghép lại không có răng rãnh chỉ dùng làm mạch dẫn từ. Rôto rỗng thường làm bằng vật không dẫn từ như nhôm hay duralumin được bắt lên trên trục bằng vành đỡ và quay ở giữa khe hở stato. Ngoài ra rôto có thể làm bằng hợp kim đồng nhôm có điện trở suất cao hoặc làm bằng sắt, hay bằng vải ép trên mặt ngoài tráng vật liệu dẫn điện .

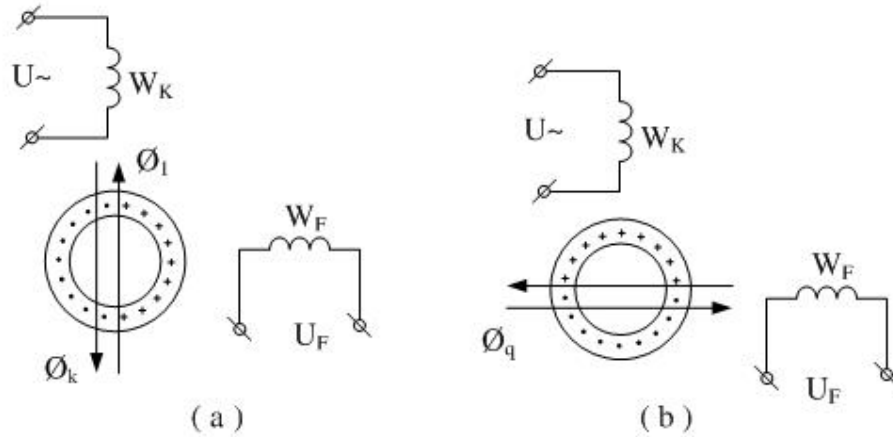
Do khe hở không khí lớn ($\delta = 0,3 \div 1,4 \text{ mm}$) nên I_0 lớn, cosφ thấp, hiệu suất thấp, trọng lượng lớn (vì δ lớn nên muốn Φ cao phải tăng std $F = I W \rightarrow W$ tăng) (hình 1-14-b)

3.6. Máy phát tốc độ không đồng bộ

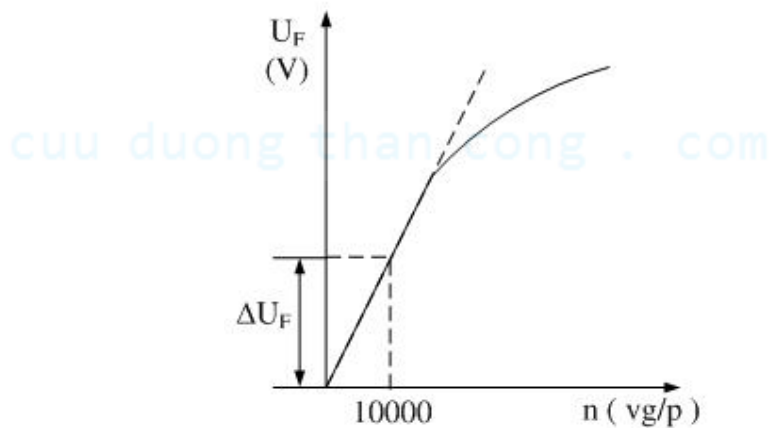
Làm nhiệm vụ biến đổi tín hiệu cơ sang tín hiệu điện (thường là tốc độ quay của trục biến đổi thành tín hiệu điện áp) để đo tốc độ của động cơ hoặc biến đổi các tín hiệu (gia tốc, ổn định) trong các cơ cấu tự động. Trong các loại máy phát tốc độ xoay chiều, máy phát tốc độ không đồng bộ có ưu điểm là tần số của điện áp ra không

phụ thuộc vào tốc độ, điều này rất thuận tiện cho việc sử dụng các dụng cụ đo điện áp ở đầu ra.

Máy phát tốc độ không đồng bộ có cấu tạo giống động cơ chấp hành không đồng bộ rôto rỗng.



Hình 3.16. Nguyên lý làm việc của máy phát tốc độ.



Hình 3.17. Quan hệ $U_F = f(n)$

W_k là cuộn dây kích thích, W_F là cuộn dây phát.

Khi cho dòng điện xoay chiều một pha tần số f_1 vào dây quấn W_k , trong máy xuất hiện một từ trường đập mạch Φ_k với tần số f_1 có phương trùng với trục dây quấn W_k trong hình trụ rôto rỗng đang đứng yên xuất hiện sđđ và dòng điện xoay chiều với tần số f_1 như máy biến áp, chiều của từ trường U_1 do dòng điện đó sinh ra được vẽ ở Hình 3.6a.

Khi $n = 0$: Do trục của dây quấn W_F thẳng góc với trục W_k tức là thẳng góc với phương Φ_k và U_1 nên $E_F = 0$

Khi rôto quay $n \neq 0$ trong rôto sẽ cảm ứng thêm một sđđ quay e_q do từ trường Φ_k quét qua rôto. $e_q \propto n$, dòng điện I_q do e_q sinh ra có chiều như Hình 3.16-b

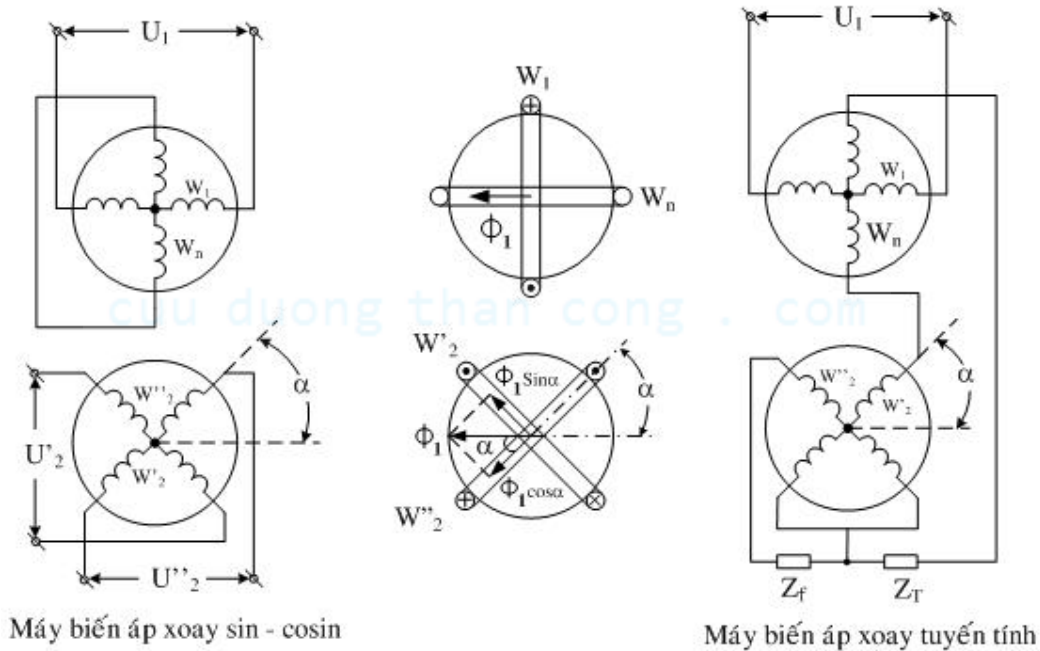
Vì Φ_k và U_1 đập mạch với tần số f_1 nên e_q và I_q cũng biến đổi với tần số f_1 , dòng điện I_q tạo ra từ trường Φ_q đập mạch với tần số f_1 qua cuộn dây W_F làm cảm ứng trong đó một sđđ xoay chiều e_F có tần số f_1 , trị số E_q tỷ lệ với tốc độ n . Quan hệ $U_F = f(n)$ được vẽ trên Hình 3.17.

Trên thực tế, khi máy phát tốc độ có tải, phản ứng của dòng điện trong rôto gây nên sự biến dạng của từ trường và sự thay đổi các thông số của máy. Hiện tượng này gây nên sai số về trị số và làm mất tính chất tuyến tính của $U_F = f(n)$ nhất là ở tốc độ cao. Vì vậy máy thường dùng để đo tốc độ trong phạm vi $8000 \div 10000$ v/ph với $\Delta U_F = 5 \div 10$ V.

3.7. Máy biến áp xoay

Máy biến áp xoay là thiết bị điện làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có thể cho ra một điện áp thay đổi theo góc xoay của rôto. Cấu tạo giống động cơ không đồng bộ rôto dây quấn dạng công suất nhỏ. Trên stato và rôto có đặt dây quấn hai pha đối xứng lệch nhau trong không gian 90° điện.

Điện áp đầu ra trên rôto máy biến áp xoay có thể tỷ lệ với sin, cosin hoặc với bản thân góc xoay của rôto, do đó người ta phân làm máy biến áp xoay sin-cosin và máy biến áp xoay tuyến tính. Sơ đồ nguyên lý như Hình 3.18.



Hình 3.18. Sơ đồ nguyên lý máy biến áp xoay sin – cosin và máy biến áp xoay tuyến tính.

Đặt điện áp xoay chiều U_1 vào dây quấn stato W_1

$$u_1 = U_{1\max} \sin t = \sqrt{2} U_1 \sin t \quad (3.15)$$

Khi xoay rôto đi 1 góc α , điện áp đầu ra ở dạng dây quấn thứ cấp W'_2 và W''_2 là :

$$\begin{aligned} u'_2 &= \sqrt{2} k_1 U_1 \sin \alpha \sin t \\ &= \sqrt{2} U'_2 \sin t \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$\begin{aligned} u''_2 &= \sqrt{2} k_1 U_1 \cos \alpha \sin t \\ &= \sqrt{2} U''_2 \sin t \end{aligned} \quad (3.17)$$

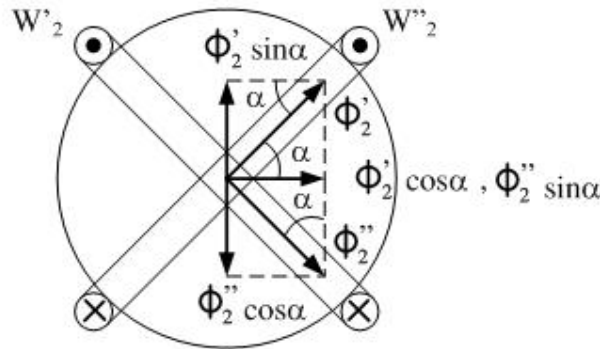
Trong đó : $k_1 = \frac{k_{dq2} W_2}{k_{dq1} W_1}$

$$U'_2 = k_1 U_1 \sin \alpha \quad (3.18)$$

$$U''_2 = k_1 U_1 \cos \alpha \quad (3.19)$$

Từ đó ta thấy trị số hiệu dụng của điện áp đưa ra U'_2 và U''_2 tỷ lệ với \sin và \cos .

Khi mba xoay có tải, dòng điện i'_2 và i''_2 trong hai dây quấn W'_2 và W''_2 tạo nên từ trường U'_2 và U''_2 có thể chia các từ thông đó thành hai thành phần dọc và ngang trục của từ trường dây quấn sơ cấp Φ_1 là $\Phi'_2 \cos \alpha$, $\Phi'_2 \sin \alpha$, $\Phi''_2 \cos \alpha$, $\Phi''_2 \sin \alpha$. Từ trường ngang trục $\Phi''_2 \cos \alpha$ và $\Phi'_2 \sin \alpha$ làm cho từ trường tổng bị méo đi và quan hệ hình sin của sđđ đối với góc α bị phá hủy. Để triệt tiêu thành phần này trên stato ta đặt dây quấn ngắn mạch W_n vuông góc với dây quấn W_1 . Dòng điện trong dây quấn W_n sẽ sinh ra từ trường bù thành phần từ trường ngang trục $\Phi''_2 \cos \alpha$ và $\Phi'_2 \sin \alpha$, do đó có thể giảm sai số đến mức tối thiểu.



Hình 3.19. Nguyên lý làm việc của máy biến áp sin – cosin.

Nếu đầu dây quấn của mba xoay theo Hình 3.18-c ta có máy biến áp xoay tuyến tính.

Khi góc trong khoảng $0 < \alpha < 65^\circ$ điện áp ở đầu cuối hai dây quấn nối tiếp W'_2 và W_n tỷ lệ thuận với góc xoay α . Còn dây quấn W''_2 ở rôto nối kín mạch với tổng trở Z_f dùng để bù từ trường ngang trục.

Máy biến áp xoay ngày nay có sai số $\leq 5\%$, trong trường hợp đặc biệt có thể làm cho sai số $\leq 0,05 \div 0,07\%$. Công suất của mba xoay thường trong khoảng vài volt ampe với $U = 115V$ và $f = 50Hz \div 400 \div 2500 Hz$.

MBA xoay được dùng trong các máy tính, các hệ tự động và các sơ đồ hệ thống quay trong trạm radar, v.v...

cuu duong than cong . com

CÂU HỎI ÔN TẬP.

