

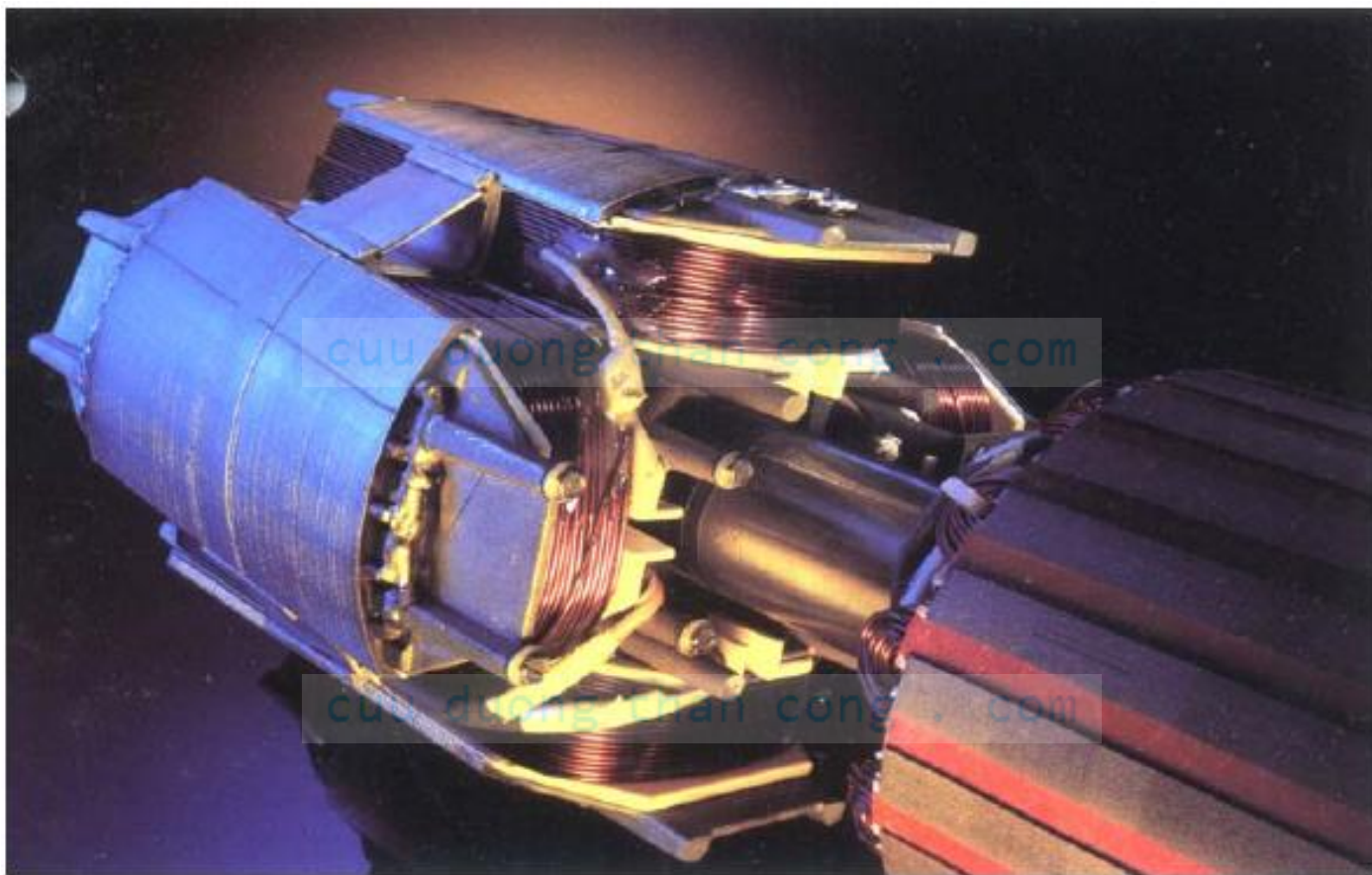


Kỹ thuật điện

Chương 7: Máy điện đồng bộ (MĐĐB)

[Cuu duong than cong . com](http://CuuDuongThanCong.com)

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ



ROTOR CỰC TỪ LÒI

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ



ROTOR CỰC TỪ ÂN :



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

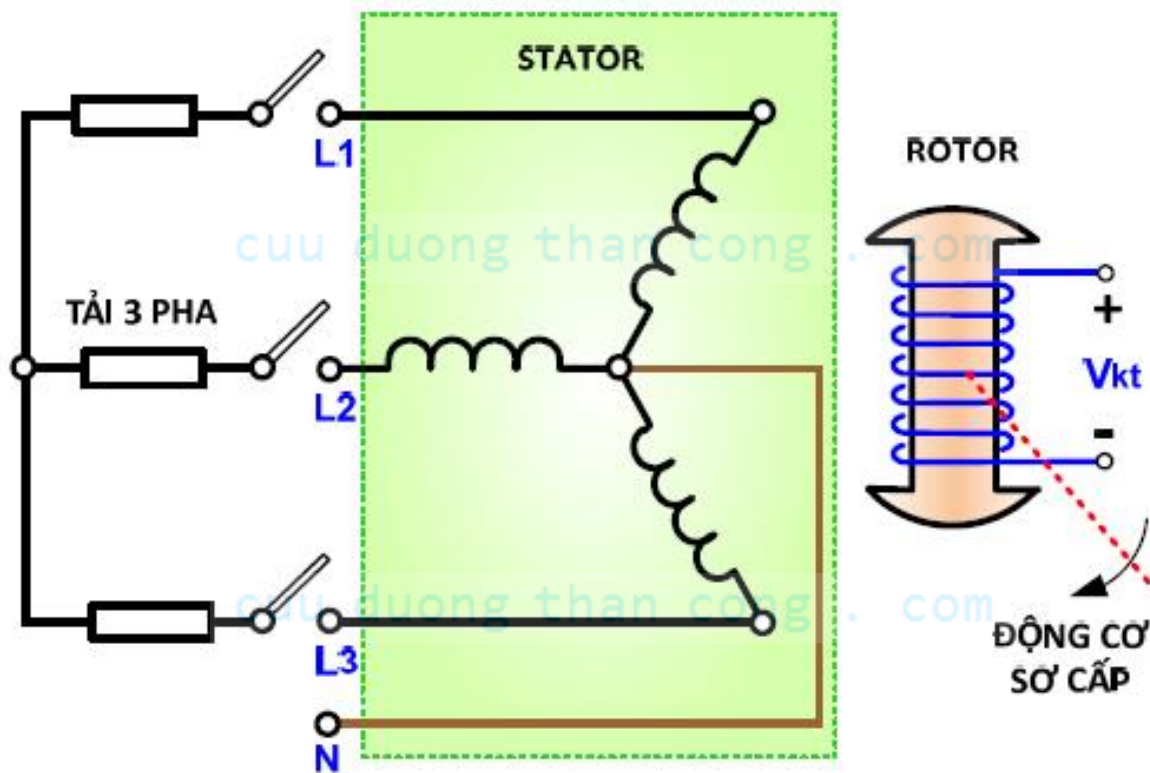
Dạng máy phát điện dùng hệ thống chổi than và vành trượt để cấp nguồn một chiều cho phần cảm, được gọi là **máy phát điện kích từ trực tiếp**.

để khắc phục nhược điểm của hệ thống vành trượt và chổi than, các máy phát (sử dụng động cơ sơ cấp là động cơ nổ) thường được chế tạo theo dạng “**brushless**” không chổi than.

