

# Bài tập máy biến áp

## Bài tập 1.

Cho máy biến áp 3 pha  $S_{\text{đm}}=5600\text{KVA}$ ,  
 $U_1/U_2=35000/66000$ ,  $I_1/I_2=92,5/490\text{A}$   $P_0=18,5\text{ KW}$ ,  $P_n = 57\text{KW}$ ,  $f=50\text{Hz}$ ,  $Y/\Delta 11$ ;  $I_0=4,5\%$ ;  $U_0\%=7,5\%$

1. Hãy xác định các thông số không tải của máy biến áp ,  
 $X_0, r_0, Z_0$

2. Các tham số:  $z_n, r_n, x_n$ , các thành phần điện áp ngắn.

3.  $\Delta U$  khi  $\cos\varphi_2=0,8$  hiệu suất của máy hệ số tải ứng với

$\eta_{\text{max}}$

Giải:

1.

Điện áp pha sơ cấp là:

$$U_{1fa} = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = \frac{35000}{\sqrt{3}} = 20207 \text{ V}$$

Dòng điện pha không tải:

$$I_{0fa} = I_0\% \cdot I_{1\text{đm}} = 0,045 \cdot 92,5 = 4,16 \text{ A}$$

Các tham số không tải:

$$Z_0 = \frac{U_{1fa}}{I_{0fa}} = \frac{20207}{4,16} = 4857 \Omega$$

$$r_0 = \frac{P_0}{3 I_{0fa}^2} = \frac{18500}{3 \cdot 4,16^2} = 356 \Omega$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2} = \sqrt{4857^2 - 356^2} = 4844 \Omega$$

2.

Điện áp pha ngắn mạch từ bên sơ cấp:

$$U_{1n} = U_{1fa} \cdot U_n = 20207 \cdot 0,075 = 1515 \text{ V}$$

$$\Rightarrow Z_n = \frac{U_{1n}}{I_{1fa}} = \frac{1515}{92,5} = 16,4 \Omega$$

$$r_n = \frac{P_n}{3 I_{1fa}^2} = \frac{67000}{3 \cdot (92,5)^2} = 2,22 \Omega$$

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - r_n^2} = \sqrt{16,4^2 - 2,22^2} = 16,2 \Omega$$

$$\text{Ta có: } U_{nr}\% = \frac{I_{1fa} \cdot r_n}{U_{1fa}} = \frac{92,5 \cdot 2,22}{20207} \cdot 100 = 1,016\%$$

$$U_{nx} \% = \frac{I_{1fa} \cdot X_n}{U_{1fa}} = \frac{92,516,2}{20207} \cdot 100 = 7,416\%$$

3.

$$\text{Ta có: } \Delta U_2 \% = \beta (U_{nr} \% \cos \varphi_2 + U_{nx} \% \sin \varphi_2)$$

—(cos $\varphi_2$ =0,8  $\Rightarrow$  sin $\varphi_2$ = $\pm$ 0,6 ứng với tải cảm và tải dung)—

$\beta$ =1 tải định mức.

$$\Delta U \% = (1,016 \cdot 0,8 + 7,416 \cdot 0,6) = 5,26\%$$

Hiệu suất:

$$\eta \% = \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_n}{\beta \cdot S_{dm} \cos \varphi + P_0 + \beta^2 P_n}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{18,5 + 1^2 \cdot 57}{5600 \cdot 0,8 + 18,5 + 57}\right) \cdot 100 = 98,34\%$$

$$\beta = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{18,5}{57}} = 0,57$$

Bài số 2:

Máy biến áp 3 pha Y/Y-12 có các số liệu:  $S_{dm}$ =180KVA

$U_1/U_2$ =6000/400 V;  $I_0$ =6,4%;  $P_0$ =1000W;  $U_n$ %=5,5;

$P_n$ =4000W;  $r_1=r_2'$ ;  $x_1=x_2' \Rightarrow$  vẽ sơ đồ thay thế; tính  $U_{nx}$ %.

Giải:

Để vẽ đ-ợc sơ đồ thay thế tính  $r_0$ ,  $x_0$ ,  $Z_0$ ,  $r_n$ ,  $x_n$ ,  $Z_n$ .

