

## CHƯƠNG 2: CÁC NGUYÊN LÝ CỦA MÁY BIẾN ÁP

**Bài số 2-1.** Máy biến áp giảm áp một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có  $S = 500\text{kVA}$ ,  $22000/220\text{V}$ , MBA được nối vào lưới điện có điện áp  $22\text{kV}$ ,  $f = 60\text{Hz}$ , từ thông cực đại trong lõi thép lúc này là  $0.0682\text{Wb}$ . Xác định số vòng của dây quấn sơ cấp. Nếu điện áp tăng 20% và tần số giảm 5%, xác định từ thông mới trong lõi thép.

Số vòng dây của cuộn sơ cấp:

$$N_1 = \frac{U_{CA}}{4.44 \times f \times \Phi} = \frac{22000}{4.44 \times 60 \times 0.0682} = 1211\text{v}$$

Từ thông trong lõi thép khi điện áp tăng và tần số giảm:

$$\Phi = \frac{1.2U_{CA}}{4.44 \times 0.95f \times N_1} = \frac{1.2 \times 22000}{4.44 \times 0.95 \times 60 \times 1211} = 0.0861\text{Wb}$$

**Bài số 2-2.** Máy biến áp giảm áp một pha lý tưởng điện áp  $2400 - 120\text{V}$ , máy được nối vào lưới điện có điện áp  $2.4\text{kV}$ , từ thông hình sin trong lõi thép lúc này là  $\Phi = 0.1125\sin 188.5t$  Wb. Xác định số vòng của dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Tần số của nguồn điện:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{188.5}{2\pi} = 30\text{Hz}$$

Số vòng dây của cuộn sơ cấp:

$$N_1 = \frac{U_{CA}}{4.44 \times f \times \Phi} = \frac{2400}{4.44 \times 30 \times 0.1125} = 160\text{v}$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{2400}{120} = 20$$

Số vòng dây của cuộn thứ cấp:

$$U_{HA} = \frac{U_{CA}}{a} = \frac{160}{20} = 8\text{v}$$

**Bài số 2-3.** Một máy biến áp một pha có công suất  $S_{dm} = 37.5\text{kVA}$ ,  $U_{1dm} = 2400\text{V}$ ,  $U_{2dm} = 480\text{V}$ ,  $f = 60\text{Hz}$ , tiết diện ngang của lõi thép và chiều dài trung bình của mạch từ tương

ứng là  $95\text{cm}^2$  và  $1.07\text{m}$ . Khi đặt vào dây quấn sơ cấp điện áp  $2400\text{V}$  thì cường độ từ trường là  $352\text{Av/m}$  và từ cảm cực đại  $1.505\text{T}$ . Xác định :

- Tỉ số biến áp.
- Số vòng dây của mỗi dây quấn.
- Dòng điện từ hoá để sinh ra từ thông trong lõi thép khi máy biến áp làm nhiệm vụ tăng áp.

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{2400}{480} = 5$$

Từ thông cực đại trong lõi thép:

$$\Phi = B_{\max} \times S = 1.505 \times 95 \times 10^{-4} = 0.0143\text{T}$$

Số vòng dây của cuộn sơ cấp:

$$N_1 = \frac{U_{CA}}{4.44 \times f \times \Phi} = \frac{2400}{4.44 \times 60 \times 0.0143} = 630\text{vg}$$

Số vòng dây của cuộn thứ cấp:

$$U_{HA} = \frac{U_{CA}}{a} = \frac{630}{5} = 126\text{vg}$$

S.t. đ của mạch từ:

$$F = H \times l = 352 \times 1.07 = 367.64\text{Av}$$

Dòng điện từ hóa:

$$I_M = \frac{F}{N_1} = \frac{367.64}{126} = 2.92\text{A}$$

**Bài số 2-4.** Một máy biến áp một pha có công suất  $S_{\text{đm}} = 2000\text{kVA}$ ,  $U_{1\text{đm}} = 4800\text{V}$ ,  $U_{2\text{đm}} = 600\text{V}$ ,  $f = 60\text{Hz}$ , và chiều dài trung bình của mạch từ là  $3.15\text{m}$ . Khi nối dây quấn sơ cấp vào lưới điện có điện áp  $4800\text{V}$  thì dòng điện từ hoá bằng  $2.5\%$  dòng định mức sơ cấp, cường độ từ trường là  $370.5\text{Av/m}$  và từ cảm cực đại  $1.55\text{T}$ . Xác định :

- Dòng điện từ hoá để sinh ra từ thông trong lõi thép.
- Số vòng của mỗi dây quấn.
- Từ thông trong lõi thép
- Tiết diện ngang của lõi thép.