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

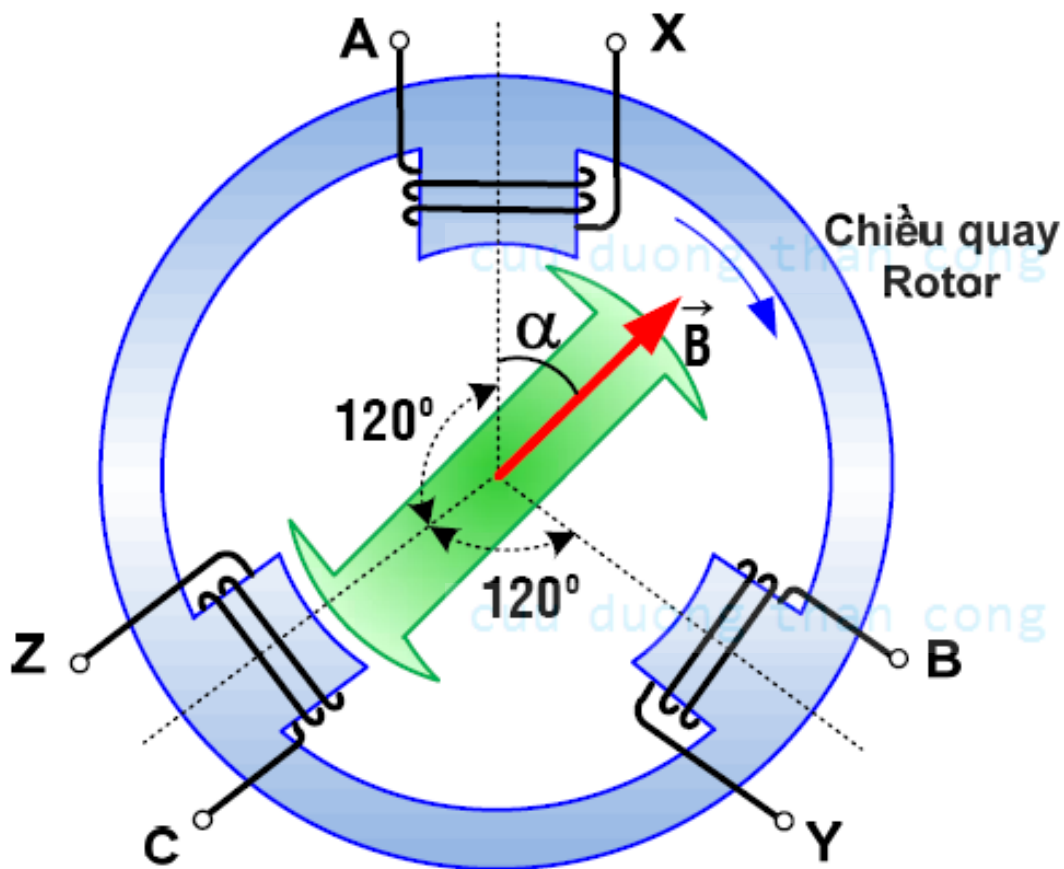
MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ:



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ:



$$\Omega_1 = 2\pi.n_1$$

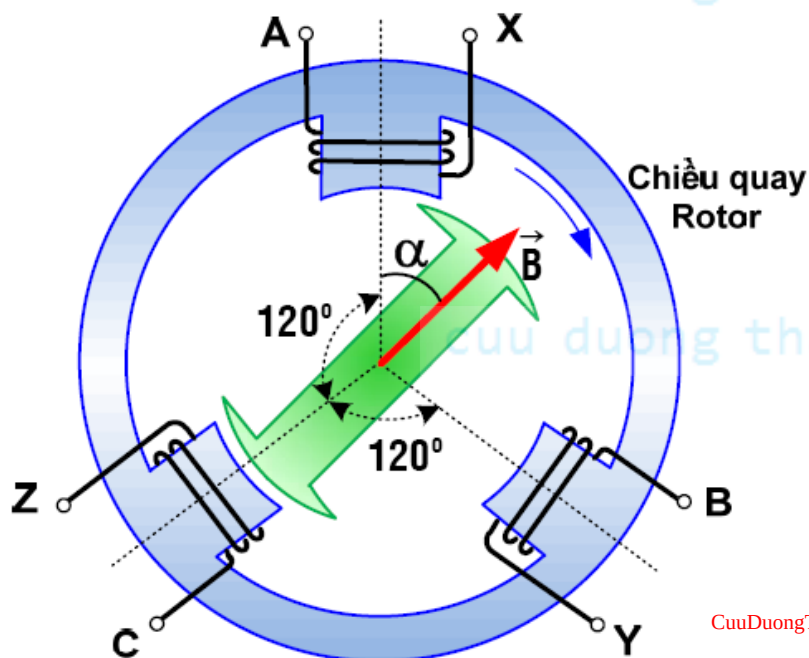
MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

$\Phi_{AX} = B.A. \cos \alpha$ $B.A = \Phi_m$ và $\alpha = \Omega_1 t$ ta có:

$$\Phi_{AX} = \Phi_m \cdot \cos(\Omega_1 t)$$

$$\Phi_{BY} = \Phi_m \cdot \cos(\Omega_1 t - 120^\circ)$$

$$\Phi_{CZ} = \Phi_m \cdot \cos(\Omega_1 t - 240^\circ)$$





MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

$$e_{AX} = -N_{pha} \cdot K_{dq} \cdot \frac{d\Phi_{AX}}{dt} = -N_{pha} \cdot K_{dq} \cdot \frac{d[\Phi_m \cdot \cos(\Omega_1 t)]}{dt}$$

$$e_{AX} = N_{pha} \cdot K_{dq} \cdot \Phi_m \cdot \Omega_1 \sin(\Omega_1 t)$$

$$e_{BY} = N_{pha} \cdot K_{dq} \cdot \Phi_m \cdot \Omega_1 \sin(\Omega_1 t - 120^\circ)$$

$$e_{CZ} = N_{pha} \cdot K_{dq} \cdot \Phi_m \cdot \Omega_1 \sin(\Omega_1 t - 240^\circ)$$

TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ SƠ CẤP VÀ TẦN SỐ NGUỒN ĐIỆN PHÁT RA:

$$f = \frac{p \cdot n_1}{60}$$

$$[f] = [Hz]$$

$$[n_1] = [\text{vòng} / \text{phút}]$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Máy phát điện đồng bộ 3 pha có $2p = 4$ cực muốn phát ra nguồn áp có tần số là 50 Hz thì động cơ sơ cấp cần có tốc độ quay là:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ [vòng / phút]}$$

cuuduongthancong.com

Trường hợp muốn máy phát ra nguồn áp có tần số 60 Hz động cơ sơ cấp cần tăng tốc đến giá trị sau:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ [vòng / phút]}$$

cuuduongthancong.com



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

SỨC ĐỘNG ĐỘNG HIỆU DỤNG PHA

CỦA MỖI BỘ DÂY QUẤN TRÊN STATOR:

$$E_{\text{pha max}} = N_{\text{pha}} \cdot K_{\text{dq}} \cdot \Phi_m \cdot \Omega_1 = 2\pi f \cdot N_{\text{pha}} \cdot K_{\text{dq}} \cdot \Phi_m$$

$$E_{\text{pha}} = \frac{E_{\text{pha max}}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{pha}} \cdot K_{\text{dq}} \cdot \Phi_m$$

K_{dq} là hệ số dây quấn của mỗi pha dây quấn.

$$E_{\text{pha}} = 4,44 \cdot \left(\frac{p \cdot n_1}{60} \right) \cdot N_{\text{pha}} \cdot K_{\text{dq}} \cdot \Phi_m$$

$$E_{\text{pha}} = \left(\frac{4,44 \cdot p \cdot N_{\text{pha}} \cdot K_{\text{dq}}}{60} \right) \cdot n_1 \cdot \Phi_m$$

$$E_{\text{pha}} = K_E \cdot n_1 \cdot \Phi_m$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Cho máy phát điện đồng bộ 3 pha có $2p = 4$ cực và sức điện động pha là $E_{pha} = 380 \text{ V}$ khi phát tại tần số 60 Hz .