Điện áp một pha bên sơ cấp:

$$U_{1fa} = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3464 \text{ V}$$

$$I_{0fa} = I_0 \% \cdot I_{dm}, \text{ mà } I_{dm} = \frac{S}{\sqrt{2} U_1} = \frac{180000}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 17,32 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_{0t} = 0,064 \cdot 17,32 = 1,108 \text{ A}$$

$$\Rightarrow r_0 = \frac{P_0^2}{3 I_{0t}^2} = \frac{1000}{3 \cdot 1,108^2} = 271 \Omega$$

$$Z_0 = \frac{U_{1fa}}{I_{0t}} = 3126 \Omega$$

$$\Rightarrow x_0 = \sqrt{3126^2 - 271^2} = 3114 \Omega$$

$U_n$  pha là:

$$U_{1n} = U_n \% \cdot U_{1fa} = 0,055 \cdot 3,464 = 190,52 \text{ V}$$

$$\Rightarrow Z_n = \frac{U_{1n}}{I_1} = \frac{190,52}{17,32} = 11 \Omega$$

$$r_n = \frac{P_n^2}{3 \cdot I_{dm}^2} = 4,44 \, \Omega$$

$$x_n = 10,06 \, \Omega$$

$$\Rightarrow U_{nr} \% = \frac{I_1 r_n}{U_{1fa}} \cdot 100 = \frac{17,32 \cdot 10,06}{3464} \cdot 100 = 5,03 \%$$

Ví Dụ 3:

Cho 3 máy biến áp 3 pha có  $S_{dmI} = 180 \text{KVA}$ ;

$S_{dmII} = 240 \text{KVA}$ ;  $S_{dmIII} = 320 \text{KVA}$ ;  $U_{nI} \% = 5,4$ ;  $U_{nII} \% = 6$ ;

$U_{nIII} = 6,6$ . Hãy xác định  $S_I$ ;  $S_{II}$ ;  $S_{III}$  biết:  $S = 180 + 240 + 320 = 740 \text{KVA}$ . Tìm xem tải tối đa để không có quá tải.

Giải:

Ta có:

$$\sum \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%} = \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6} + \frac{320}{6,6} = 121,8$$

$$\beta_I = \frac{S}{U_{nI} \sum \frac{S_{dmi}}{U_{ni}}} = \frac{740}{5,4 \cdot 121,8} = 1,125$$

$$\text{mà } \beta_I = \frac{S_I}{S_{dmI}} \Rightarrow S_I = 1,125 \cdot 180 = 202,5 \text{KVA}$$

T- ơng tự ta có  $S_{II} = 243 \text{KVA}$ ;  $S_{III} = 249,5 \text{KVA}$

Máy biến áp I có  $U_n$  nhỏ  $\Rightarrow$  quá tải nhiều nhất  $\Rightarrow$  tải tối đa để không có máy biến áp nào bị quá tải khi  $\beta_I = 1 \Rightarrow$

$$\frac{S}{5,4 \cdot 121,8} = 1 \Rightarrow S = 657,72 \text{KVA}.$$

Ví Dụ 4:

SSUUUT

T<sub>đ 1 2 n</sub> Ồ

T<sub>m đ đ</sub> %

m m đ

ấ

u

d

$\hat{a}$   
 $y$   
 $I \ 1366Y$   
 $05, , /$   
 $0 \ 32\Delta$   
 $0 \ 5-$

$1$   
 $1$   
 $I \ 1366Y$   
 $I \ 85, , /$   
 $0 \ 36\Delta$   
 $0 \ -$

$1$   
 $1$   
 $I \ 2367Y$   
 $I \ 45, /$   
 $I \ 0 \ 3 \ \Delta$   
 $0 \ -$

$1$   
 $1$

1. Tải của máy biến áp khi tải dung = 450KV
2. Tải max để không quá tải giả sử máy 1 quá tải 20%

Giải:

1.

Ta có:

$$\sum \frac{S_{dm i}}{U_{ni}} = \frac{1000}{6,25} + \frac{1800}{6,6} + \frac{2400}{7} = 775,58$$

$$\Rightarrow \beta_I = \frac{S_i}{S_{dm I}} = \frac{4500}{6,25.775,58} = 0,928 \Rightarrow S_I = 1000.0,928 = 928KVA$$

$$\beta_{II} = \frac{S_{II}}{S_{dmII}} = \frac{4500}{6,6.775,58} = 0,8791 \Rightarrow S_{II} = 1800.0,8791 = 1582,4KVA$$

$$\beta_{III} = \boxed{\phantom{000}} = 0,8289 \Rightarrow S_{III} = 2400.0,8289 = 1990KVA$$