- 1) Nêu ưu điểm và nhược điểm chính của MĐ KĐB khi làm việc ở chế độ máy phát ?
- 2) Điều kiện để MĐ KĐB làm việc độc lập với lưới điện ?
- 3) Đường đặc tính điện dung giới hạn được xác định như thế nào ?
- 4) Viết biểu thức xác định hệ số góc của đường đặc tính điện dung giới hạn ?
- 5) Những hạn chế của MĐ KĐB khi làm việc độc lập với lưới điện?
- 6) Trị số điện dung cần thiết để kích từ cho máy phát KĐB đạt đến điện áp định mức lúc không tải ?
- 7) Để tiết kiệm điện dung thì các bộ tụ được đấu như thế nào ?
- 8) Khi máy phát KĐB làm việc có tải nếu tốc độ máy giảm thì điện áp ra sẽ thay đổi như thế nào ?
- 9) Khi có tải để giữ điện áp ra của máy phát KĐB không đổi thì giá trị điện dung C tăng hay giảm và được tính như thế nào ?
- 10) Để giảm dòng điện trong quá trình hãm ngược ta có thể thực hiện bằng cách nào?
- 11) Nêu các phương pháp hãm điện đối với động cơ điện KĐB ?
- 12) Để tăng mômen hãm trong trường hợp hãm tái sinh ta có thể thực hiện bằng cách nào ?
- 13) Chức năng của máy điều chỉnh pha hay máy dịch pha ?
- 14) Điểm khác nhau về cấu tạo của ĐC KĐB với máy dịch pha ?

cuu duong than cong . com

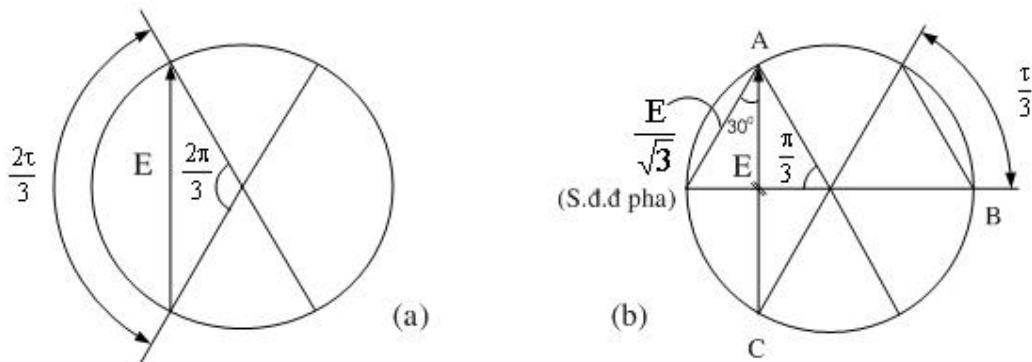
cuu duong than cong . com

CHƯƠNG 4

Máy điện đồng bộ đặc biệt

1. Máy phát điện đồng bộ một pha

Dây quấn phần ứng là dây quấn một pha quấn với $\frac{2}{3}\tau$. Để sức điện động là Sin thì bề rộng phần quấn dây của một cực so với $\frac{1}{2}$ chu vi rôto là $\frac{2}{3}\tau$. Do đó dây quấn của một pha phải có bước dây là $\frac{2}{3}\tau$.



Hình 4.1. (a) Sdd của máy phát điện đồng bộ 1 pha.

(b) Sdd của máy phát điện đồng bộ 3 pha.

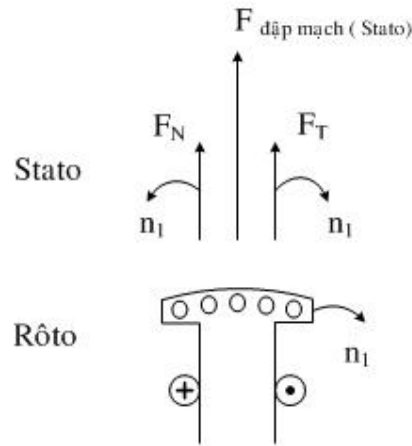
So sánh công suất của hai loại máy phát một pha và ba pha :

$$P_{(1\sim)} = E \cdot I$$

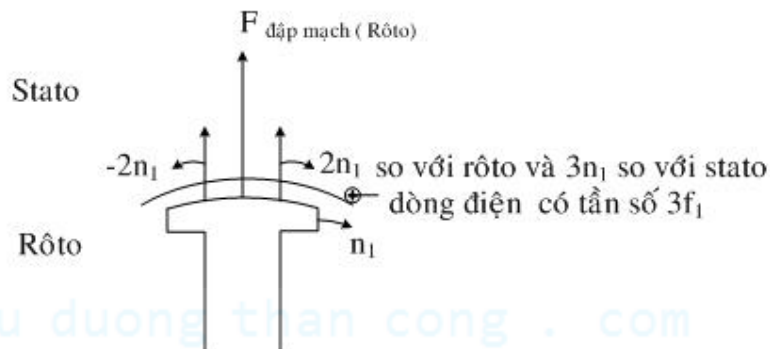
$$P_{(3\sim)} = 3 \cdot \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot I$$

$$\frac{P_{(3\sim)}}{P_{(1\sim)}} = 1,73 \quad (4.1)$$

Dòng điện xoay chiều chạy trong dây quấn phần ứng sẽ sinh ra từ trường đập mạch với tần số của dòng điện. Từ trường đập mạch này có thể xem là tổng hợp của hai từ trường quay thuận và ngược. Từ trường quay thuận có tốc độ đồng bộ với từ trường cực từ và quan hệ điện từ giữa hai từ trường đó hoàn toàn giống như máy điện đồng bộ ba pha. Từ trường quay nghịch có tốc độ $2n_1$ so với rôto và sẽ cảm ứng trong dây quấn rôto các dòng điện có tần số $2f_1$. Các dòng điện này sẽ sinh ra từ trường làm yếu từ trường quay ngược sinh ra chúng. Nếu trên rôto đặt dây quấn cản thì từ trường quay nghịch sẽ giảm nhiều, nếu không có dây quấn cản chỉ có dây quấn kích từ thì từ trường quay nghịch chỉ bị giảm ở hướng dọc trục còn vẫn mạnh ở hướng ngang trục. Ngoài ra dòng điện tần số $2f_1$ ở dây quấn rôto làm tăng tổn hao ở rôto và sẽ sinh ra từ trường đập mạch, và được phân thành hai thành phần thuận và nghịch quay với tốc độ $2n_1$ so với rôto. Thành phần thuận sẽ sinh ra trong dây quấn stato một dòng điện có tần số $3f_1$ làm cho tổn hao phụ trong dây quấn stato tăng lên. Vì vậy trong máy điện đồng bộ một pha luôn luôn có đặt dây quấn cản để giảm nhỏ từ trường ngược.



Hình 4.2. Tác dụng của từ trường stator.



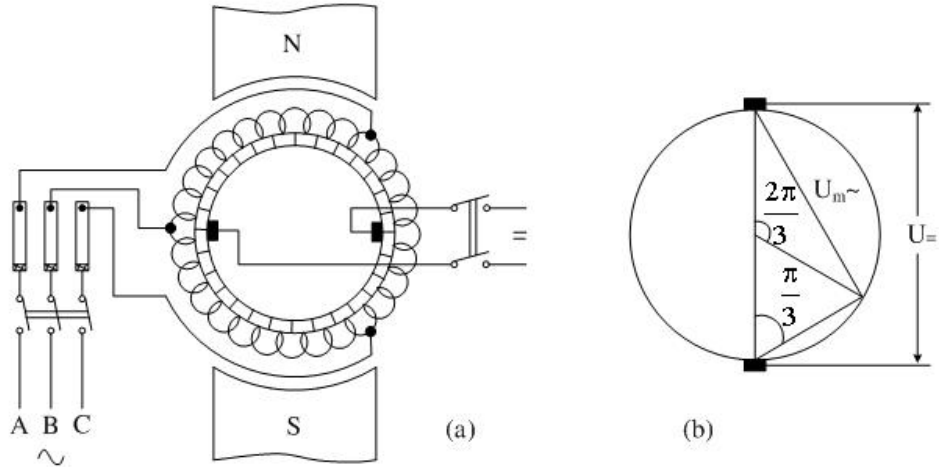
Hình 4.3. Tác dụng của từ trường rotor.

Đồ thị vectơ của máy điện đồng bộ một pha tương tự như máy điện đồng bộ ba pha. Tuy nhiên điện áp rơi trong máy một pha lớn hơn máy ba pha vì điện kháng tản từ $x_{\sigma u}$ của nó lớn hơn do ảnh hưởng của từ trường ngược.

2. Máy biến đổi một phần ứng.

Là loại máy điện quay dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều AC sang dòng điện một chiều DC hoặc ngược lại. Sự biến đổi đó được thực hiện dựa trên cơ sở cấu tạo của máy điện một chiều.

Vì s.đ.đ cảm ứng trên dây quấn phản ứng là dòng điện xoay chiều và có thể biểu thị bằng đa giác sức điện động, nên ở m điểm cách đều dây quấn đó s. đ.đ sẽ lệch pha nhau một góc $\frac{2\pi}{m}$. Nối m vành trượt với m điểm đó thì từ các chổi than tiếp xúc với các vành trượt đó ta sẽ được s.đ.đ m pha.



Hình 4.4. Cấu tạo của máy biến đổi một phần ứng.

- Nếu máy dùng biến đổi điện xoay chiều sang điện một chiều, thì đối với nguồn xoay chiều máy làm việc như động cơ đồng bộ, và đối với lưới một chiều máy làm việc như máy phát điện một chiều. Trước kia loại máy này dùng cung cấp điện một chiều cho xe điện và các tuyến đường sắt dùng đầu máy điện.

- Nếu dùng để biến đổi điện một chiều sang điện xoay chiều thì đối với nguồn một chiều máy làm việc như động cơ điện một chiều và đối với lưới xoay chiều máy làm việc như máy phát đồng bộ.

- Nếu dùng động cơ sơ cấp kéo máy và lấy dòng điện một chiều do máy biến đổi phát ra để kích thích cho nó và từ vành trượt lấy ra điện xoay chiều thì ta được máy phát điện đồng bộ tự kích thích biến đổi cơ năng sang điện năng xoay chiều.

Tỷ lệ giữa U_{\sim} và $U_{=}$:

Dựa vào đồ thị Hình 4.4 - b với $m = 3$ ta có :

$$U_{m\sim} = 2 \frac{U_{=}}{2} \sin \frac{\pi}{3}$$

$$\text{hay } U_{\sim} = \frac{U_{=}}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{3} = 0,612 U_{=} \quad (4.2)$$

Do tỷ lệ giữa U_{\sim} và $U_{=}$ như trên nên nếu U_{\sim} là tiêu chuẩn thì $U_{=}$ là không tiêu chuẩn và ngược lại.

Vì máy biến đổi một phần ứng đồng thời làm việc ở hai chế độ máy phát và động cơ nên dòng điện trong dây quấn phản ứng là hiệu số I_{\sim} và $I_{=}$, do đó tổn hao trong dây quấn phản ứng nhỏ hơn tổn hao tương ứng của máy điện một chiều. Nếu số pha m lớn tổn hao đó càng nhỏ.

Có thể mở máy theo phương pháp mở máy không đồng bộ của động cơ đồng bộ nếu có đặt dây quấn mở máy ở mặt cực. Hoặc có thể mở máy như động cơ một chiều sau đó hoà đồng bộ với lưới điện xoay chiều tức là cho máy làm việc ở chế độ động cơ

một chiều và điều chỉnh U , f của hệ thống ba pha để hoà với lưới sau đó tắt nguồn một chiều cung cấp cho nó.

3. Động cơ điện phản kháng :

Là loại máy điện đồng bộ không có dây quấn kích từ, nguyên lý làm việc dựa vào sự khác nhau giữa từ trở dọc trục x_d và ngang trục x_q . Vì như ta đã biết :

Công suất điện từ của máy điện đồng bộ gồm hai phần :

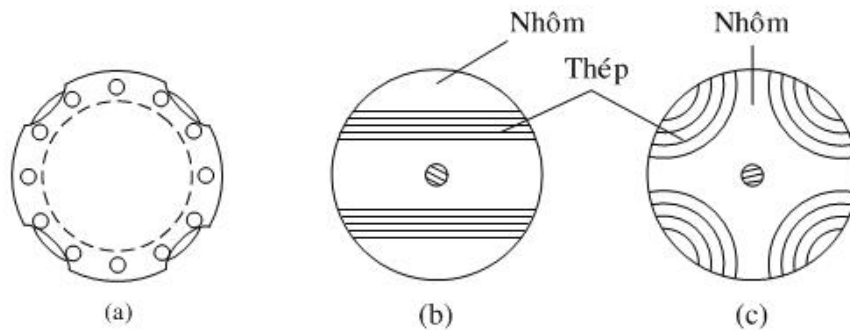
$$P_{dt} = P_c + P_p$$

Khi không có nguồn kích từ thì $P_c = 0$, lúc đó lợi dụng công suất điện từ phụ P_p để tạo ra mômen.

$$P_p = \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta \quad (4.3)$$

Để thực hiện được $x_d \neq x_q$ rôto của máy được chế tạo như Hình 4.5 với cấu tạo như trên Hình 4.5 a, rôto được ghép bằng những lá thép tròn có những chỗ khuyết để tăng khe hở giữa các cực và do đó tăng từ trở của mạch từ hướng ngang trục, trên rôto có đặt dây quấn mở máy kiểu lồng sóc để mở máy. Ở Hình 4.5 b – c, rôto được chế tạo bằng cách đổ nhôm vào các tập lá thép, ở đây nhôm có tác dụng của dây quấn mở máy.