Bây giờ muốn máy phát cấp sức điện động pha vẫn là $E_{pha} = 380 \text{ V}$ nhưng tần số là 50 Hz ta cần phải điều chỉnh các thông số nào ?

Tại trạng thái phát ra tần số $f = 60 \text{ Hz}$. Tốc độ động cơ sơ cấp là:

$$n_{11} = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ [vòng / phút]}$$

Tại trạng thái phát ra tần số $f = 50 \text{ Hz}$. Tốc độ động cơ sơ cấp là:

$$n_{12} = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ [vòng / phút]}$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

giảm tốc độ quay

$$\frac{E_{\text{pha2}}}{E_{\text{pha1}}} = \frac{n_{12} \cdot \Phi_{\text{max 2}}}{n_{11} \cdot \Phi_{\text{max 1}}} = 1$$

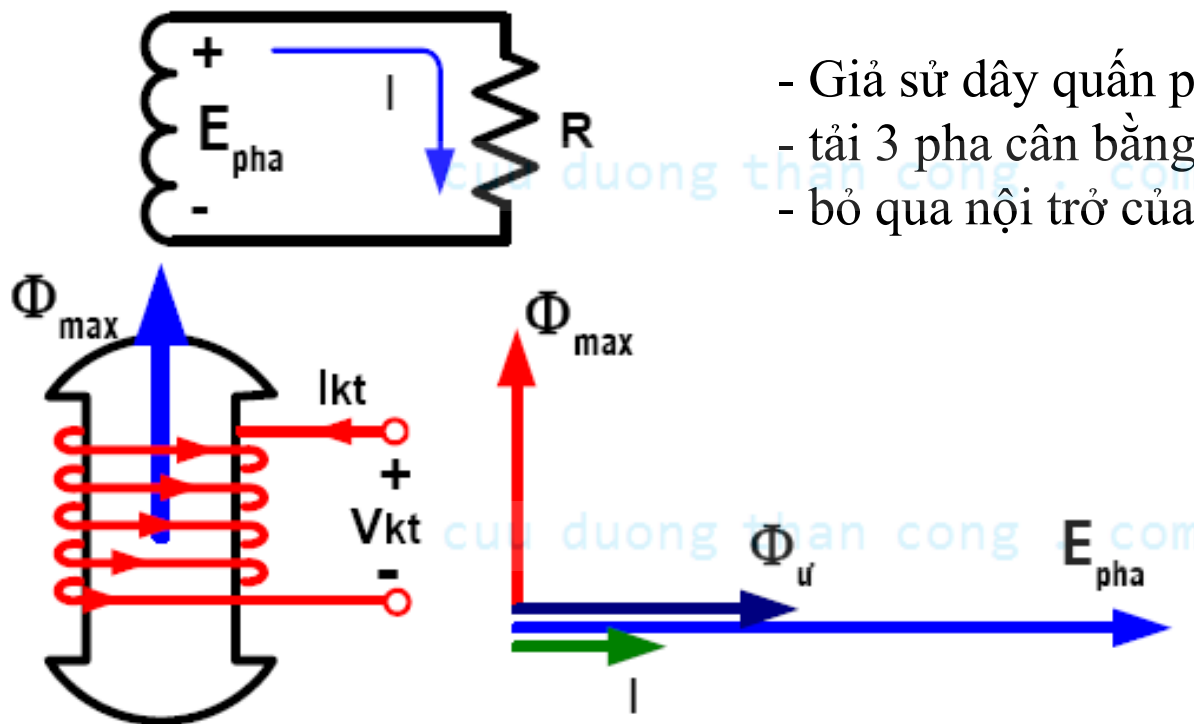
$$\Phi_{\text{max 2}} = \left(\frac{n_{11}}{n_{12}} \right) \cdot \Phi_{\text{max 1}} = 1,2 \cdot \Phi_{\text{max 1}}$$

cần tăng từ thông kích thích tại lúc phát **tần số 50 Hz.**

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG CỦA MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ :

PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG VỚI TẢI THUẦN TRỞ :

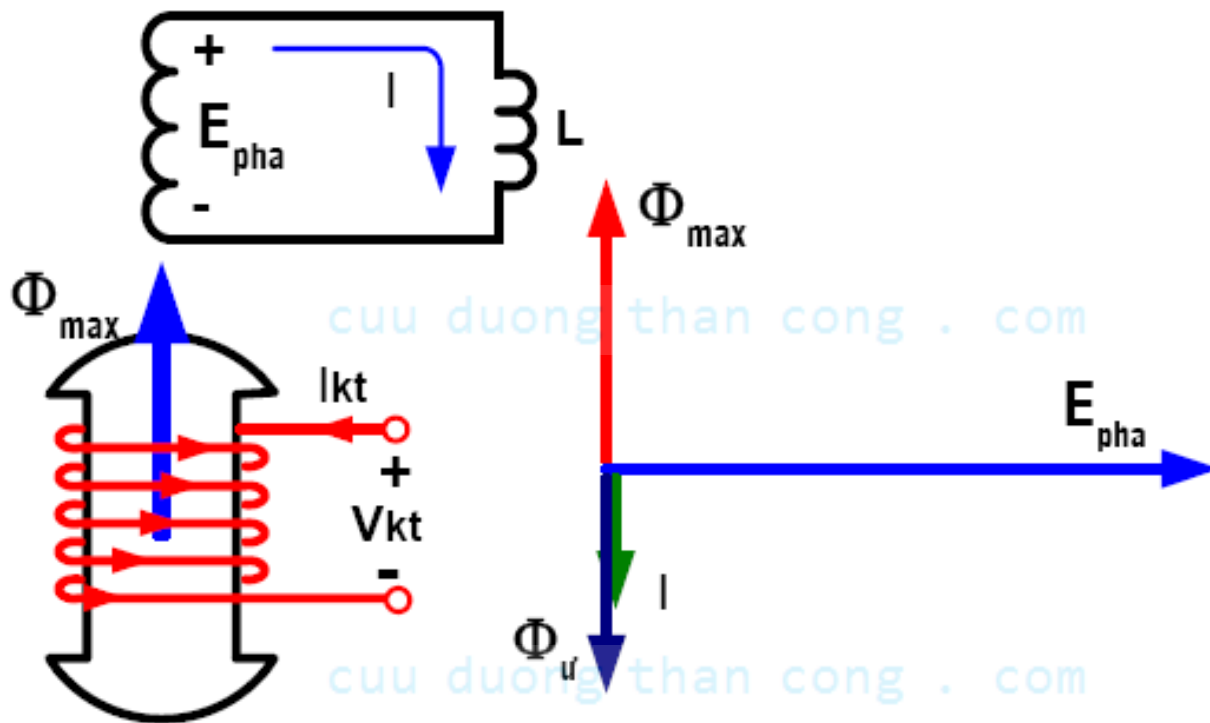


- Giả sử dây quấn phần ứng đầu Y,
- tải 3 pha cân bằng;
- bỏ qua nội trở của dây quấn phần ứng.

phản ứng phần ứng là dạng khử từ ngang trục.