Dòng điện sơ cấp:

$$I_1 = \frac{S_{\text{đm}}}{U_{\text{đm}}} = \frac{2000 \times 10^3}{4800} = 416.667\text{A}$$

Dòng điện từ hóa:

$$I_M = 0.025 \times I_{1dm} = 0.025 \times 416.667 = 10.417A$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{4800}{600} = 8$$

S.t.đ của cuộn sơ cấp:

$$F = H \times l = 370.5 \times 3.15 = 1167.075Av$$

Số vòng dây của cuộn sơ cấp:

$$N_1 = \frac{F}{I_M} = \frac{1176.075}{10.41} = 112vg$$

Số vòng dây của cuộn thứ cấp:

$$N_a = \frac{N_1}{a} = \frac{112}{8} = 14vg$$

Từ thông cực đại trong lõi thép:

$$\Phi_{\max} = \frac{U_{CA}}{4.44 \times f \times N_1} = \frac{4800}{4.44 \times 60 \times 112} = 0.161$$

Tiết diện lõi thép:

$$S = \frac{\Phi}{B} = \frac{0.161}{1.55} = 1037.9cm^2$$

**Bài số 2-5.** Xét MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không). Cuộn dây sơ cấp có 400 vòng, cuộn dây thứ cấp có 800 vòng. Tiết diện lõi thép là 40cm<sup>2</sup>. Nếu cuộn dây sơ cấp được đấu vào nguồn 600V, 60Hz, hãy tính :

- a. Từ cảm cực đại trong lõi ?
- b. Điện áp thứ cấp ?

Từ thông cực đại trong lõi thép:

$$\Phi_{\max} = \frac{U_{CA}}{4.44 \times f \times N_1} = \frac{600}{4.44 \times 60 \times 400} = 0.00563 Wb$$

Từ cảm cực đại trong lõi thép:

$$B_{\max} = \frac{\Phi_{\max}}{S} = \frac{0.0053}{40 \times 10^{-4}} = 1.407T$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{400}{800} = 0.5$$

Điện áp thứ cấp:

$$U_2 = \frac{U_1}{a} = \frac{600}{0.5} = 1200V$$

**Bài số 2-6.** Cho một MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) 20kVA, 1200V/120V.

- Tính dòng định mức sơ cấp và thứ cấp ?
- Nếu máy cấp cho tải 12kW có hệ số công suất bằng 0,8; tính dòng sơ và thứ cấp ?

Dòng điện định mức phía sơ cấp:

$$I_{1dm} = \frac{S}{U_{1dm}} = \frac{20 \times 10^3}{1200} = 16.667 \text{ A}$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{1200}{12} = 10$$

Dòng điện định mức phía thứ cấp:

$$I_{2dm} = a \times I_{1dm} = 16.667 \times 10 = 166.667 \text{ A}$$

Dòng điện thứ cấp khi có tải:

$$I_2 = \frac{P}{U_{2dm} \cos \varphi} = \frac{12 \times 10^3}{120 \times 0.8} = 125 \text{ A}$$

Dòng điện sơ cấp khi có tải:

$$I_1 = \frac{I_2}{a} = \frac{125}{10} = 12.5 \text{ A}$$



**Bài số 2-7.** Cho một MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có tỉ số vòng dây 4:1 Điện áp thứ cấp là  $120 \angle 0^\circ \text{ V}$ . Người ta đấu một tải  $Z_t = 10 \angle 30^\circ \Omega$  vào thứ cấp.

Hãy tính :

- Điện áp sơ cấp.
- Dòng điện sơ cấp và thứ cấp ?
- Tổng trở tải quy về sơ cấp.

Điện áp sơ cấp:

$$U_1 = a U_2 = 4 \times 120 \angle 0^\circ = 480 \angle 0^\circ \text{ V}$$

Dòng điện thứ cấp:

$$I_2 = \frac{U_2}{Z_t} = \frac{120 \angle 0^\circ}{10 \angle 30^\circ} = 12 \angle -30^\circ \text{ A}$$

Dòng điện sơ cấp:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{I}_2}{a} = \frac{12 \angle -30^\circ}{4} = 3 \angle -30^\circ \text{ A}$$

Tổng trở tải quy đổi:

$$Z'_t = a^2 Z_t = 16 \times 10 \angle 30^\circ = 160 \angle 30^\circ \Omega$$

**Bài số 2-8.** Cho MBA tăng áp một pha lý tưởng (không sụt áp, tổn hao, dòng điện không tải bằng không) 50kVA, 400V/2000V cung cấp cho tải 40kVA có hệ số công suất của tải 0.8 (tải R-L). Tính:

- a. Tổng trở tải ?
- b. Tổng trở tải quy về sơ cấp ?