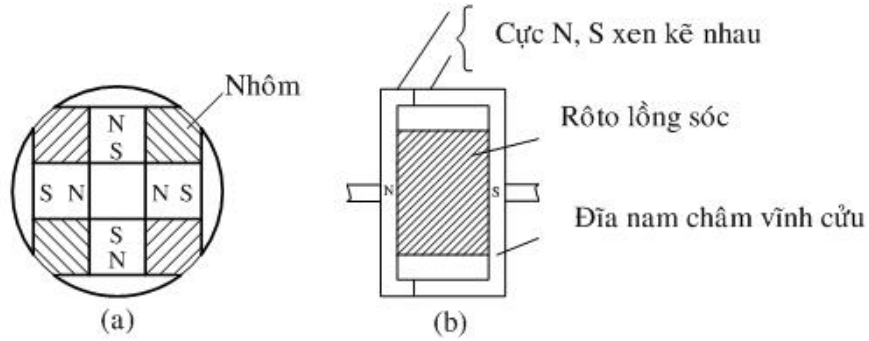
Do không có dây quấn kích từ nên động cơ phải lấy dòng điện từ mạng điện và có $\cos\varphi$ thấp (do cấu tạo rôto nên dòng điện từ hoá lớn để tạo nên từ thông cần thiết qua mạch từ có từ trở lớn). Trọng lượng động cơ phản kháng thường gấp 2, 3 lần trọng lượng động cơ không đồng bộ cùng công suất. Thường các động cơ phản kháng được chế tạo với công suất $50 \div 100$ W.



Hình 4.5. Cấu tạo rôto của động cơ điện phản kháng.

4. Động cơ kiểu nam châm vĩnh cửu.

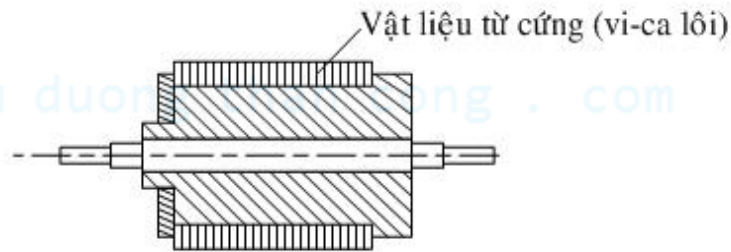
Ở loại động cơ này cực từ tạo bởi nam châm vĩnh cửu bằng hợp kim đặc biệt có độ từ dư rất lớn ($0,5 \div 1,5$ T). Cực từ có dạng cực lõi và đặt ở rôto khoảng cách giữa các cực có đổ nhôm kín và toàn bộ rôto là một khối trụ (Hình 4.6 a). Nếu dùng làm động cơ điện thì cần đặt dây quấn mở máy kiểu lồng sóc. Vì khó gia công rãnh trên hợp kim nam châm nên thường chế tạo lồng sóc như động cơ không đồng bộ và đặt hai đĩa nam châm ở hai đầu. (Hình 4.6 b) với kết cấu như vậy sẽ tốn vật liệu hơn và thường chế tạo với công suất : $30 \div 40$ W. Trong trường hợp dùng như máy phát không có dây quấn mở máy, công suất có thể lên tới $5 \div 10$ KW đôi khi đến 100KW.



Hình 4.6. Cấu tạo động cơ nam châm vĩnh cửu.

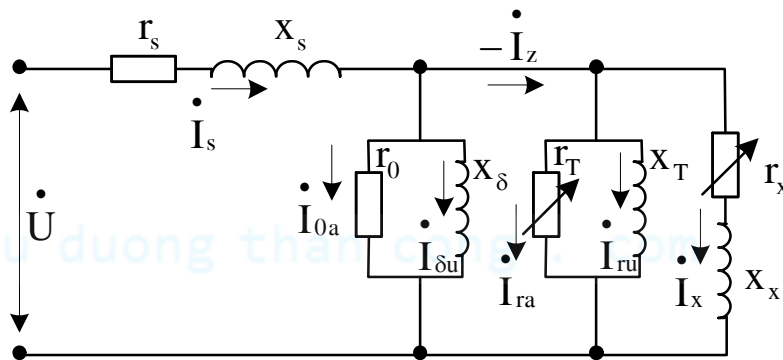
5. Động cơ từ trễ :

Là động cơ mà mômen quay của nó sinh ra do hiện tượng từ trễ khi từ hoá vật liệu của rôto. Dây quấn stato (3 pha hay 1 pha có kèm tụ điện) có nhiệm vụ tạo nên từ trường quay. Vật liệu chế tạo rôto là hợp kim từ cứng có chu trình từ trễ rộng như vi-ca-lô-i, Alni còn thép kỹ thuật điện có vòng từ trễ hẹp . Vì loại hợp kim từ này đắt nên rôto thường được chế tạo lắp ghép, chỉ dùng vật liệu từ cứng ở mặt ngoài (Hình 4.7) , khe hở không khí giữa stato và rôto được chế tạo bé nhất để có thể giảm dòng điện từ hoá.



Hình 4.7. Rotor của động cơ từ trễ.

Sơ đồ mạch điện thay thế của động cơ từ trễ:



Hình 4.8. Sơ đồ mạch điện thay thế của động cơ từ trễ.

Sơ đồ mạch điện thay thế của động cơ từ trễ bao gồm các phần: sơ cấp, từ hoá và thứ cấp (Hình 4.8).

Phần sơ cấp bao gồm điện trở của dây quấn stator r_s , điện kháng tản của dây quấn stator x_s .

Phần từ hoá (nhánh song song thứ nhất từ trái sang) biểu thị ảnh hưởng của từ trở khe hở không khí x và điện trở r_0 – đặc trưng cho tổn hao trong lõi thép stator.

Nhánh song song thứ hai biểu thị ảnh hưởng của phần từ trễ tác dụng của rotor. Tổn hao trong điện trở của nó r_T bằng công suất cơ do mômen từ trễ tạo nên cộng với tổn hao do từ trễ của rotor (ở chế độ động không đồng bộ). Điện trở r_T phụ thuộc vào tải của động cơ. Điện kháng x_T đặc trưng cho độ dẫn từ của rotor.

Nhánh song song thứ ba phản ánh ảnh hưởng của dòng điện xoáy trong rotor. Điện trở r_x phụ thuộc vào hệ số trượt s , đặc trưng cho tổn hao do dòng xoáy và công suất cơ do mômen của dòng xoáy tạo nên. Điện kháng x_x là điện kháng tản của dòng xoáy quy đổi về cuộn stator. Ở chế độ đồng bộ: $x_x = 0$, $r_x = \infty$ nên nhánh này hở mạch.

Nguyên lý làm việc:

Xét thời điểm khi từ trường quay \vec{O}_S của stato ở vị trí A (hình 4.9 a) rôto bị từ hoá và các nam châm phân tử sẽ được sắp xếp định hướng theo chiều của từ trường. Tác dụng hỗ tương giữa \vec{O}_S của stato và \vec{O}_R của các nam châm phân tử sẽ tạo nên lực hướng kính F theo phương từ trường stato và do đó không tạo nên được mômen quay.

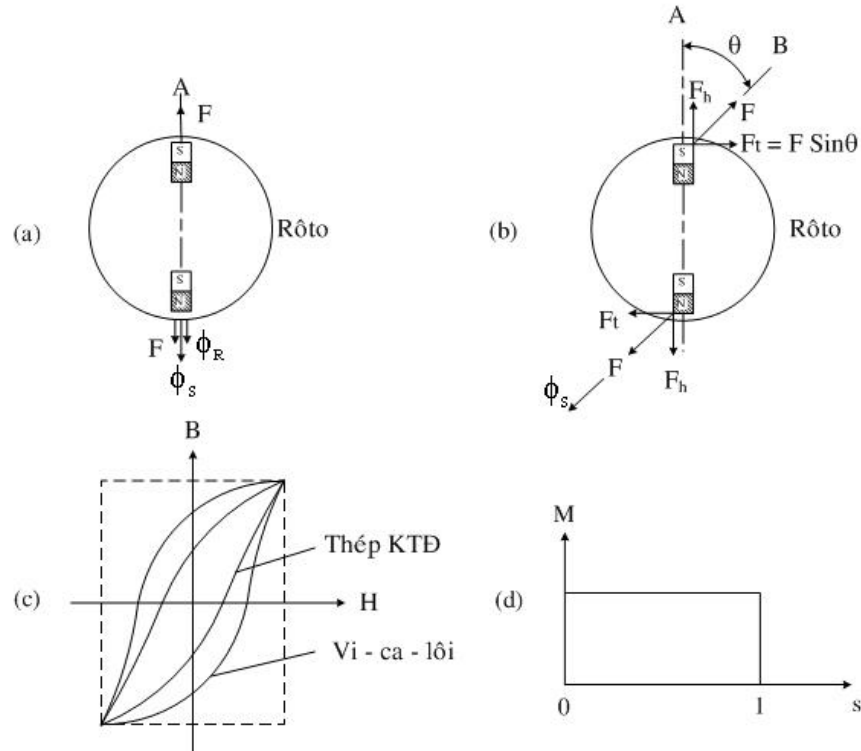
Ở thời điểm tiếp theo là vị trí B của từ trường quay \vec{O}_S , các nam châm phân tử sẽ quay theo về vị trí mới này, nhưng do sự ma sát của các phần tử ở vật liệu có vòng từ trễ rộng các nam châm phân tử sẽ không xoay kịp cùng với \vec{O}_S và phải chậm sau một góc lệch θ nào đó. Lực hỗ tương F lúc này ngoài thành phần hướng kính còn thành phần tiếp tuyến $F_t = F \sin\theta$ có tác dụng kéo các nam châm phân tử và do đó tạo nên mômen từ trễ tỷ lệ với tích vector của hai vector không gian \vec{O}_S và \vec{O}_R .

$$M_t = k [\vec{O}_S \vec{O}_R] = k \vec{O}_S \vec{O}_R \sin\theta \quad (4.4)$$

Trong đó k là hệ số phụ thuộc vào thông số của máy.

Có thể tăng M_t bằng cách sử dụng vật liệu có vòng từ trễ lớn hơn, lý tưởng là loại có vòng từ trễ hình chữ nhật. (Hình 4.9 c)

cuu duong than cong . com



Hình 4.9. c. Đặc tuyến thép kỹ thuật Vi-ca-lô

d. Đặc tuyến momen của ĐC đồng bộ từ trễ.

Trị số O_S và O_R không phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto, góc không gian θ cũng không phụ thuộc vào tốc độ quay và θ được xác định bởi lực kháng từ của vật liệu ở rôto. Do đó ở phụ tải xác định, $\theta = \text{const}$ chỉ rõ sự quay đồng bộ của rôto đối với từ trường quay stato O_S , và động cơ từ trễ là loại động cơ đồng bộ.

Do O_S , O_R và θ không phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto nên đặc tính $M = f(s)$ của động cơ từ trễ là đường thẳng song song trục hoành (Hình 4.9 d).

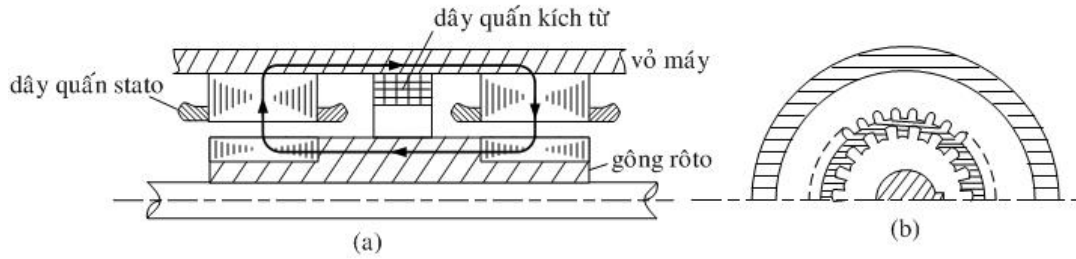
Ở trường hợp động cơ O_S vượt trước O_R và θ là âm. ($\theta < 0$): ĐC

Ở trường hợp máy phát O_S chậm sau O_R và là dương ($\theta > 0$): MF

So với động cơ phản kháng, động cơ từ trễ có ưu điểm hơn vì không cần dây quấn mở máy đặt ở rôto, kích thước máy nhỏ, $\cos \varphi$ cao hơn (vì R'_2 và I_o bé). Công suất của động cơ có thể đến $300 \div 400$ watt.

6. Máy phát cảm ứng tần số cao

Trong sản xuất, một số thiết bị dùng trong luyện kim, vô tuyến điện, hàn... dùng dòng điện xoay chiều một pha hoặc ba pha tần số cao ($400 \div 3000$ Hz). Biện pháp tăng p hay n trong máy phát đồng bộ bị hạn chế do cấu tạo máy hoặc sức bền vật liệu không cho phép. Trong trường hợp này phải dùng máy phát cảm ứng tần số cao gây ra bởi sóng điều hoà răng của từ trường đập mạch.



Hình 4.10. Cấu tạo máy phát cảm ứng tần số cao.