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG VỚI TẢI THUẦN CẢM



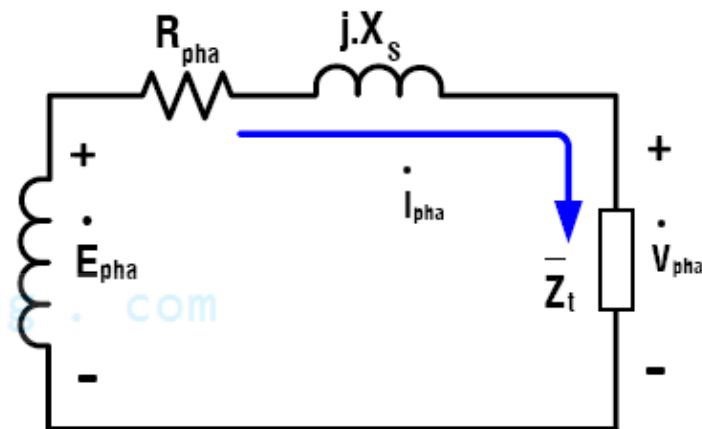
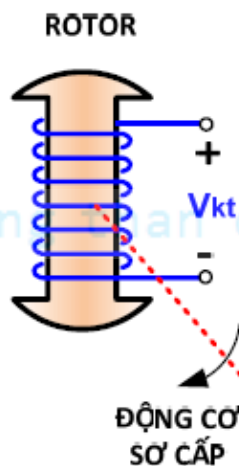
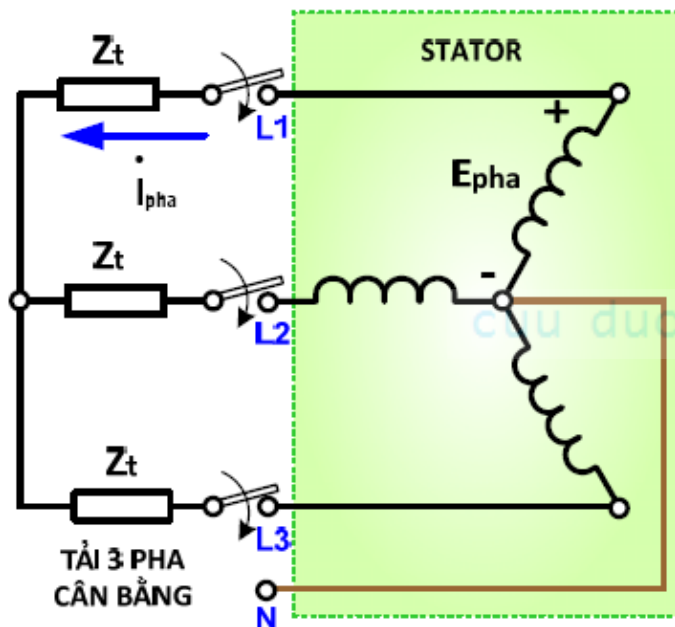
phản ứng phần ứng là dạng khử từ dọc trục.

The diagram illustrates the internal circuit and magnetic flux distribution of a synchronous generator. At the top, a circuit diagram shows the internal induced EMF E_{pha} (positive terminal at the top) connected to a capacitor C . The current I flows from the positive terminal, through the capacitor, and back to the negative terminal. Below this, the main magnetic circuit is shown. It consists of a stator with a coil and a rotor. The stator coil has terminals labeled $+$ and $-$ with voltage V_{kt} across it, and current I_{kt} flowing out of the positive terminal. The rotor is shown with a blue arrow indicating the direction of the magnetic flux Φ_{max} . The stator flux is represented by red arrows, and the rotor flux by blue arrows. The total flux Φ is shown as a red arrow pointing upwards, with its maximum value Φ_{max} indicated. The flux Φ_u is shown as a green arrow pointing upwards, and the flux Φ_{pha} is shown as a blue arrow pointing to the right.

Phản ứng phần ứng là dạng trợ từ độc trực

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐIÊN KHÁNG ĐỒNG BỘ (X_s):



$$\bar{Z}_s = R_{pha} + j.X_s$$

Điện Kháng Đồng Bộ của 1 pha

$$\dot{E}_{pha} = \dot{V}_{pha} + (R_{pha} + j.X_s) \cdot \dot{I}_{pha}$$

$$\dot{V}_{pha} = \bar{Z}_t \cdot \dot{I}_{pha}$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐỘ THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ:

ΔV là độ thay đổi điện áp

$$\Delta V = E_{\text{pha}} - V_{\text{pha}}$$

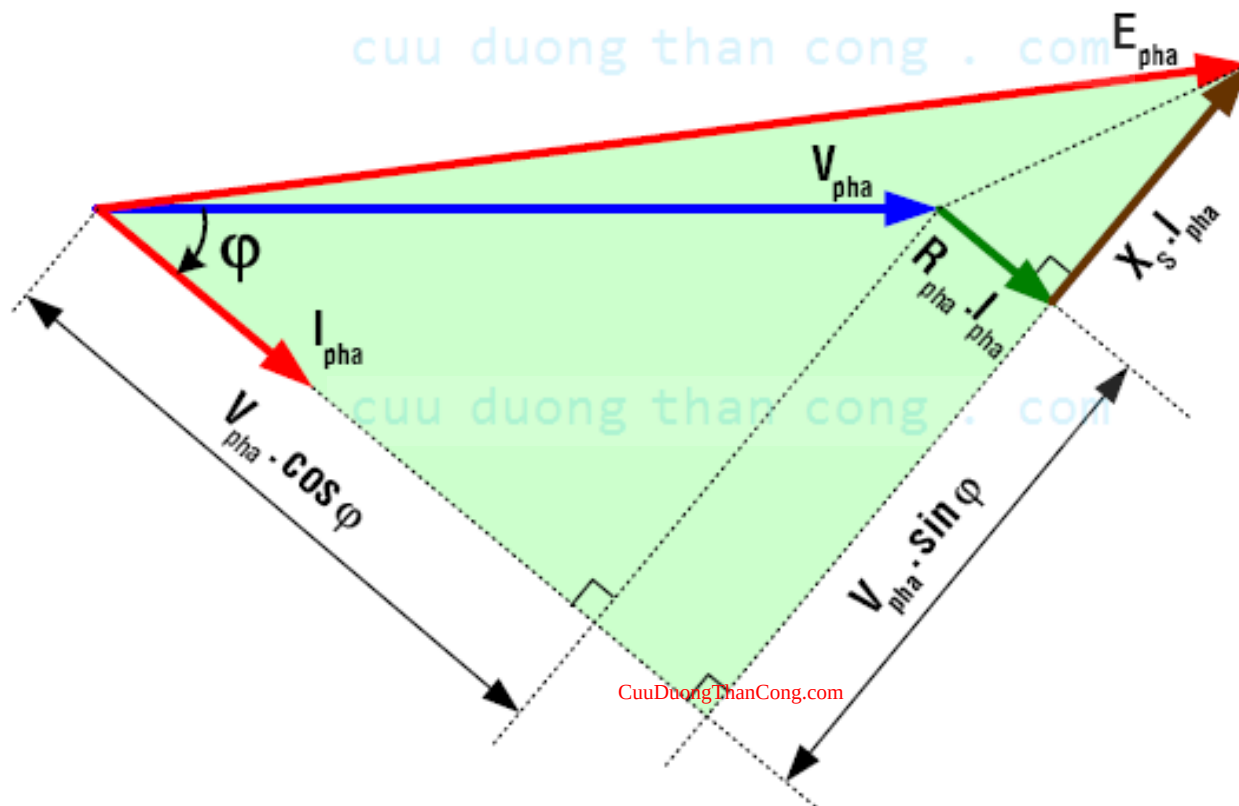
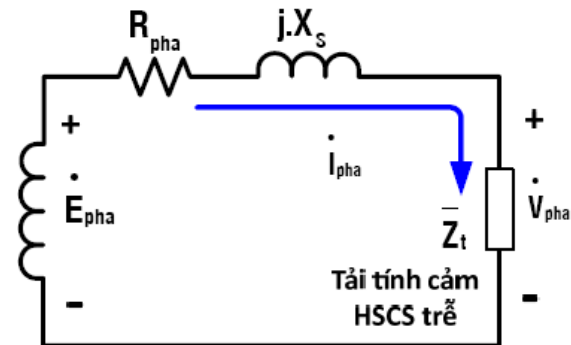
cuuduongthancong.com