2.

$$\Rightarrow \beta_I = 1 = \frac{S}{6,25.775,58} = 1 \Rightarrow S = 4847KVA$$

$$\text{nếu I quá tải } 20\% \Rightarrow \beta_I = 1,2 \Rightarrow \boxed{\phantom{000}} \Rightarrow S = 5817KVA$$

Ví Dụ 5:

Các số liệu

C I II

ác

số

liệ

u

$S_d$  32 42

$m$  0 0

$U_1$  6 6

$K$   $\pm$   $\pm$

$V$  5 5

% %

$U_2$  23 22

$V$  0 0

$U_n$  4 4

%

$U_n$  1, 1,

$r$  % 8 7

T Y/Y/

ổ Δ- Δ-  
nố 11 11  
i  
dâ

y

Tính  $I_{cb}$ .

Giải:

$$\text{Ta có: } I_{cb} = \frac{\Delta_E}{Z_{nI} + Z_{nII}}$$

Các thông số qui đổi sơ cấp về thứ cấp.

$$Z_n = Z_1 + Z_2'$$

$$Z_2' = k^2 \cdot Z_2$$

$$k = W_1 / W_2$$

$$Z_n' = Z_2 + Z_1' = Z_2 + k^2 \cdot Z_1 = Z_2 + Z_1 \cdot (W_1 / W_2)^2$$

$$\Rightarrow Z_n' = Z_2 + Z_1 \cdot (1/k^2) = Z_n / k^2$$

$$k_1 = (w_1 / w_2) = \frac{6 \cdot 10^3}{220} = 27,273$$

$$Z_{nI} = \frac{U_{nI}}{I_{1dm}} \text{ mà } I_{1dm} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 6} = 30,79 \Omega$$

$$Z_{nII} = U_n \% \cdot \frac{U_{dm}}{100} = 6000 \cdot \frac{4}{100} = 240V$$

$$\Rightarrow Z_{nI} = \frac{240}{30,7} = 7,794 \Omega$$

$$\Rightarrow Z_{nI}' = 7,794 / k^2 = 0,01145$$

$$Z_{II} = \frac{U_{nII}}{I_{2dm}} \Rightarrow I_{2dm} = \frac{420}{\sqrt{3} \cdot 6} = 40,41 \Omega$$

$$U_{nII} = U_n \% \cdot U_{dm} = \frac{6000 \cdot 4}{100} = 240 V$$

$$\Rightarrow Z_{II} = \frac{240}{40,41} = 5,938 \Omega$$

$$Z_{II}' = 5,938 / 27,273^2 = 0,00798$$

$$\Rightarrow I_{cb} = \frac{\Delta_E}{Z_{nI} \% + Z_{nII} \%} = \frac{10}{0,01145 + 0,00798} = 514 A$$

# Bài tập máy điện không đồng bộ

Bài số 1:

máy điện không đồng bộ 3 pha  $p=3$   $f=50\text{Hz}$ , khi đặt điện áp định mức lên stato còn dây quấn roto hở mạch,  $E_2 = 110 \text{ V}$ .  $n_{\text{đm}} = 980 \text{ v/ph}$ . Roto quay cùng chiều với từ trường.

a. Chế độ làm việc.

b.  $E_{2s} = ?$

c. Nếu giữ chặt roto lại và đo  $r_2 = 0,1 \Omega$ ;  $x_2 = 0,5 \Omega$  hỏi  $I_{2\text{đm}} = ?$

Giải:

a. tốc độ đồng bộ là:  $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = 1000 \text{ v/ph}$

Vì  $n_1 > n$  nên  $\Rightarrow$  máy điện làm việc ở chế độ động cơ.

b. Ta có  $E_{2s} = s \cdot E_2 = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot E_2 = \frac{1000 - 980}{1000} \cdot 110 = 2,2 \text{ V}$

c. Ta có  $I_2 = E_{2s} / (r_2 + j \cdot s \cdot x_2) = \frac{E_{2s}}{\sqrt{r_2^2 + (s \cdot x_2)^2}} = \frac{2,2}{\sqrt{0,1^2 + (0,02 \cdot 0,5)^2}} = 21,89 \text{ A}$

Bài số 2:

Động cơ không đồng bộ đấu sao Y,  $380\text{V}$   $50\text{Hz}$   $n_{\text{đm}} = 1440 \text{ v/ph}$

$r_1 = 0,2\Omega$ ,  $r_2' = 0,25\Omega$ ,  $x_1 = 1\Omega$ ,  $x_2' = 0,95\Omega$ ,  $x_m = 40\Omega$  bỏ qua  $r_m$ .