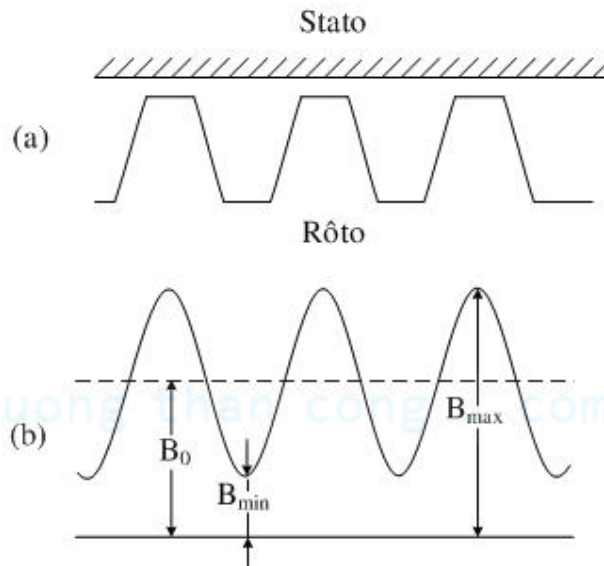
Stato ghép bằng lá thép kỹ thuật điện, phía trong có răng rãnh để đặt dây quấn phần ứng, giữa hai ngăn stato đặt dây quấn kích từ mang dòng điện một chiều.

Rôto thường là thép khối hoặc thép lá ghép trên răng từ có răng rãnh không có dây quấn. Khi cho dòng điện một chiều vào dây quấn kích từ từ trường sẽ đi như hình vẽ, đường sức từ sẽ đi từ lõi rôto vào stato thứ nhất khép kín qua vỏ máy về stato thứ hai để trở về lõi rôto, trên mỗi bề mặt của stato hay rôto chỉ có một cực tính nên ta gọi là loại cực tính đồng nhất. Khi rôto quay từ trường đó đập mạch và được xem như tổng của hai thành phần : thành phần B_0 có trị số không đổi và không chuyển động so với stato do đó không sinh ra sức điện động cảm ứng trên dây quấn stato, thành phần thứ hai phân bố hình Sin có biên độ $\frac{B_{\max} - B_{\min}}{2}$ và chuyển động cùng với rôto sẽ cảm ứng trong dây quấn phần ứng sức điện động có tần số :

$$F_2 = Z_2 n$$

Trong đó Z_2 : số răng của rôto.

n_2 : tốc độ quay (v/sec).



Hình 4.11. Từ trường ở khe hở của MF cảm ứng tần số cao.

7. Động cơ bước

Động cơ bước là loại động cơ được dùng để biến đổi các lệnh cho dưới dạng xung điện thành sự dịch chuyển dứt khoát về góc hay đường thẳng – như là bước từng bước mà không cần cảm biến phản hồi.

Động cơ làm việc phải có kèm theo bộ đổi chiều điện tử dùng để chuyển đổi các cuộn dây điều khiển của động cơ bước với thứ tự và tần số tùy theo lệnh đã cho. Góc quay tổng hợp của rotor động cơ bước tương ứng chính xác với số lần chuyển đổi các cuộn dây điều khiển, chiều quay phụ thuộc theo thứ tự chuyển đổi, tốc độ quay phụ thuộc tần số chuyển đổi. Như vậy trong trường hợp tổng quát có thể xem động cơ bước với bộ điều khiển đổi chiều điện tử như là một hệ thống điều chỉnh tần số của động cơ đồng bộ với khả năng định vị trí góc xoay rotor, tức là bằng cách thay đổi tần số cho đến không.

Động cơ bước được sử dụng nhiều trong các hệ thống điều khiển tự động, thí dụ trong các máy công cụ điều khiển theo chương trình, trong các thiết bị của kỹ thuật máy tính... Trong các hệ thống trên, động cơ bước được sử dụng hoặc để thực hiện sự truyền động theo chương trình điều khiển các cơ cấu thừa hành như nhiệm vụ động cơ chấp hành, hoặc như là một phần tử phụ biến đổi các mã xung thành tín hiệu điều chế cho một hệ thống nào đó.

Với nhiệm vụ và chức năng nói trên, động cơ bước đòi hỏi những yêu cầu riêng về kỹ thuật, ngoài những yêu cầu chung :

- Có bước chuyển dịch bé.
- Moment đồng bộ hoá đủ lớn đảm bảo được sai số góc nhỏ nhất khi thực hiện bước di chuyển.
- Không tích lũy sai số khi tăng số bước.
- Tác động nhanh.
- Làm việc bảo đảm khi có cuộn dây điều khiển ít nhất.
- Động cơ và cả bộ điều khiển đổi chiều có cấu tạo đơn giản.

Tùy theo cấu tạo, động cơ bước có những loại như :

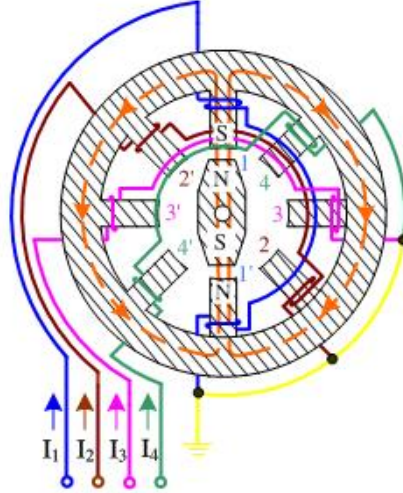
- Chỉ thị hay động lực.
- Thuận nghịch hay không thuận nghịch.
- Có một stator hay nhiều stator.
- Có một hay nhiều cuộn dây điều khiển (quần tập trung hoặc quần rải).
- Rotor phản kháng (không có dây quấn) và rotor tác dụng (có dây quấn kích thích hoặc nam châm vĩnh cửu).
- Rotor hình đĩa hay rotor mạch in.
- Bước dịch chuyển xoay hay dịch chuyển thẳng trực tiếp...

7.1. Động cơ bước nam châm vĩnh cửu (Permanent magnet stepper motor)

Cấu trúc tiêu biểu của động cơ bước nam châm vĩnh cửu được trình bày ở Hình 4.12. Đây là động cơ 4 pha, mỗi pha quấn trên 2 cực stator. Stator trong thiết kế này phải có 8 cực. Rotor bằng nam châm vĩnh cửu có trục thẳng hàng với cực stator 1-1'. Nó được giữ ở vị trí này, khi đặt dòng điện I_1 vào pha 1 thì cực stator 1 được từ hoá như cực nam, còn cực stator 1' được từ hoá như cực bắc. Chú ý chiều dây quấn để tạo ra dạng từ hoá này. Đặt dòng điện I_4 vào pha 4, cực từ hoá 4-4' hình thành (I_1 được cắt ra). Khi đó lực từ hoá tác động tương hỗ với từ trường rotor sinh ra moment đồng bộ xoay rotor 1 góc 45° , theo chiều kim đồng hồ, để cực bắc rotor đến cực stator 4. Lần lượt đưa dòng điện I_3, I_2 (mỗi pha 1 lần) vào pha 3, pha 2. Khi đó rotor xoay theo

chiều kim đồng hồ mỗi bước 45^0 . Để rotor xoay tiếp lần lượt đưa I_1, I_4, I_3, I_2 vào pha 1, 4, 3, 2 nhưng chiều dòng điện đổi lại. Như vậy nguồn điều khiển là loại đổi cực. Sau mỗi lần xoay 180^0 , dòng điện điều khiển đổi chiều.

Như vậy trình tự điều khiển cho động cơ tiến theo chiều kim đồng hồ là 1-4-3-2. Để cho động cơ tiến ngược chiều kim đồng hồ trình tự điều khiển phải được đảo ngược lại 1-2-3-4.



Hình 4.12 : Cấu trúc động cơ bước nam châm vĩnh cửu.

Các thông số tính toán :

Z_R : Số răng Rotor.

Z_S : Số răng Stator.

m : Số pha.

$$t_R = \frac{360^0}{Z_R} : \text{Bước răng Rotor (độ)}.$$

$$t_S = \frac{360^0}{Z_S} : \text{Bước răng Stator (độ)}.$$

$$\theta_S = \frac{t_r}{m} = \frac{360^0}{m.Z_R} = |t_r - t_s| \text{ (độ/bước)}.$$

$$R_S = \frac{360^0}{\theta_S} = Z_R.m : \text{Số bước / vòng (bước/vòng)}.$$

$$X = \frac{Z_S}{m} : \text{Số răng stator trên pha}.$$

Nếu tần số xung điều khiển là f và động cơ dịch chuyển 1 bước tương ứng với 1 xung thì tốc độ động cơ được tính :

$$n = \frac{60f}{R_S} = \frac{60f}{Z_R.m} = \frac{\theta_S f}{6} \text{ (vòng/phút)}.$$

Thí dụ : Tính các thông số t_R, t_S, θ_S, R_S đối với động cơ ở hình 1 :

Bước răng rotor của động cơ là:

$$t_r = \frac{360^0}{Z_R} = \frac{360^0}{2} = 180^0$$

Bước răng stator của động cơ là:

$$t_s = \frac{360^0}{Z_S} = \frac{360^0}{8} = 45^0$$

Mỗi bước động cơ quay

$$\theta_s = \frac{360^0}{m.Z_R} = \frac{360^0}{4.2} = 45^0$$

Số bước động cơ quay trong một vòng

$$R_s = Z_R.m = 2.4 = 8 \text{ bước/vòng}$$

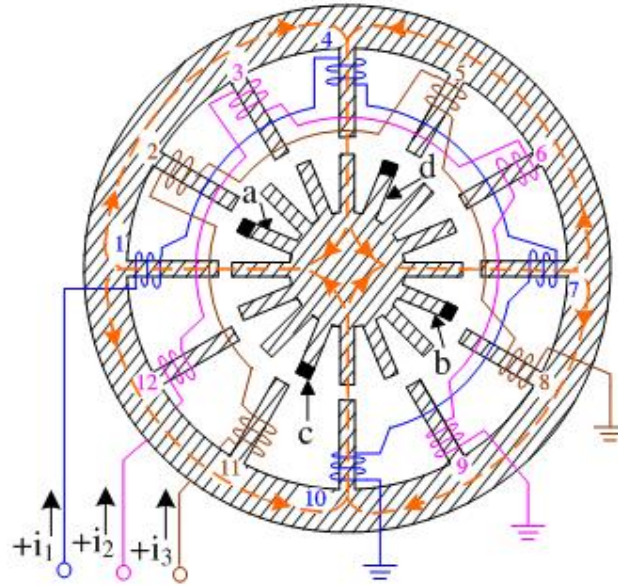
7.2. Động cơ bước từ trở biến đổi 1 tầng (single stack variable – reluctance stepper motor)

Cấu tạo của động cơ này được trình bày ở Hình 4.13. Rotor và stator được chế tạo bằng vật liệu từ. Động cơ có 3 pha, mỗi pha được quấn trên 4 cực hay răng của stator. Ví dụ pha 1 được quấn trên cực 1, 4, 7, 10 của stator. Stator có 12 răng và rotor có 16 răng. Cực ngược cực tính được quấn theo chiều ngược lại để tạo sự cân bằng giữa từ thông vào và ra khỏi rotor. Giả sử dòng điện I_1 đặt vào pha 1 và 4 răng rotor đối đỉnh với răng 1, 4, 7, 10 của stator. Từ thông đi vào rotor từ răng stator 4, 10, và ra khỏi rotor qua răng 1, 7, từ thông khép kín qua khung stator, có thể thấy rằng đỉnh răng stator 4 là cực bắc và đỉnh răng đối đỉnh với răng stator 4 là cực nam (cảm ứng). Sự phân cực này phải tồn tại để cho phép từ thông lớn nhất qua khe hở giữa hai răng đối đỉnh. Tương tự cho 2 pha còn lại.

Để rotor tiến 1 bước theo chiều kim đồng hồ thì 3 pha được quấn trên răng stator 2, 5, 8, 11 được đặt dòng điện I_3 vào và dòng điện I_1 được cắt. Bây giờ do đường sức chọn đường đi có từ dẫn lớn nhất hay từ trở bé nhất nên xuất hiện moment phản kháng kéo răng rotor gần răng stator 2, 5, 8, 11 nhất vào vị trí đối đỉnh. Đó là các răng rotor a, d, b, c, đối đỉnh với các răng tương ứng 2, 5, 8, 11 của stator. Kết quả rotor ở một vị trí cân bằng mới. Nếu dòng điện I_2 tiếp theo đưa vào pha 2, I_3 bị cắt thì rotor sẽ bước thêm 1 bước nữa theo chiều kim đồng hồ.

cuu duong than cong . com

Như vậy trình tự 1-3-2-1 cho rotor động cơ tiến theo chiều kim đồng hồ. Muốn rotor quay ngược lại trình tự kích thích là 1-2-3-1. Nguồn kích thích là loại đơn cực.



Hình 4.13 : Cấu tạo động cơ bước từ trở biến đổi, 1 tầng (3 pha).

Góc bước của rotor θ_s được xác định như sau :

Z_R : Số răng Rotor.