$\Delta V\%$ là phần trăm độ thay đổi điện áp

$$\Delta V\% = \left(\frac{E_{\text{pha}} - V_{\text{pha}}}{V_{\text{pha}}} \right) \cdot 100$$

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐỘ THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP KHI TẢI CÓ TÍNH CẢM:





MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

$$E_{\text{pha}} = \sqrt{\left(V_{\text{pha}} \cdot \cos \varphi + R_{\text{pha}} \cdot I_{\text{pha}}\right)^2 + \left(V_{\text{pha}} \cdot \sin \varphi + X_S \cdot I_{\text{pha}}\right)^2}$$

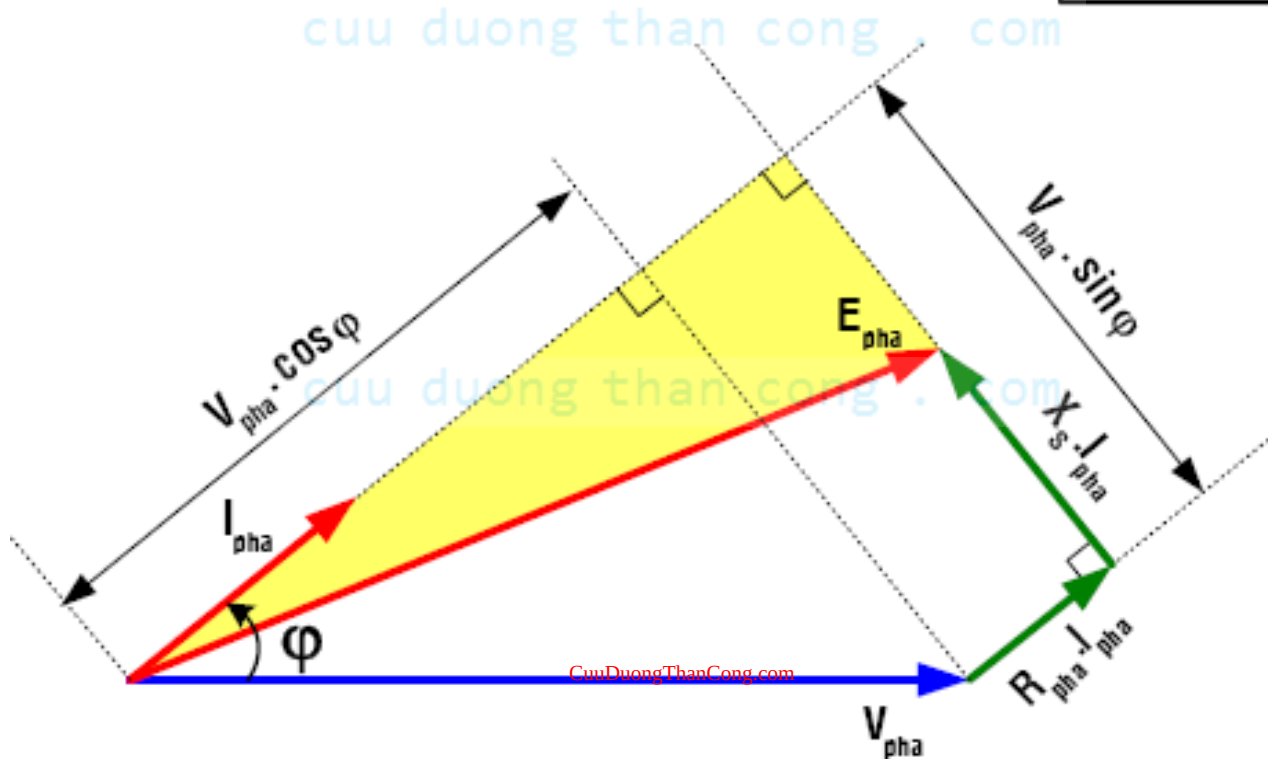
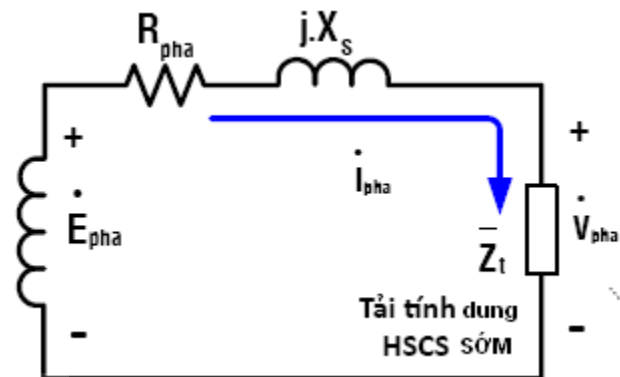
[cuuduongthancong . com](http://cuuduongthancong.com)

$$\dot{E}_{\text{pha}} = \left(V_{\text{pha}} \cdot \cos \varphi + R_{\text{pha}} \cdot I_{\text{pha}}\right) + j \cdot \left(V_{\text{pha}} \cdot \sin \varphi + X_S \cdot I_{\text{pha}}\right)$$

[cuuduongthancong . com](http://cuuduongthancong.com)

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐÔ THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP KHI TẢI CÓ TÍNH DUNG:





MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

$$E_{\text{pha}} = \sqrt{\left(V_{\text{pha}} \cdot \cos \varphi + R_{\text{pha}} \cdot I_{\text{pha}}\right)^2 + \left(V_{\text{pha}} \cdot \sin \varphi - X_S \cdot I_{\text{pha}}\right)^2}$$

[cuuduongthancong . com](http://cuuduongthancong.com)

$$\dot{E}_{\text{pha}} = \left(V_{\text{pha}} \cdot \cos \varphi + R_{\text{pha}} \cdot I_{\text{pha}}\right) + j \cdot \left(V_{\text{pha}} \cdot \sin \varphi - X_S \cdot I_{\text{pha}}\right)$$

[cuuduongthancong . com](http://cuuduongthancong.com)



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Cho máy phát đồng bộ 3 pha: **30 kVA ; 220 V** , dây quấn stator đầu **Y**. Biết tổng trở đồng bộ một pha của máy phát là:

$$\bar{Z}_S = R_{\text{pha}} + j.X_S = 0,4 + j.1,2 \left[\frac{\Omega}{\text{pha}} \right]$$

a. Tính độ thay đổi điện áp khi máy phát **đầy tải** với điện áp cấp đến tải bằng định mức.

Biết HSCS tải là 0,8 trẽ.

b. Tính lại câu a, nếu HSCS tải là 0,8 sớm.