Tính  $P_{n1}$ ,  $s_{\text{đm}}$ ,  $f_2$ , vẽ mạch thay thế hình T tính  $I_1$ ,  $I_0$ ,  $I_2'$

Giải:

Vì máy làm việc chế độ động cơ  $\Rightarrow n = 1440 \text{ v/ph} \Rightarrow n_1 = 1500 \text{ v/ph}$

mà  $n_1 = \frac{60f}{p} \Rightarrow p=2$

$s_{\text{đm}} = \frac{n_1 - n}{n_1} = 0,04$

$n_2 = n_1 - n = 1500 - 1440 = 60 \text{ v/ph}$

$$f_2 = n_2 \cdot p / 60 = 2 \text{ Hz}$$

ta có hệ phương trình sau:

### **Dạng phức**

$$U_1 = -E_1 + I_1 \cdot (r_1 + j \cdot x_1)$$

$$0 = E_2' - I_2' \cdot (r_2' / s + j \cdot x_2')$$

$$E_1 = E_2'$$

$$I_1 + I_2' = I_0$$

$$I_0 \cdot Z_m = -E_1$$

thay số vào ta có:

$$I_1 \cdot (0,2 + j1) + I_0(0 + j40) = 220$$

$$I_1 \cdot (0,2 + j1) - I_2(6,25 + j0,95) = 220$$

$$I_1 - I_0 + I_2' = 0$$

giải hệ ta có:

$$I_1 = 33 \text{ A}, I_0 = 5, I_2' = 31,92 \text{ A}.$$

Bài số 3:

Động cơ điện p=3 điện áp định mức 380V đấu Y; 50Hz

$P_2 = 28 \text{ KW}$  ( $P_{\text{đm}}$ )  $n=980 \text{ v/ph}$   $\cos \varphi = 0,88$  tổn hao đồng và sắt stato là  $2,2 \text{ KW}$ ,  $p_{\text{cơ}} = 1,1 \text{ KW}$ .

Tính s;  $p_{\text{Cu2}}$ ; hiệu suất;  $I_1$ ;  $f_2$  lúc tải đm

Giải:

$$\text{Tốc độ đồng bộ là } n_1 = \frac{60f}{p} = 1000 \text{ v/ph}$$

$$\Rightarrow s = (1000 - 980) / 1000 = 0,02$$

$$\text{Ta có } p_{\text{Cu2}} = P_{\text{cơ}} \cdot s / (1 - s)$$

$$\text{mà ta có } P_{\text{cơ}} = P_2 + p_{\text{cơ}} = 28 + 1,1 = 29,1 \text{ KW}$$

$$\Rightarrow p_{\text{Cu2}} = 29,1 \cdot 0,02 / (1 - 0,02) = 0,594 \text{ KW}$$

$$\text{Ta có } P_1 = P_2 + p_{\text{cơ}} + p_{\text{Cu2}} + p_{\text{Cu1}} + p_{\text{Fe}} = 28 + 1,1 + 2,2 + 0,594 = 31,894 \text{ KW}$$

$$\text{Hiệu suất } \eta = P_2 / P_1 = 87,8\%$$

$$\text{Ta có: } P_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi \Rightarrow I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_1 \cos \varphi} = 55 \text{ A}$$



Có  $n_2 = n_1 - n = 1000 - 980 = 20 \text{ v/phút}$

$$f_2 = (p \cdot n_2) / 60 = 1 \text{ Hz}$$

Bài số 4:

Động cơ không đồng bộ tiêu thụ năng lượng điện là  $P_1 = 60 \text{ KW}$  tổng tổn hao trên stato là  $1 \text{ kW}$ ,  $s = 0,03$  tính  $P_{\text{cơ}}$  và

$P_{\text{Cu2}}$ .