Z_S : Số răng Stator.

m : Số pha.

$$t_r = \frac{360^\circ}{Z_R} : \text{Bước răng Rotor (độ)}.$$

$$t_s = \frac{360^\circ}{Z_S} : \text{Bước răng Stator (độ)}.$$

$$\theta_s = \frac{t_r}{m} = \frac{360^\circ}{m \cdot Z_R} = |t_r - t_s| \text{ (độ/bước)}.$$

$$R_s = \frac{360^\circ}{\theta_s} = Z_R \cdot m : \text{Số bước / vòng : (bước/vòng)}.$$

$$X = \frac{R_s}{m(m \pm 1)} = \frac{Z_R}{m \pm 1} = \frac{Z_s}{m} : \text{Số răng stator trên 1 pha}.$$

$$n = \frac{60f}{R_s} = \frac{60f}{Z_R \cdot m} = \frac{\theta_s f}{6} : \text{Tốc độ (vòng/phút)}.$$

Thí dụ : Tính các thông số t_r , t_s , θ_s , R_s đối với động cơ ở Hình 4.13 :

Bước răng rotor của động cơ là:

$$t_r = \frac{360^\circ}{Z_R} = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$$

Bước răng stator của động cơ là:

$$t_s = \frac{360^0}{Z_S} = \frac{360^0}{12} = 30^0$$

Mỗi bước động cơ quay

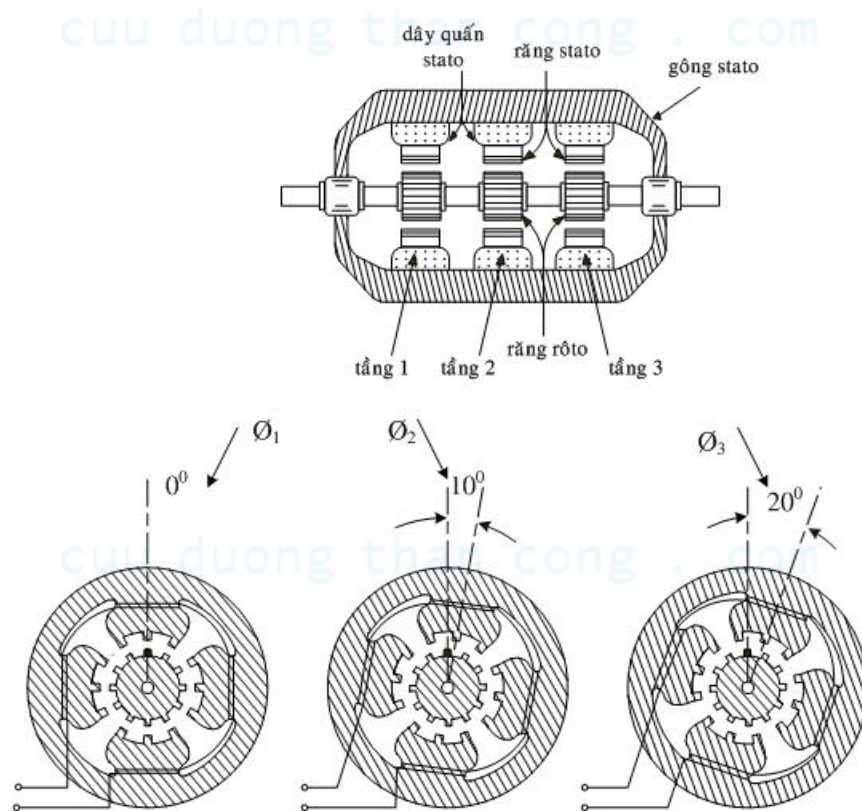
$$\theta_s = \frac{360^0}{m.Z_R} = \frac{360^0}{3.16} = 7.5^0$$

Số bước động cơ quay trong một vòng

$$R_s = Z_R.m = 16.3 = 48 \text{ bước/vòng}$$

7.3. Động cơ bước từ trở biến đổi nhiều tầng : (Multistack variable – reluctance stepper motor)

Động cơ bước từ trở biến đổi có thể có nhiều tầng. Thông thường là 2, 3, 4 hay nhiều tầng hơn nữa. Một tầng được xem như 1 pha. Hình 4.14 trình bày cấu tạo của động cơ bước từ trở biến đổi 3 pha (3 tầng). Stator của mỗi tầng có 4 cực, mỗi cực có 3 răng. Trong mỗi tầng số răng rotor và stator giống nhau. Răng của 3 rotor có vị trí đặt giống nhau nhưng răng của stator đặt lệch nhau $1/3$ bước răng. Theo hình 3 răng rotor và stator tầng 1 đối đỉnh, răng rotor và stator tầng 3 lệch nhau 10^0 (cấu tạo stator tầng 2 xoay 1 góc 10^0 so với stator tầng 1), tương tự răng rotor và stator tầng 3 lệch nhau 20^0 (stator xoay 1 góc 20^0 đối với stator tầng 1 hay 1 góc 10^0 đối với stator tầng 2). Răng của 3 rotor nằm trên cùng một trục và thẳng hàng.



Hình 4.14 : Cấu tạo động cơ bước từ trở biến đổi, 3 tầng (3 pha).

$$Z_R = Z_S = 12, \theta_i = \theta_s = 10^0.$$

Góc lệch của 2 tầng kề nhau θ_i , xác định như sau :

$$\theta_i = \frac{t_r}{m} = \frac{360^0}{Z_R \cdot m} = \theta_s \text{ (độ)}$$

Trong đó :

$$t_r : \text{bước răng của rotor, } t_r = \frac{360^0}{Z_R}$$

Z_R : Số răng của rotor cũng như stator.

m : số pha hay số tầng.

Trong trường hợp trên $Z_R = 12$, $m = 3$, do đó $\theta_i = 10^0$.

Nguyên lý làm việc của động cơ như sau:

Giả sử ban đầu đặt dòng điện điều khiển vào tầng 1 thì răng rotor và stator của tầng 1 đối đỉnh (do từ thông chọn đường đi có từ trở bé nhất). Lúc này răng rotor và stator tầng 2 lệch nhau 10^0 , răng rotor và stator tầng 3 lệch nhau 20^0 . Đặt dòng điện điều khiển vào tầng 2, dòng điện điều khiển tầng 1 được cắt. Rotor bước 1 góc 10^0 để răng rotor và stator tầng 2 đối đỉnh. Lúc này răng rotor và stator tầng 3 lệch nhau 10^0 . Tiếp tục đặt dòng điện điều khiển vào tầng 3, dòng điện điều khiển tầng 2 được cắt. Rotor bước thêm 1 góc 10^0 để răng rotor và stator tầng 3 đối đỉnh. Lúc này răng rotor và stator tầng 1 lệch nhau 10^0 . Tiếp tục đặt dòng điện điều khiển vào tầng 1, quá trình lập lại. Kết quả rotor tiến theo chiều kim đồng hồ với trình tự điều khiển 1-2-3-1.

Tổng quát, trục động cơ sẽ tiến 1 bước răng t_r trong m bước. Muốn trục động cơ bước theo chiều ngược lại trình tự điều khiển được đảo lại 1-3-2-1. Nguồn điều khiển là đơn cực. Muốn có góc bước nhỏ hơn có thể sử dụng, phương thức điều khiển như ở động cơ xung.

Ví dụ phương pháp điều khiển 6 nhịp hay 6 kỳ.

- Nhịp 1 : kích thích tầng 1.
- Nhịp 2 : kích thích tầng 1 và 2.
- Nhịp 3 : kích thích tầng 2.
- Nhịp 4 : kích thích tầng 2 và 3.
- Nhịp 5 : kích thích tầng 3.
- Nhịp 6 : kích thích tầng 3 và 1.

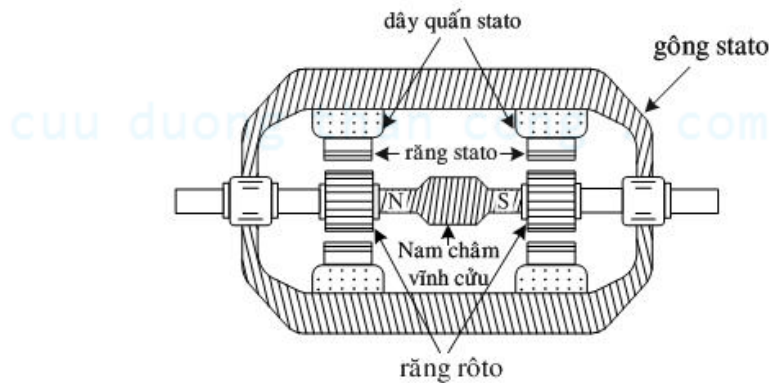
Lập lại quá trình trên, rotor bước theo chiều kim đồng hồ. Mỗi nhịp rotor bước 1 góc 5^0 . Phương thức điều khiển này gọi là phương thức điều khiển nửa bước, ở đây có sự kích thích 1 pha và 2 pha. Phương thức này góc bước bằng 1 nửa góc bước thông thường.

Quá trình tóm tắt như sau :

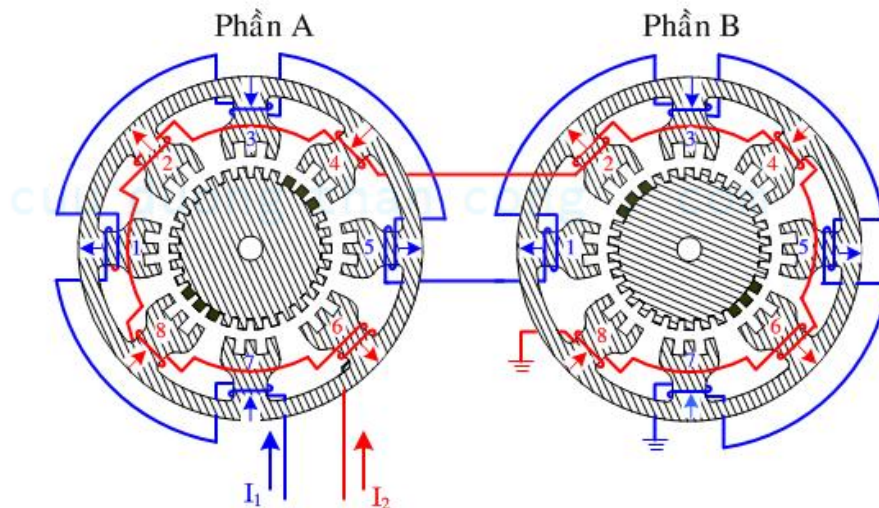
Nhịp điều khiển	Dòng điện đặt vào cuộn điều khiển	Góc xoay rotor
1	S1	0^0
2	S1 và S2	5^0
3	S2	10^0
4	S2 và S3	15^0
5	S3	20^0
6	S3 và S1	25^0
7	S1	30^0

7.4. Động cơ bước hỗn hợp (Hybrid Stepper Motor).

Động cơ bước hỗn hợp có đặc tính của động cơ bước nam châm vĩnh cửu và động cơ bước từ trở biến đổi. Cấu tạo tiêu biểu của của động cơ này (Hình 4.15) gồm có hai phần. Mỗi phần gồm có răng rotor và các cực stator (cũng như răng) có dây quấn trên nó. Cấu tạo chi tiết của stator và rotor của mỗi phần được trình bày ở Hình 4.16.



Hình 4.15. Cấu tạo động cơ bước hỗn hợp.



Hình 4.16. Cấu tạo chi tiết của stator và rotor.

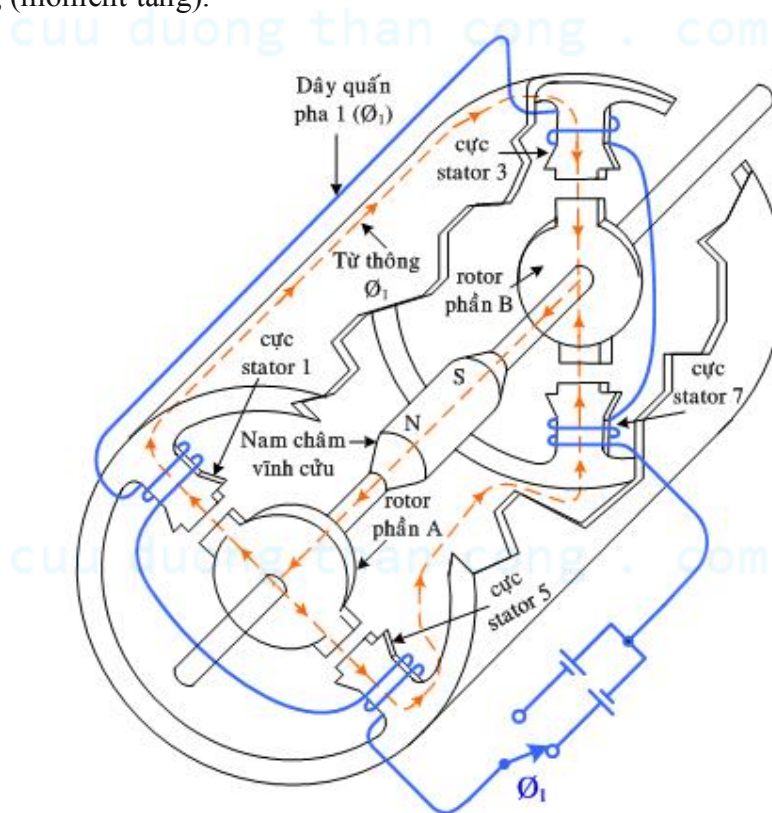
$$Z_r = 30, Z_s = 24, \theta_i = \frac{1}{2} t_r = 6^0, \theta_s = \frac{1}{2} \theta_i = 3^0.$$

Số răng trên stator và rotor của mỗi phần là khác nhau. Phần A và B có cấu tạo giống nhau. Tuy nhiên, răng stator của mỗi phần được đặt thẳng hàng nhau và răng rotor của 2 phần được đặt lệch nhau $\frac{1}{2}$ bước răng rotor. Trong thiết kế này bước răng rotor $t_r = 360/30 = 12^\circ$. Vì thế rotor của 2 phần đặt lệch nhau 1 góc 6° ($\theta_i = \frac{t_r}{2}$).