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

S_{dm} : là công suất biểu kiến tiêu thụ trên tải

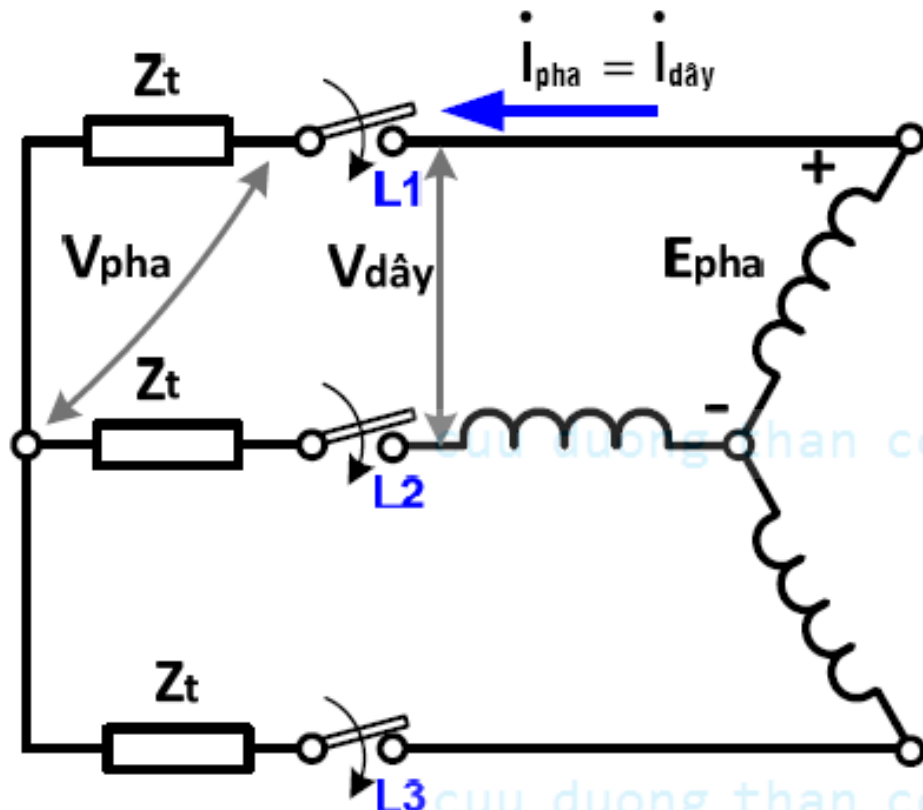
V_{dm} : là áp dây cấp đến tải từ máy phát.

cuuduongthancong.com

I_{dm} : là dòng dây từ máy phát cấp đến tải

cuuduongthancong.com

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ



$$V_{dây} = V_{đm}$$

Suy ra:

$$V_{pha} = \frac{V_{dây}}{\sqrt{3}} = \frac{V_{đm}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{dây} = I_{pha}$$

$$I_{dây} = I_{đm}$$

$$S_{đm} = \sqrt{3} \cdot V_{đm} \cdot I_{đm}$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

a./ Độ thay đổi điện áp khi tải định mức và HSCS tải 0,8 trể.

Dòng điện định mức cấp đến tải :

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot V_{dm}} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 220} \cong 78,73 \text{ A}$$

Áp pha định mức cấp đến tải :

$$V_{pha dm} = \frac{V_{dm}}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} \cong 127 \text{ V}$$

$$R_{pha} = 0,4 \Omega ; X_s = 1,2 \Omega ; \cos \varphi = 0,8 ; \sin \varphi = 0,6$$

$$E_{pha} = \sqrt{(127 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 78,73)^2 + (127 \cdot 0,6 + 1,2 \cdot 78,73)^2}$$

$$E_{pha} \cong 216,43 \text{ V}$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Phần trăm độ thay đổi điện áp là:

$$\Delta V\% = \left(\frac{E_{\text{pha}} - V_{\text{pha}}}{V_{\text{pha}}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{216,43 - 127}{127} \right) \cdot 100$$

$$\Delta V\% = 70,42 \%$$

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

b./ Độ thay đổi điện áp khi tải định mức và HSCS tải 0,8 sớm.

Vì tải có tính dung, áp dụng quan hệ (6.23) suy ra sức điện động pha là:

$$E_{\text{pha}} = \sqrt{(127 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 78,73)^2 + (127 \cdot 0,6 - 1,2 \cdot 78,73)^2}$$
$$E_{\text{pha}} \cong 134,34 \text{ V}$$

Phần trăm độ thay đổi điện áp là:

$$\Delta V\% = \left(\frac{E_{\text{pha}} - V_{\text{pha}}}{V_{\text{pha}}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{134,34 - 127}{127} \right) \cdot 100$$

$$\Delta V\% \cong 5,78 \%$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Tính lại **phần trăm độ thay đổi điện áp** khi máy phát đầy tải tại điện áp **định mức** và hệ số công suất của tải là **0,6 sớm**.

$$R_{\text{pha}} = 0,4 \, \Omega ; X_s = 1,2 \, \Omega ; \cos \varphi = 0,6$$

$$\sin \varphi = 0,8 ; I_{\text{đm}} \cong 78,73 \, \text{A} ; V_{\text{pha đm}} \cong 127 \, \text{V}$$

$$E_{\text{pha}} = \sqrt{\left(127 \cdot 0,6 + 0,4 \cdot 78,73\right)^2 + \left(127 \cdot 0,8 - 1,2 \cdot 78,73\right)^2}$$

$$E_{\text{pha}} \cong 107,93 \, \text{V}$$

$$\Delta V\% = \left(\frac{E_{\text{pha}} - V_{\text{pha}}}{V_{\text{pha}}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{107,93 - 127}{127} \right) \cdot 100$$

$$\Delta V\% \cong -15,02 \, \%$$

tính chất trợ từ của **phản ứng phần ứng khi tải có tính dung**.

CuuDuongThanCong.com



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Tính **phần trăm độ thay đổi điện áp** khi máy phát có hệ số tải **$K_t = 0,8$** tại **áp định mức** và hệ số công suất của tải là **$0,7$** trễ.

$$K_t = \frac{S_{\text{tải}}}{S_{\text{đm}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_{\text{đm}} \cdot I_{\text{dây}}}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}}} = \frac{I_{\text{dây}}}{I_{\text{đm}}}$$

Khi máy phát tại hệ số tải **$K_t = 0,8$** với áp định mức, dòng pha qua tải là:

$$I_{\text{pha}} = I_{\text{dây}} = \frac{K_t \cdot S_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{đm}}} = \frac{0,8 \cdot 30000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 62,984 \text{ A}$$

cuuduongthancong.com



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

$$R_{\text{pha}} = 0,4 \, \Omega ; X_s = 1,2 \, \Omega ; \cos \varphi = 0,7$$

$$\sin \varphi \cong 0,714 ; I_{\text{đm}} \cong 62,984 \, \text{A} ; V_{\text{pha đm}} \cong 127 \, \text{V}$$

$$E_{\text{pha}} = \sqrt{(127 \cdot 0,7 + 0,4 \cdot 62,984)^2 + (127 \cdot 0,714 + 1,2 \cdot 62,984)^2}$$

$$E_{\text{pha}} \cong 201,64 \, \text{V}$$

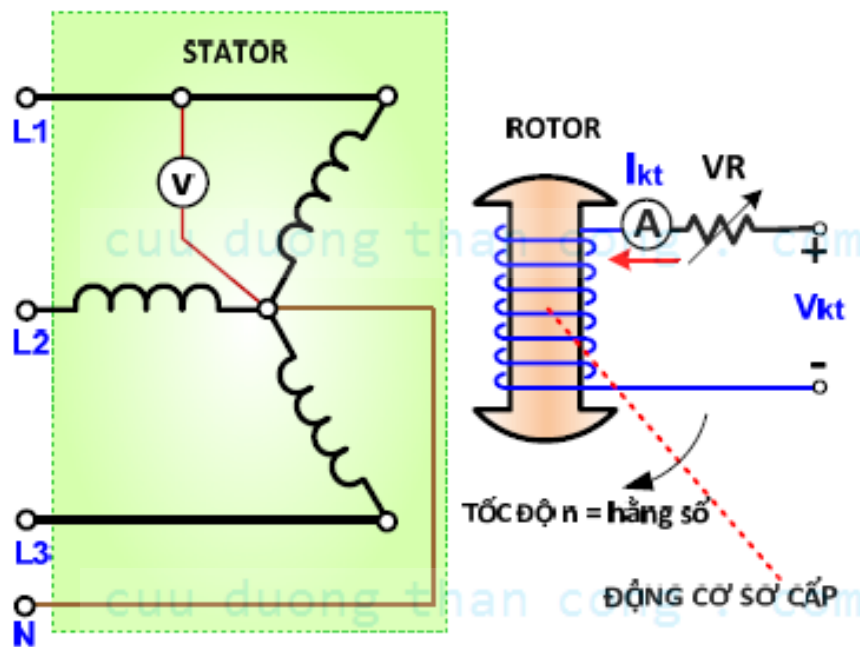
Phần trăm độ thay đổi điện áp là:

$$\Delta V\% = \left(\frac{E_{\text{pha}} - V_{\text{pha}}}{V_{\text{pha}}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{201,64 - 127}{127} \right) \cdot 100$$