Giải:

$$\text{Ta có } P_{\text{đt}} = P_1 - \Sigma P_{\text{stato}} = 60 - 1 = 59 \text{ KW}$$

$$\text{Ta có: } p_{\text{cơ}} = P_{\text{đt}} \cdot (1 - s) = 59 \cdot 0,97 = 57,23 \text{ KW}$$

$$p_{\text{Cu2}} = P_{\text{đt}} \cdot s = 59 \cdot 0,03 = 1,77 \text{ KW}$$

$$p_{\text{Cu2}} = P_{\text{đt}} - P_{\text{cơ}}$$

Bài số 5:

Động cơ không đồng bộ roto dây quấn  $P_{\text{đm}} = 155 \text{ KW}$ ,  
 $p = 2$   $U = 380 \text{ V}$  đấu Y,  $p_{\text{Cu2}} = 2,21 \text{ KW}$   $p_{\text{cơ}} = 2,64 \text{ KW}$ ,  $p_{\text{phụ}} = 0,31 \text{ KW}$ ,  $r_2' = 0,12 \Omega$

- Lúc tải đm tính  $P_{\text{đt}}$ ,  $s_{\text{đm}} \%$ ,  $n_{\text{đm}}$ ,  $M_{\text{đm}}$
- Giả sử mômen tải không đổi, nếu cho vào dây quấn roto một điện trở qui đổi  $r_f' = 0,1 \Omega$  tính  $s'$ ,  $n'$   $p_{\text{Cu2}}'$
- Biết  $r_1 = r_2'$ ,  $x_1 = x_2' = 0,06 \Omega$  tính  $M_{\text{max}}$ ,  $s_{\text{max}}$
- Tính điện trở phụ cần thiết cho vào roto để có mômen mở máy cực đại.

Giải:

$$\text{a. Ta có } P_{\text{đt}} = P_2 + p_{\text{Cu2}} + p_{\text{cơ}} + p_{\text{phụ}} = 155 + 2,21 + 2,64 + 0,31 = 160,16 \text{ KW}$$

$$\text{Ta có } s_{\text{đm}} \% = \frac{p_{\text{Cu2}}}{P_{\text{đt}}} \cdot 100 \% = 1,38 \%$$

$$n_{\text{đm}} = n_1 \cdot (1 - s_{\text{đm}}) = 1500(1 - 0,0138) = 1479 \text{ v/phút}$$

$$\text{ta có } M_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\Omega} = \frac{P_{\text{đm}}}{2 \pi \cdot \frac{n}{60}} = 1000 \text{ N.m}$$

b. Vì hệ số trượt tỷ lệ thuận với điện trở dây quấn roto  $\Rightarrow s'/s = (r_2' + r_f)/r_2'$

$$\Rightarrow s' = s \cdot \frac{r_2' + r_f}{r_2'} = 12,88\%$$

$$n' = n_1 \cdot (1 - s') = 1307 \text{ v/phút}$$

$$P_{Cu2}' = P_{đt} \cdot s' = 20,63 \text{ KW}$$

c. Ta có  $s_{\max} = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 \cdot x_2')^2}} = 0,1$

(Coi  $C_1 = 1$ )

$$M_{\max} = \frac{p \cdot m \cdot U_1^2}{2 \omega_s \cdot C_1 \cdot [r_1^2 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 \cdot x_2')^2}]} = 10446 \text{ N.m}$$

d. Ta có mômen mở máy

$$M_{\max} = M_{\text{mở}} = \frac{p \cdot m \cdot U_1^2 \cdot r_2'}{\omega_s \cdot [(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2]}$$

ở đây  $r_2' = r_2'_{\text{cũ}} + r_{f\dot{u}}$

giải  $\Rightarrow r_2' \Rightarrow r_{f\dot{u}}$

Bài số 6:

Động cơ lồng sóc 3 pha  $P_{đm} = 20 \text{ KW}$   $U_1 = 380 \text{ V}$  đấu Y,  $\cos \varphi = 0,84$

$\eta = 88\%$ ,  $n_{đm} = 970 \text{ v/phút}$ . Biết  $I_k/I_{đm} = 4,5$   $M_k/M_{đm} = 1,2$

$M_{\max}/M_{đm} = 1,8$

a. h  $I_{đm}$ ,  $I_k$   $S_{đm}$

b.  $M_{đm}$ ,  $M_k$   $M_{\max}$ , tổng tổn hao trong động cơ.

Giải:

Ta có:  $P_1 = P_2/\eta = 20/0,88 = 22,73 \text{ KW}$

Có  $I_{đm} = P_1/\sqrt{3} \cdot U_1 \cos \varphi = 41,1 \text{ A}$

$M_{đm} = P_{đm}/\Omega = 20/(2\pi \cdot n/60) = 197 \text{ N.m}$