Các dây quấn pha trên stator được bố trí xen kẽ nhau trên các cực của 2 phần. Pha 1 được quấn trên các cực stator 1, 3, 5, 7 của phần A và trên các cực 2, 4, 6, 8 trên các cực của phần B. Pha 2 được bố trí trên các cực 2, 4, 6, 8 trên mỗi phần.

Nam châm vĩnh cửu giữa 2 phần (có trục trùng với trục rotor) sẽ từ hoá rotor phần A như cực bắc và rotor của phần B như cực nam, còn các cực của stator được từ hoá bởi dòng điện trên các dây quấn pha. Chiều của từ thông qua các cực từ stator được xác định dựa vào chiều từ hoá trên các cực đó tức phụ thuộc vào chiều dòng điện trên các dây quấn pha.

Khi đặt dòng điện I_1 có chiều như hình 5 vào pha 1. Các răng rotor của phần A sẽ đối đỉnh với các răng stator của cực 1, 5 và các răng rotor của phần B sẽ đối đỉnh với các răng stator của cực 3 và 7. Chiều đi của từ thông trong mạch có chiều như hình 6 : từ thông từ cực bắc của nam châm vĩnh cửu đi vào rotor của phần A và rời khỏi rotor qua các cực stator 1, 5, sau đó đi qua gông stator rồi đi vào rotor của phần B qua các cực stator 3, 7, cuối cùng từ thông khép kín qua cực từ nam của nam châm vĩnh cửu. Với chiều đi của từ thông như trên thì từ trường trên nam châm vĩnh cửu sẽ được tăng cường (moment tăng).



Hình 4.17. Chiều từ thông trên mạch từ khi pha 1 được cấp nguồn.

Nhi p	p_1 I_1	p_2 I_2	Từ thông đi ra phần A ở cực :	Từ thông đi vào phần B ở cực :	Phần A	Phần B
1	+		1, 5	3, 7		
2		-	4, 8	2, 6		
3	-		3, 7	1, 5		
4		+	2, 6	4, 8		
	+		1, 5	3, 7		

Hình 4.18. Trình tự điều khiển 4 nhịp của động cơ bước hỗn hợp.

Để động cơ tiến 1 bước theo chiều kim đồng hồ thì dòng điện I_2 được đặt vào pha 2 (I_1 được ngắt ra). Khi ấy các răng rotor màu đen sẽ đối đỉnh với các răng stator

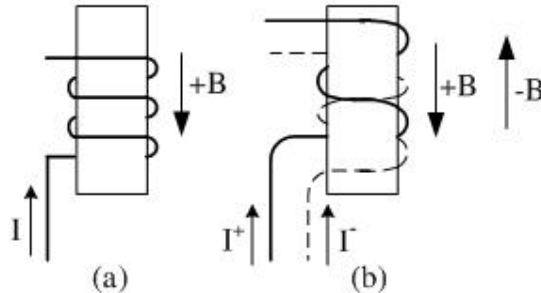
ở cực 4, 8 của phần A và cực 2, 6 của phần B. Với dòng điện I_2 như trên thì các cực 4, 8 và 2, 6 được từ hoá có chiều khác với chiều từ hoá được tạo bởi dòng điện I_1 . Để khắc phục điều này ta phải đảo chiều I_1 để chiều từ hoá được tạo ra cùng chiều nhau. Trình tự điều khiển 4 nhip được trình bày như Hình 4.18. Để động cơ quay theo chiều kim đồng hồ thì trình tự điều khiển là $1^+, 2^-, 1^-, 2^+, 1^+$. Để động cơ quay theo chiều ngược lại trình tự phải đảo lại. Khi trục động cơ quay được một bước răng rotor trong 4 nhip thì góc bước bằng $\frac{1}{4} t_r$ hoặc có thể được tính theo biểu thức sau :

$$\theta_s = \frac{t_r}{4} = \frac{360}{4Z_r} = \frac{90}{Z_r}$$

$$= |t_s - t_r|$$

Như đã trình bày ở phần trên để đảm bảo chiều từ thông theo yêu cầu điều khiển thì dòng điện điều khiển trên các pha phải là loại lưỡng cực. Vì vậy cần phải có 2 nguồn điều khiển riêng biệt (điều khiển lưỡng cực). Trong thực tế do điều khiển bằng 2 nguồn riêng biệt không kinh tế nên thường sử dụng điều khiển bằng 1 nguồn (điều khiển đơn cực).

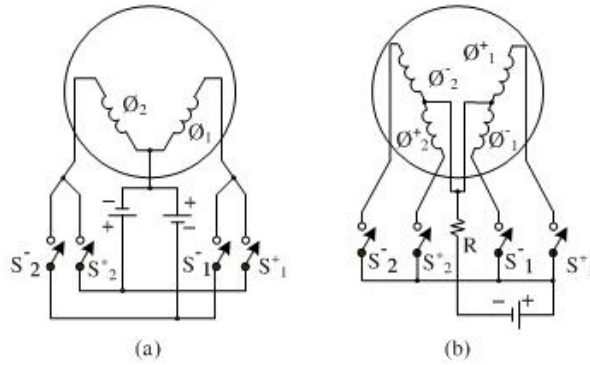
Sự khác nhau giữa điều khiển đơn cực và lưỡng cực là ở các bộ dây quấn trên các cực từ stator. Nếu dây quấn trên các cực từ stator là loại đơn cực (chỉ có một cuộn dây được quấn trên một cực từ) thì nguồn điều khiển phải là loại lưỡng cực. Ngược lại nếu dây quấn trên các cực từ stator là loại lưỡng cực (có 2 cuộn dây được quấn trên một cực từ và có chiều ngược nhau) thì nguồn điều khiển là loại đơn cực. Hình 4.19 a-b trình bày dây quấn loại đơn cực và lưỡng cực.



Hình 4.19. Cấu tạo cuộn dây dạng đơn cực và lưỡng cực.

Trở lại với động cơ ở Hình 4.16 nhưng nguồn điều khiển là loại đơn cực và vì thế các dây quấn trên các cực từ stator được thay bằng loại dây quấn có 2 cực tính (như ở Hình 4.19-b). Khi ấy từ thông P_1 sẽ được thay bằng 2 từ thông P_1^+ và P_1^- , với P_1^+ có chiều như P_1 (chiều như hình vẽ) và P_1^- có chiều ngược lại. Với cách thay đổi như trên ta đã tạo được 4 pha, các pha này được kích thích bằng 1 nguồn duy nhất.

Hình 4.20 trình bày sơ đồ chuyển mạch nguồn đơn cực và lưỡng cực (4.20a-b) cùng với trình tự điều khiển động cơ theo chiều kim đồng hồ. Để động cơ quay theo chiều ngược lại thì trình tự điều khiển phải đảo lại.



Nhip	S_1^+	S_1^-	S_2^+	S_2^-
1	X			
2				X
3		X		
4			X	
1	X			

(c)

Nhip	S_1^+	S_1^-	S_2^+	S_2^-
1	X			X
2		X		X
3		X	X	
4	X		X	
1	X			X

(d)

Nhip	S_1^+	S_1^-	S_2^+	S_2^-
1	X			X
2				X
3		X		X
4		X		
5		X	X	
6			X	
7	X		X	
8	X			
1	X			X

(e)

Hình 4.20

- Nguồn điều khiển đơn cực.
- Nguồn điều khiển lưỡng cực.
- Trình tự điều khiển bước đủ với 1 pha được kích thích.
- Trình tự điều khiển bước đủ với 2 pha được kích thích đồng thời.
- Trình tự điều khiển nửa bước là sự kết hợp trình tự điều khiển c và d.

7.5. Điều khiển động cơ bước

a. Điều khiển tốc độ quay của động cơ bước

Động cơ bước có thể quay với bất kỳ tốc độ nào trong dải từ 0 vòng/phút đến giá trị cực đại cho phép.

Do tính chất đặc biệt, động cơ bước có thể dừng đột ngột ở bất kỳ vị trí nào trong độ phân giải của góc bước khi đang quay với bất kỳ tốc độ nào trong dải cho phép. Vì vậy động cơ ít khi được dùng cho các thiết bị cần quay với tốc độ đều (trường hợp này ta sử dụng các loại động cơ khác đơn giản hơn) mà nó được sử dụng chủ yếu để điều khiển thích nghi, nghĩa là tốc độ quay biến đổi liên tục, thậm chí động cơ phải dừng và đứng yên ở vị trí bám sát.

Với lẽ đó, vận tốc quay của động cơ bước thường luôn được hiểu là vận tốc trung bình.

Giả sử trong thời gian t (giây) ta thực hiện n lần dịch bước (mỗi lần dịch một bước) thì tần số dịch bước là $f = n/t$.

Giả sử góc bước của động cơ là θ^0 thì để đạt được một vòng quay ta phải cho động cơ quay $360^0/\theta^0$ bước quay.

Vận tốc trung bình V của động cơ bước trong thời gian t giây là:

$$V = \frac{n}{t} \cdot \frac{\theta}{360} = f \cdot \frac{\theta}{360} \quad (\text{vòng/giây})$$

$$\text{Hay } V = f \cdot \frac{\theta}{60} \quad (\text{vòng/giây})$$

Việc điều khiển vận tốc động cơ bước được thực hiện bằng cách thay đổi tần số dịch bước f . Lưu ý rằng tần số dịch bước f trong trường hợp tổng quát không đồng nhất với tần số các xung điều khiển, mà là tổ hợp của sự biến đổi của sự biến đổi các trạng thái của các xung điện điều khiển đó. Vì vậy việc điều khiển này thường được thực hiện bởi các bộ vi xử lý. Nhìn vào đồ thị mômen – vận tốc của động cơ bước thường ta có thể thấy rằng vận tốc dưới 5 vòng/giây (300 vòng/phút), động cơ còn giữ được mômen cực đại; trên vận tốc này mômen của động cơ sẽ bị giảm dần theo chiều tăng vận tốc. Do đó việc lựa chọn tải trọng và vận tốc quay cực đại phải được tính toán trước khi thiết kế hệ truyền động sử dụng động cơ bước.

Một yếu tố rất quan trọng đối với động cơ bước là vận tốc tức thời, vận tốc này phải nhỏ hơn vận tốc quay cực đại đã được tính toán với một tải trọng cho trước.

Gọi T_{cb} là thời gian giữa hai lần chuyển bước liên tiếp, từ công thức (28) ta tính được vận tốc tức thời V_t :

$$V_t = \frac{\theta}{360 \cdot T_{cb}} \quad (\text{vòng/giây})$$

Thời gian T_{cb} không nhất thiết phải cố định nhưng phải đảm bảo điều kiện:

$$T_{cb} > \frac{\theta}{360 \cdot V_{\max}}$$

Ví dụ với $\theta = 1,8^0$, $V_{\max} = 15$ vòng/giây (9000 vòng/phút)

Thì $T_{cb} > 0,33$ ms, cũng có nghĩa là tần số chuyển bước $f < 3$ kHz.

b. Điều khiển chiều quay của động cơ bước

Chiều quay của động cơ một chiều có thể thay đổi bằng cách đảo chiều dòng điện cấp vào.

Đối với động cơ bước, chiều quay nhìn chung không đồng nhất với chiều dòng điện cấp cho các cuộn dây mà nó phụ thuộc thứ tự chuyển dịch các bước. Chẳng hạn, rotor đang vị trí bước thứ n ; nếu ta cấp điện sao cho nó chuyển sang vị trí bước thứ $(n+1)$ thì động cơ quay phải; nếu ta cấp điện sao cho rotor chuyển sang vị trí bước thứ $(n-1)$ thì động cơ quay trái. Bộ tạo xung điều khiển sẽ thực hiện việc này.

Chiều quay của động cơ bước được xác định bằng thứ tự chuyển dịch các trạng thái cấp điện của các cuộn dây stator. Đối với động cơ hai pha, nếu điều khiển cả bước có 4 trạng thái cấp điện; nếu điều khiển nửa bước, sẽ có 8 trạng thái cấp điện.

Đối với động cơ 4 pha, nếu cấp xung 1 cực thì cũng có 4 và 8 trạng thái cấp điện vào các cuộn dây cho hai trường hợp điều khiển cả bước và nửa bước. Bảng 1 nêu các trạng thái cấp điện theo cách đơn giản nhất cho 4 cuộn dây pha.

Bảng 1. Trạng thái cấp điện các pha của động cơ 4 pha.

Trạng thái Cuộn dây	1	2	3	4	5	6	7	8
Cuộn 1	1	1	0	0	0	0	0	1
Cuộn 2	0	1	1	1	0	0	0	0
Cuộn 3	0	0	0	1	1	1	0	0
Cuộn 4	0	0	0	0	0	1	1	1

Trong bảng: tương ứng với các cột trạng thái, ô nào đánh số 1 là cuộn dây đó được cấp xung điện 1 cực, ô nào đánh số 0 là cuộn dây đó không được cấp điện.

Nếu điều khiển cả bước thì chỉ có 4 trạng thái: 1, 3, 5 và 7 hoặc 2, 4, 6 và 8.

Nếu điều khiển nửa bước có cả 8 trạng thái trên.

Khi đã xác định cách cấp điện như trên, trong lúc hoạt động, động cơ bước chỉ có thể ở 8 trạng thái ổn định đó, ngoài ra không còn trạng thái ổn định nào khác. Mỗi lần dịch chuyển trạng thái cấp điện sang trạng thái liền kề thì động cơ dịch chuyển một bước (bước đủ hay bước nửa).