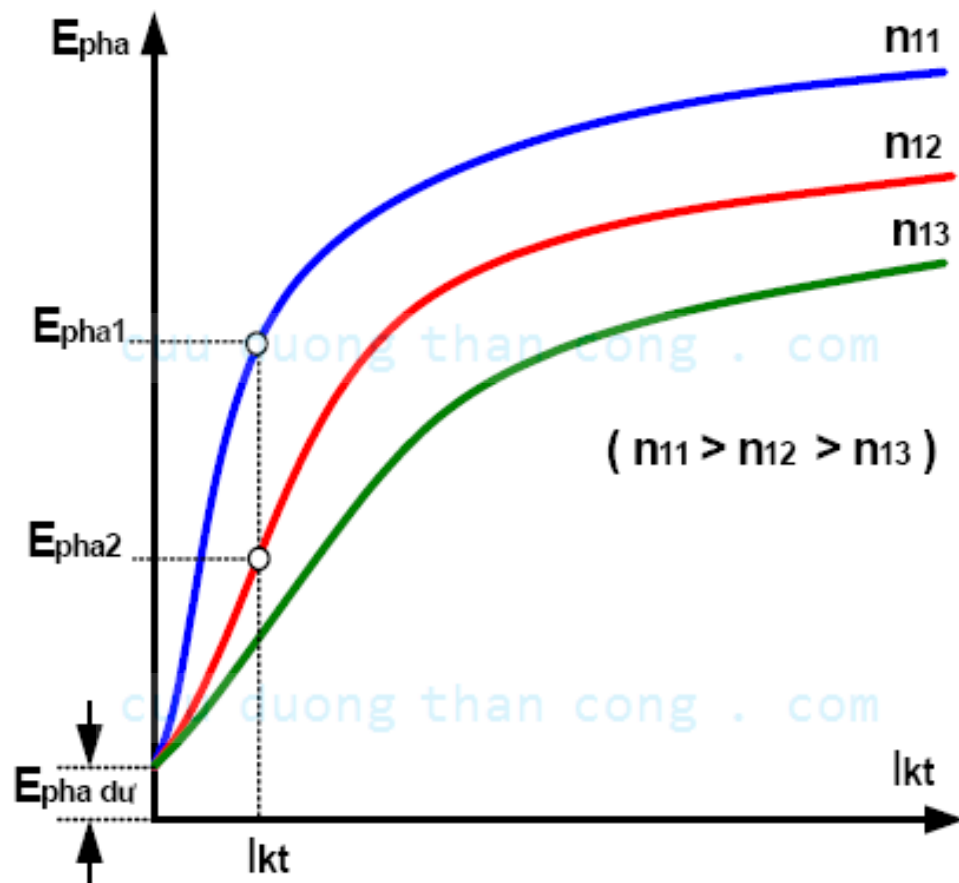
$$\Delta V\% \cong 58,77 \, \%$$

MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐẶC TUYẾN KHÔNG TẢI:

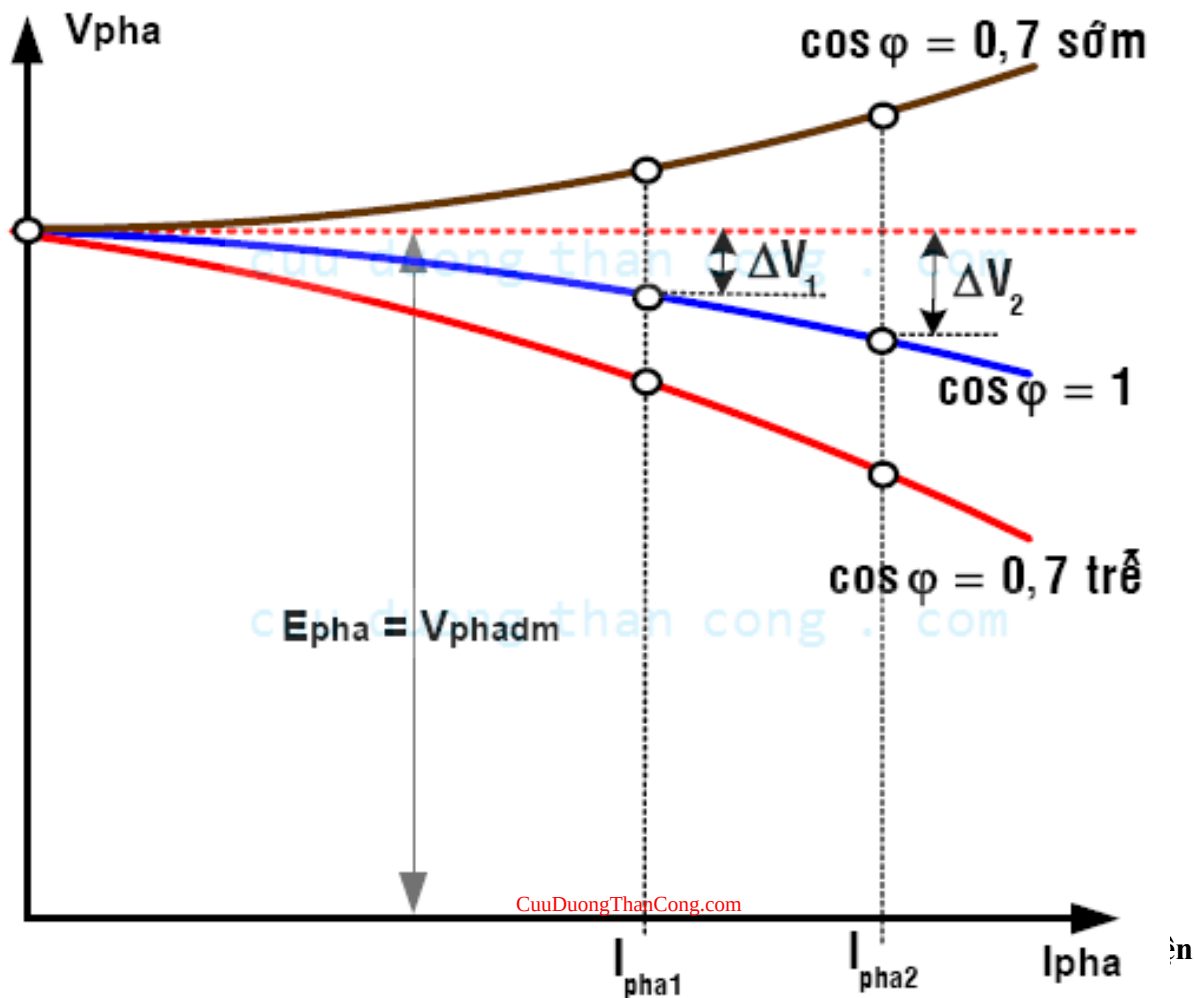


MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ



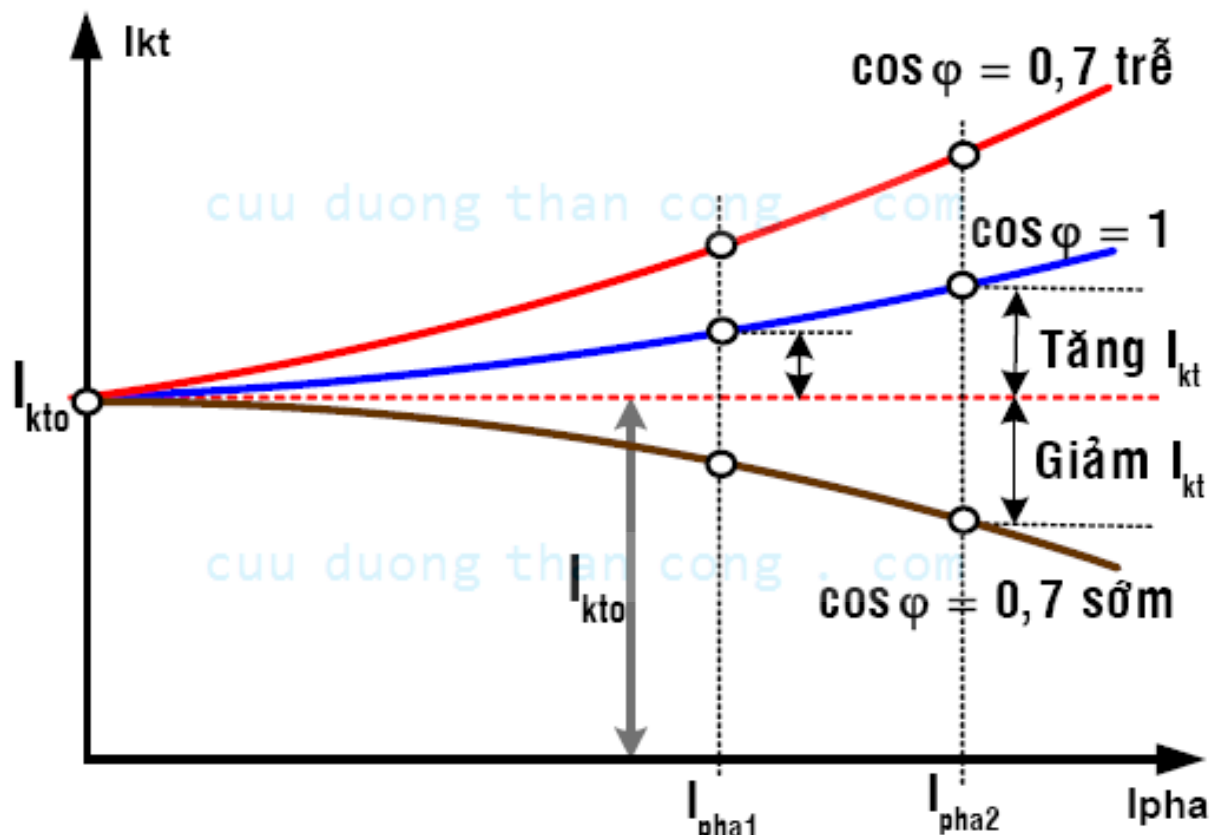
MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐẶC TUYẾN TẢI (ĐẶC TUYẾN NGOÀI):



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

ĐẶC TUYẾN ĐIỀU CHỈNH:





MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

HIỆU SUẤT VÀ PHÂN BỐ NĂNG LƯỢNG :

P_1 : công suất cơ của động cơ sơ cấp dùng quay máy phát điện.

P_{mq} : tổn hao ma sát cơ khí trên hệ thống ổ bi, quạt gió.

$P_{thép}$: tổn hao trên lõi thép do dòng xoáy và từ trễ.

P_J : tổn hao đồng trên các dây quấn phần ứng và kích thích

$$P_J = 3.R_{pha}.I_{pha}^2 + R_{kt}.I_{kt}^2$$

P_2 : công suất tác dụng cung cấp đến phụ tải.



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Hiệu suất của máy phát xác định theo quan hệ sau:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \sum \text{Tổn hao}}$$

Trong đó: [cuuduongthancong . com](http://cuuduongthancong.com)

$$\sum \text{Tổn hao} = P_{mq} + P_{thép} + P_J$$

[cuuduongthancong . com](http://cuuduongthancong.com)



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Cho máy phát điện đồng bộ 3 pha $S = 500 \text{ KVA}$, 2300 V (áp dây).
Dây quấn stator đầu Y.

Tiến hành các phép thử máy phát và ghi nhận các kết quả như sau:

THỬ KHÔNG TẢI: $I_{kt} = 25 \text{ A}$ $E_d = 1408 \text{ V}$.

THỬ NGẮN MẠCH: $I_{kt} = 25 \text{ A}$ $I_n = 126 \text{ A}$

ĐO ĐIỆN TRỞ MỘT CHIỀU CỦA DÂY QUẤN STATOR:

Cấp nguồn áp một chiều 8 V vào 2 đầu bộ dây đầu Y stator, dòng một chiều ghi nhận là 10 A .

Biết điện trở xoay chiều bằng **1,25** lần điện trở một chiều. Xác định:

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

a. Sức điện động pha của dây quấn phản ứng khi máy phát tải định mức, cho hệ số công suất tải là **$\cos \varphi = 0,866$ trễ.**

b. Suy ra độ thay đổi điện áp khi máy phát đầy tải,

CuuDuongThanCong.com



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

a/ Sức điện động pha của dây quấn phần ứng máy phát điện:

$$E_{\text{pha}} = \frac{E_d}{\sqrt{3}} = \frac{1408}{\sqrt{3}} \cong 812,91 \text{ V}$$

Dựa vào thí nghiệm ngắn mạch suy ra tổng trở đồng bộ của mỗi pha .

$$Z_s = \frac{E_{\text{pha}}}{I_n} = \frac{812,91}{216} \cong 3,7635 \Omega$$

Từ phép đo điện trở một chiều, suy điện trở một pha dây quấn theo quan hệ

$$R_{\text{phaDC}} = \frac{V_{\text{DC}}}{2.I_{\text{DC}}} = \frac{8}{2.10} = 0,4 \Omega$$

Giá trị của điện trở pha khi vận hành trong nguồn áp xoay chiều:

$$R_{\text{phaAC}} = 1,25.R_{\text{phaDC}} = 1,25 \bullet 0,4 = 0,5 \Omega$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Thành phần điện kháng đồng bộ X_s của mỗi pha là :

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_{\text{phaAC}}^2} = \sqrt{3,7635^2 - 0,5^2} = 3,73 \, \Omega$$

Khi máy phát điện mang tải định mức , ta có:

- Áp pha định mức cấp đến tải là :

$$V_{\text{pha đm}} = \frac{V_{\text{dây đm}}}{\sqrt{3}} = \frac{2300}{\sqrt{3}} \cong 1327,9 \, \text{V}$$

- Hệ số công suất tải $\cos \varphi = 0,866$ trễ ; suy ra $\sin \varphi = 0,5$.
- Dòng định mức cấp đến mỗi pha tải là :

$$I_{\text{pha đm}} = \frac{S_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{dây}}} = \frac{500000}{\sqrt{3} \cdot 2300} \cong 125,51 \, \text{A}$$



MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

$$\cos\varphi = 0,866 \text{ trễ.}$$

$$E_{\text{pha}} = \sqrt{(1327,9 \bullet 0,866 + 0,5 \bullet 125,51)^2 + (1327,9 \bullet 0,5 + 3,73 \bullet 125,51)^2}$$

$$E_{\text{pha}} \cong 1659 \text{ V}$$

cuuduongthancong.com

$$\Delta U\% = \left(\frac{E_{\text{pha}} - V_{\text{pha dm}}}{V_{\text{pha dm}}} \right) \bullet 100 = \left(\frac{1659 - 1327,9}{1327,9} \right) \bullet 100 \cong 24,94\%$$

cuuduongthancong.com