Nếu chiều dịch chuyển từ trái sang phải thì động cơ quay phải, ngược lại nếu chiều dịch chuyển từ phải sang trái thì động cơ quay trái.

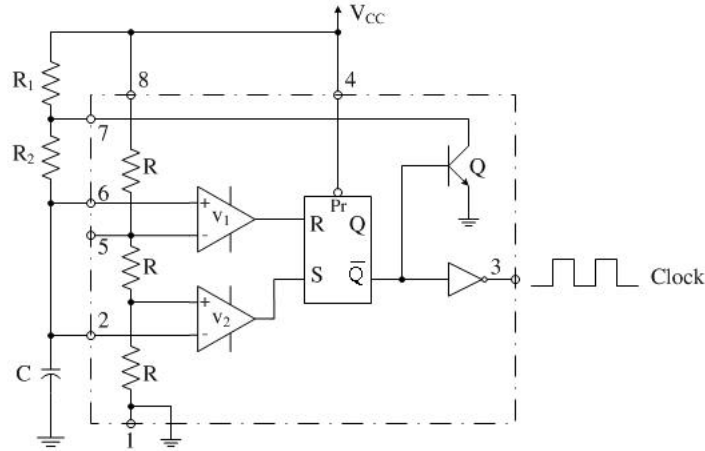
Từ bảng 1 có thể đưa ra một chú ý hết sức quan trọng: trong quá trình hoạt động (quay hay giữ) thì ít nhất một cuộn dây pha phải được cấp điện. Nếu tất cả các cuộn dây không được cấp điện (ở trạng thái turn-off) thì rotor sẽ quay trơn, có nghĩa là nếu tải gây ra mômen quay thì rotor động cơ sẽ bị quay bởi lực bên ngoài. Ngược lại muốn dùng lực ngoài để thay đổi vị trí tải thì phải đưa động cơ về trạng thái turn-off. Tầm quan trọng của chú ý này còn nằm ở chỗ: hệ truyền động động cơ bước sẽ không hoạt động đúng được nếu ta điều khiển nó luôn ở hai trạng thái turn-off và dịch bước, mà phải điều khiển ở hai chế độ giữ và dịch bước, có nghĩa là bắt buộc phải cấp điện cho cuộn dây pha kể cả khi hệ dừng và lúc hệ chuyển động. Vấn đề cốt lõi của việc điều khiển động cơ bước là cấp điện lúc động cơ dừng-giữ. Do đó sẽ là sai lầm lớn nếu ta chỉ cấp xung điều khiển lúc động cơ quay còn dừng thì không cấp xung điều khiển.

7.6. Mạch điều khiển động cơ bước

• Mạch tạo xung

Sử dụng mạch dao động đơn ổn dùng vi mạch IC 555.

Sơ đồ mạch điện như Hình 4.21

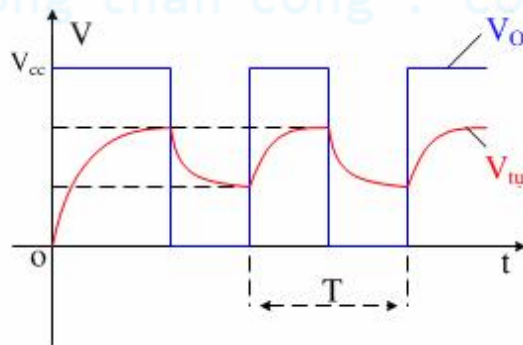


Hình 4.21. Sơ đồ nguyên lý của IC 555

Điện áp cấp từ 3÷18V, dòng ngõ ra lên đến 200 mA (loại BJT), 100 mA (loại CMOS).

Các chân của vi mạch được trình bày như hình vẽ trên gồm 8 chân.

Ta có dạng sóng ngõ vào và ngõ ra của IC555 như Hình 4.22



Hình 4.22. Giản đồ sóng của ngõ ra IC555.

Khi tụ C nạp với hằng số thời gian là $\sigma_{\text{nạp}}$

$$\sigma_{\text{nạp}} = (R_1 + R_2) \cdot C$$

Thời gian nạp $t_{\text{nạp}} = 0,69 \cdot \sigma_{\text{nạp}}$

Khi tụ C xả với hằng số thời gian là $\sigma_{\text{xả}}$

$$\sigma_{\text{xả}} = R_2 \cdot C$$

Thời gian xả $t_{\text{xả}} = 0,69 \cdot \sigma_{\text{xả}}$

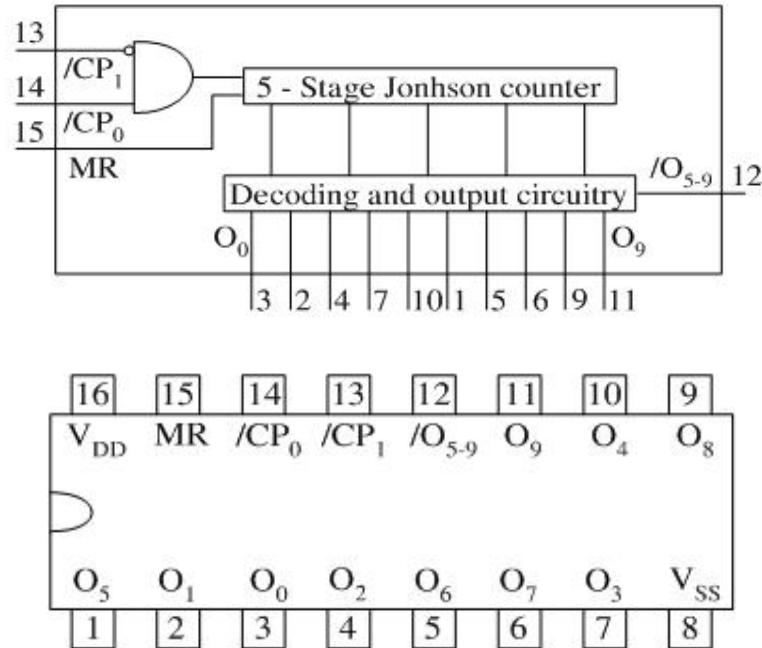
Vậy chu kỳ xung và tần số là:

$$T = t_{\text{nạp}} + t_{\text{xả}} = 0,69 \cdot (\sigma_{\text{nạp}} + \sigma_{\text{xả}})$$

$$\text{Suy ra tần số : } f = \frac{1}{T}$$

• Vi mạch giải mã IC 4017

Sơ đồ các chân của IC 4017 được trình bày như Hình 4.33



Hình 4.33. Sơ đồ chức năng và chân của IC 4017

Trong đó các ngõ ra từ O_0 đến O_9 (tương ứng chân 3-2-4-7-10-1-5-6-9-11).

Chân 13 cấp xung clock (tích cực ở mức thấp)

Chân 14 cấp xung clock (tích cực ở mức cao)

Chân 15 là chân master reset, tích cực ở mức cao.

Chân 12 là cờ carry ngõ ra tích cực mức thấp.

Đặc điểm của IC 4017 là khi ta cấp nguồn V_{cc} cho IC hoạt động nhưng chưa có xung clock ngõ vào thì các ngõ ra đều ở mức “0” (các ngõ từ O_0 đến O_9). Nhưng khi có xung clock cấp vào thì ngõ ra của IC tại mỗi thời điểm cho ra một ngõ ở mức cao “1”, còn lại thì ở mức “0”. Cứ có xung cấp vào thì lần lượt các ngõ ra từ O_0 đến O_9 sẽ cho lên mức “1”.

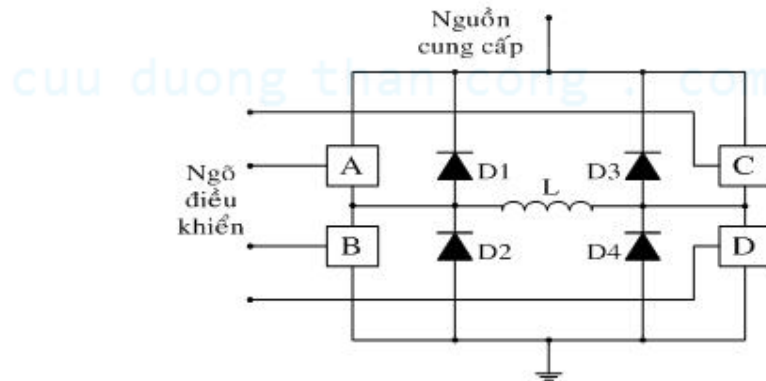
Cờ carry sẽ chuyển trạng thái từ mức “0” xuống mức “1” khi các ngõ ra dịch từ O_0 đến O_9 và bắt đầu đếm lại.

Bảng trạng thái như sau:

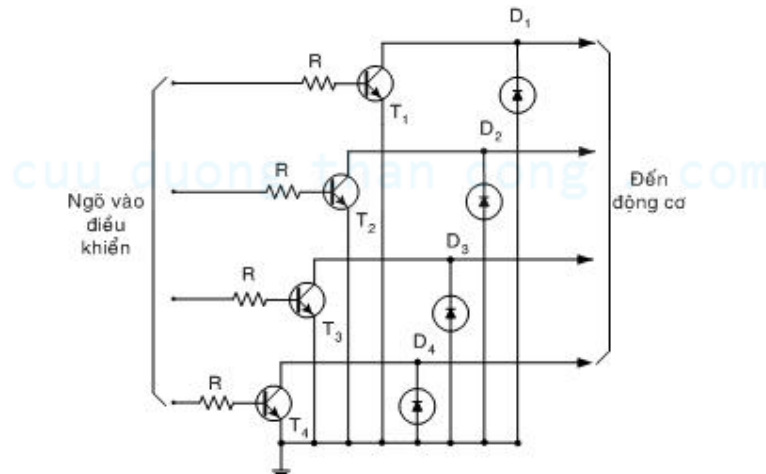
MR	CP ₀	/CP ₁	Hoạt động ngõ ra
H	X	X	O ₀ = /O _{5,9} = H; O ₁ đến O ₉ = L
L	H	Xung cạnh xuống	Đếm
L	Xung cạnh lên	L	Đếm
L	L	X	Không thay đổi
L	X	H	Không thay đổi
L	H	Xung cạnh lên	Không thay đổi
L	Xung cạnh xuống	L	Không thay đổi

Trong đó: H là mức cao
L là mức thấp
X là tùy định.

• Bộ chuyển mạch điện tử



(a)



(b)

Hình 4.34. Bộ chuyển mạch điện tử.

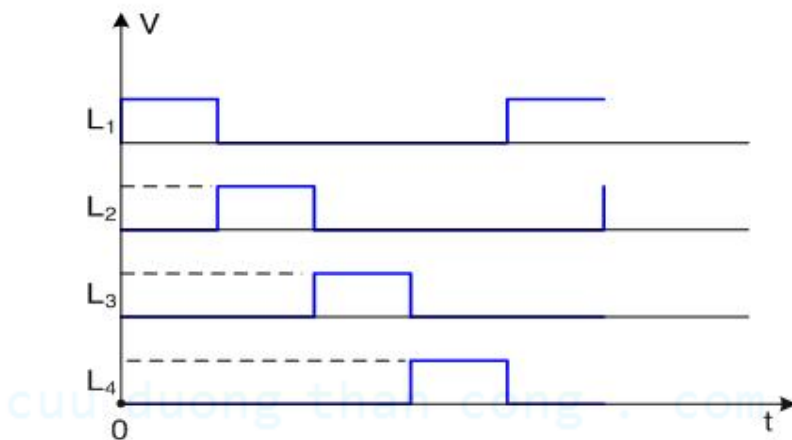
Các khối A, B, C, D là các khoá đóng mở, dùng để đảo chiều dòng điện. Các khoá điện này hoạt động theo từng cặp AD, BC và được điều khiển thông qua bộ vi mạch điều khiển.

Các khối hình vuông được ký hiệu là các bộ điều khiển có nhiệm vụ đóng mở thích hợp các công tắc để cung cấp dòng điện cho động cơ quay theo chiều thích hợp. Bộ điều khiển này thông thường là các máy tính hay thiết bị điều khiển có thể lập trình với các phần mềm.

a. Điều khiển bước đủ

Giới thiệu mạch điều khiển động cơ bước bốn pha (L_1, L_2, L_3, L_4) như sau.

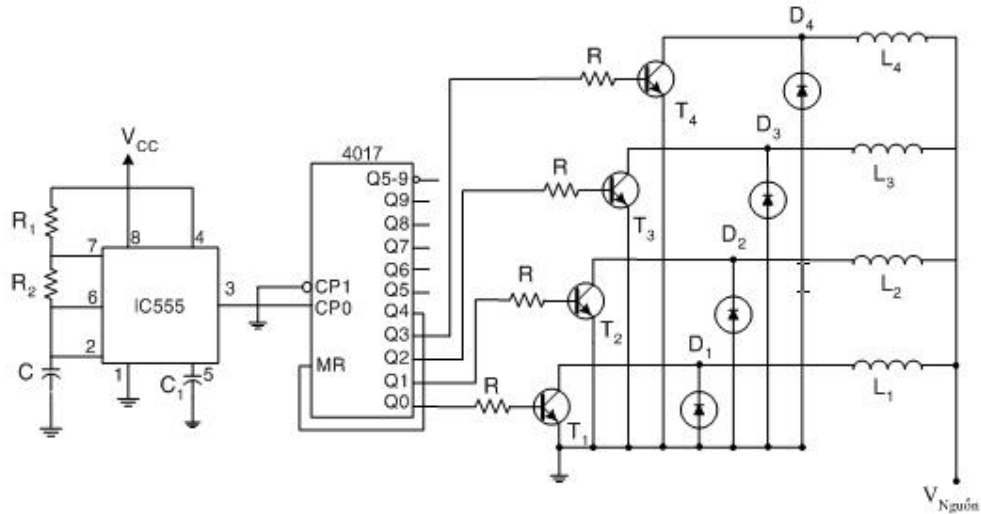
- Giảm đồ xung điều khiển động cơ bước:



- Bảng trạng thái điều khiển động cơ bước:

Xung clock	L_1	L_2	L_3	L_4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	1	0	0	0

- Mạch điện điều khiển dùng vi mạch số.



Hình 4.35. Mạch điện điều khiển bước đủ động cơ bước 4 pha.

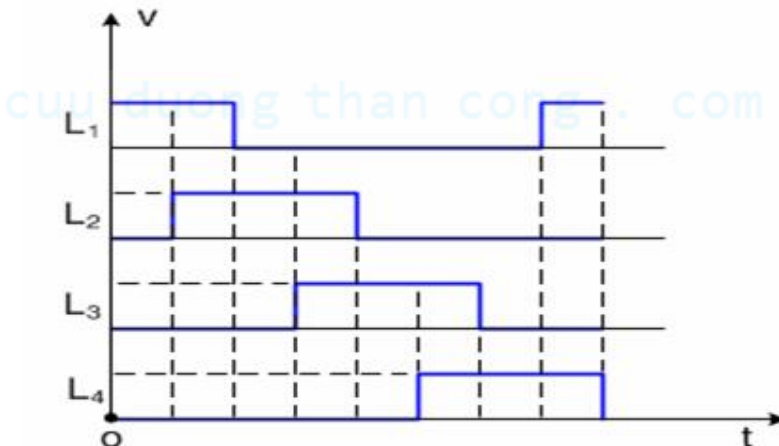
Hoạt động của mạch điều khiển.

Khi IC555 cung cấp xung clock vào IC4017 thì ngay xung đầu tiên thì ngõ ra Q0 sẽ xuất ra mức 1 còn các ngõ khác thì ở mức 0. Q0 kích cho transistor T_1 dẫn và đồng thời điều khiển cuộn dây L_1 của động cơ hoạt động. Tiếp tục xung clock thứ hai thì Q2 xuất ra mức 1 và tương tự transistor T_2 dẫn và đồng thời cuộn dây L_2 của động cơ hoạt động. Giả sử như lúc đầu khi L_1 có điện thì rotor ở vị trí 1 khi cuộn dây thứ 2 có điện, L_1 ngắt điện thì rotor sẽ quay được một góc.

Và tương tự như trên khi có xung clock cấp vào thì lần lượt ngõ ra xuất ra mức 1 thứ tự từ Q0 đến Q3 và lặp lại, động cơ sẽ dịch góc quay thứ tự từ L_1 đến L_4 .

b. Điều khiển nửa bước

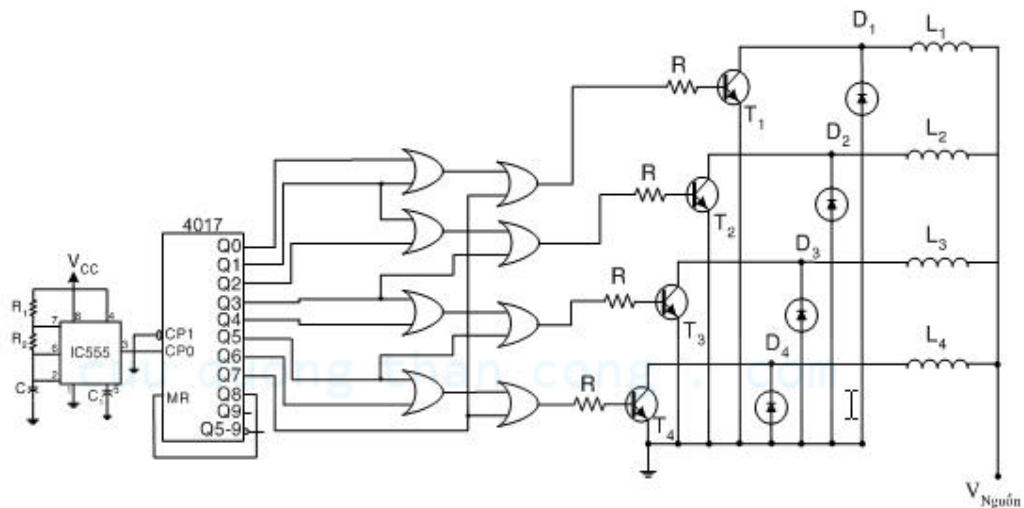
- Giảm độ xung điều khiển nửa bước.



- Bảng trạng thái điều khiển.

Xung clock	L_1	L_2	L_3	L_4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1
9	1	0	0	0

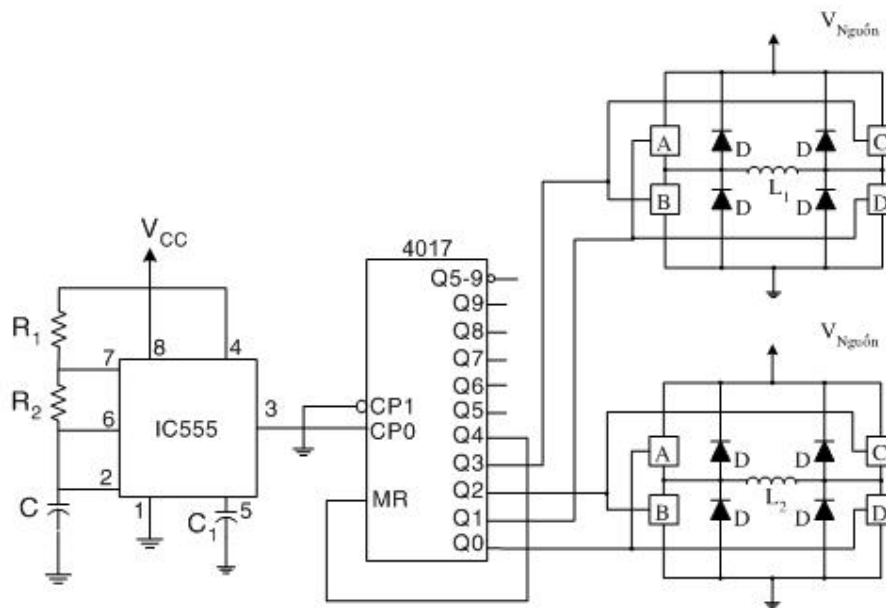
- Mạch điều khiển dùng vi mạch số.



Hình 4.36. Mạch điều khiển nửa bước động cơ bước 4 pha.

Về hoạt động của mạch giống như bảng trạng thái. Lúc này động cơ bước sẽ dịch góc bước nhỏ hơn bước đủ.

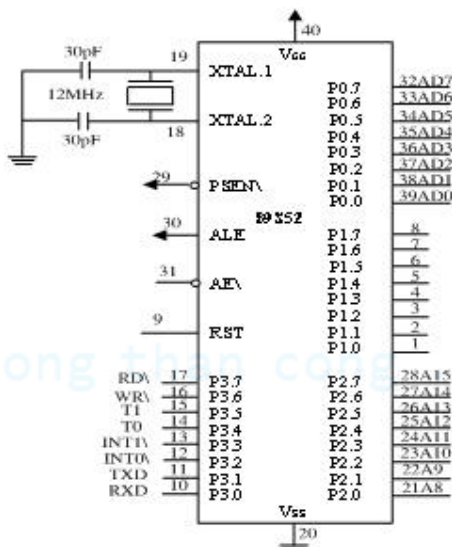
Nếu động cơ bước trên mỗi pha quấn trên hai cực của stator thì lúc này mạch điều khiển phải dùng bộ chuyển đổi mạch như hình 14-a như trên. Mạch điện có thể như sau:



Hình 4.37. Mạch điện điều khiển động cơ bước 2 pha (mỗi pha quấn trên hai cực của stator).

Điều khiển động cơ bước có nhiều cách điều khiển nhưng điều khiển thuận lợi và có cấu hình gọn nhẹ nhất trong điều khiển này là sử dụng Microcontroller. Như Microcontroller 89C51, 89S52,....

Giới thiệu vi điều khiển 89S52



Hình 4.38. Sơ đồ chân 89S52

CÂU HỎI ÔN TẬP.

1. Động cơ bước NC vĩnh cửu.

1. Trình bày đặc điểm cấu tạo của ĐC bước NC vĩnh cửu ?
2. Tại sao nguồn điều khiển ĐC bước NC vĩnh cửu là nguồn có 2 cực tính ?
3. Có thể điều khiển ĐC bước NC vĩnh cửu với nguồn một cực không ?
4. ĐC bước NC vĩnh cửu góc bước phụ thuộc vào các yếu tố nào ?
5. ĐC bước NC vĩnh cửu có thể làm việc ở chế độ nửa bước không ?
6. Đối với ĐC bước NC vĩnh cửu để giảm bước quay có thể thực hiện bằng cách nào?
7. Rotor ĐC bước NC vĩnh cửu là loại cực lồi hay cực ẩn ?
8. Rotor ĐC bước NC vĩnh cửu được làm từ vật liệu gì ?
9. Đối với ĐC bước NC vĩnh cửu các pha có thể được kích thích như thế nào?
10. Nếu số răng stator tăng 2 lần (số pha không đổi) thì góc bước sẽ thay đổi như thế nào?
11. Động cơ bước NC vĩnh cửu có : $Z_R = 2$, $Z_S = 8$, $m = 4$ thì góc bước bằng bao nhiêu?
12. Động cơ bước NC vĩnh cửu có : $Z_R = 2$, $Z_S = 8$, $m = 4$ thì số cực stator trong 1 pha bằng bao nhiêu?

2. Động cơ bước từ trở biến đổi 1 tầng.

1. Trình bày đặc điểm cấu tạo của ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng ?
2. Đối với ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng các pha có thể được kích thích đồng thời không ? Tại sao ?
3. Nguồn điều khiển ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng là loại đơn cực hay lưỡng cực ?
4. Điểm khác nhau giữa ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng với ĐC bước NC vĩnh cửu là gì ?
5. Rotor động cơ bước từ trở biến đổi 1 tầng được làm từ vật liệu gì ?
6. Góc bước của ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng θ_s có thể tính bằng biểu thức nào ?
7. Số bước trên vòng của ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng R_s có thể được tính bằng biểu thức nào ?
8. Dẫn ra biểu thức biểu diễn mối quan hệ giữa X , R_s , N_p .
9. Viết biểu thức xác định tốc độ ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng .
10. Các pha của ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng có thể được kích thích độc lập hay riêng lẻ ?
11. ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng có $m = 3$, $Z_R = 16$, $Z_S = 12$ thì góc bước θ_s bằng bao nhiêu ?
12. ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng có $m = 3$, $Z_R = 16$, $Z_S = 12$ thì bước răng rotor và stator là bao nhiêu ?

3. Động cơ bước từ trở biến đổi nhiều tầng.

1. Trình bày đặc điểm cấu tạo của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng ?
2. Hãy nêu những điểm giống và khác nhau của ĐC bước từ trở biến đổi 1 tầng và nhiều tầng.
3. Góc lệch giữa các tầng trong ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng là bao nhiêu ?
4. Nguồn điều khiển ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng là loại đơn cực hay lưỡng cực ?
5. Rotor và stator ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng được làm từ vật liệu gì ?
6. Cấu tạo răng stator và rotor các tầng của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng giống nhau hay khác nhau ?
7. Vị trí stator các tầng của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng được bố trí như thế nào ?
8. Vị trí rotor các tầng của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng được bố trí như thế nào ?
9. Các tầng (pha) của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng có thể làm việc độc lập hay riêng lẻ ?
10. Xác định góc lệch giữa các tầng của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng khi : $Z_R = 12$, $Z_S = 12$, $m = 3$.

4. Động cơ bước hỗn hợp

1. Trình bày đặc điểm cấu tạo của ĐC bước hỗn hợp ?
2. Hãy nêu những điểm giống và khác nhau của ĐC bước từ trở biến đổi nhiều tầng và ĐC bước hỗn hợp.
3. Góc lệch rotor giữa 2 tầng liên tiếp được xác định như thế nào ?
4. Nguồn ĐK ĐC bước hỗn hợp tùy thuộc yếu tố nào ?
5. Rotor và stator ĐC hỗn hợp được làm từ vật liệu gì ?
6. Cấu tạo răng stator và rotor các tầng của ĐC bước hỗn hợp giống nhau hay khác nhau ?
7. Vị trí stator các tầng của ĐC bước hỗn hợp được bố trí như thế nào ?
8. Vị trí rotor các tầng của ĐC bước hỗn hợp được bố trí như thế nào ?
9. Góc lệch rotor θ_i giữa 2 tầng của ĐC bước hỗn hợp được tính bằng biểu thức nào ?
10. Các pha của ĐC bước hỗn hợp có thể làm việc đồng thời hay riêng lẻ ?
11. Nguồn điều khiển ĐC bước hỗn hợp là đơn cực hay lưỡng cực ?
12. Xác định góc lệch rotor giữa các tầng của ĐC bước hỗn hợp khi : $Z_R = 30$, $Z_S = 24$, $m = 2$.

cuu duong than cong . com