Tổng trở tải:

$$z_t = \frac{U_2^2}{S_t} = \frac{2000^2}{40 \times 10^3} = 100 \Omega$$

Do tải có tính cảm với  $\cos \varphi = 0.8$  nên  $\varphi = 36.87^\circ$ . Do vậy ta có:

$$Z_t = 100 \angle 36.87^\circ \Omega$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{400}{2000} = 0.2$$

Tổng trở tải quy đổi về sơ cấp:

$$Z'_t = a^2 Z_t = 0.2^2 \times 100 \angle 36.87^\circ = 4 \angle 36.87^\circ \Omega$$

**Bài số 2-9.** Cho MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có số vòng dây là 180: 45. Điện trở sơ và thứ cấp lần lượt bằng  $0.242 \Omega$  và  $0.076 \Omega$ . Tính điện trở tương đương quy về sơ cấp ?

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{180}{45} = 4$$

Điện trở thứ cấp quy đổi về sơ cấp:

$$R'_2 = a^2 R_2 = 16 \times 0.076 = 1.216 \Omega$$

Điện trở tương đương:

$$R_{td} = R_1 + R'_2 = 0.242 + 1.216 = 1.458 \Omega$$

**Bài số 2-10.** Cho MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có số vòng dây bằng 220: 500. Phía sơ cấp đấu vào nguồn điện áp 220 V, phía thứ cấp cung cấp cho tải 10kVA.

- Tính điện áp trên tải.
- Dòng điện thứ cấp và sơ cấp ?
- Tính tổng trở tương đương của máy nhìn từ nguồn ?

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{220}{500} = 0.44$$

Điện áp trên tải:

$$U_2 = \frac{U_1}{a} = \frac{220}{0.44} = 500V$$

Dòng điện thứ cấp:

$$I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{10 \times 10^3}{500} = 20A$$

Dòng điện sơ cấp:

$$I_1 = \frac{I_2}{a} = \frac{20}{0.44} = 45.454A$$

Tổng trở tương đương nhìn từ nguồn:

$$z_v = \frac{U_1}{I_1} = \frac{220}{45.454} = 4.84\Omega$$

**Bài số 2-11.** Máy biến áp một pha lý tưởng có điện áp  $U_1/U_2 = 7200/240V$ , MBA vận hành tăng áp và được nối vào lưới điện có điện áp 220V,  $f = 60Hz$ , thứ cấp được nối với phụ tải có tổng trở  $144 \angle 46^\circ \Omega$ . Hãy xác định :

- Điện áp, dòng điện thứ cấp và sơ cấp.
- Tổng trở tải qui đổi về dây quấn sơ cấp.
- Công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến phía sơ cấp.

Tỉ số biến đổi điện áp của máy biến áp:

$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{7200}{240} = 30$$

Điện áp thứ cấp:

$$U_2 = \frac{U_1}{a} = \frac{220}{30} = 7.33V$$

Dòng điện thứ cấp:

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_2}{Z_t} = \frac{6600 \angle 0^\circ}{144 \angle 46^\circ} = 45.833 \angle -46^\circ \text{ A}$$

Dòng điện sơ cấp:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{I}_2}{a} = \frac{45.833 \angle -46^\circ}{0.0333} = 1375 \angle -46^\circ \text{ A}$$

Tổng trở tải quy đổi về sơ cấp:

$$Z'_t = a^2 Z_t = 0.0333^2 \times 144 \angle 46^\circ = 0.16 \angle 46^\circ \Omega = (0.111 + j0.1151) \Omega$$

Công suất tác dụng phía sơ cấp:

$$P = I_1^2 R_{td} = 1375^2 \times 0.1111 = 210067.34 \text{ W}$$

Công suất phản kháng phía sơ cấp:

$$Q = I_1^2 X_{td} = 1375^2 \times 0.1151 = 217610.9 \text{ VAr}$$

Công suất biểu kiến:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{210067.34^2 + 217610.9^2} = 302460 \text{ VA}$$

**Bài số 2-12.** Máy biến áp một pha lý tưởng có tỉ số biến đổi điện áp 5:1. Phía hạ áp có dòng điện  $15.6 \angle -32^\circ \text{ A}$ , khi MBA vận hành giảm áp ở lưới điện có tần số  $f = 50 \text{ Hz}$  và được nối với phụ tải có tổng trở  $8 \angle 32^\circ \Omega$ . Hãy vẽ mạch điện thay thế và xác định :

- a. Điện áp thứ và sơ cấp, dòng điện sơ cấp.
- b. Tổng trở tải quy đổi về dây quấn sơ cấp.
- c. Công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến phía sơ cấp.

Điện áp thứ cấp:

$$\underline{U}_2 = \underline{I}_2 Z_t = 15.6 \angle -32^\circ \times 8 \angle 32^\circ = 124.8 \angle 0^\circ \text{ V}$$

Điện áp sơ cấp:

$$\underline{U}_1 = a \underline{U}_2 = 124.8 \angle 0^\circ \times 5 = 624 \angle 0^\circ \text{ V}$$

Dòng điện sơ cấp:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{I}_2}{a} = \frac{15.6 \angle -32^\circ}{5} = 3.12 \angle -32^\circ \text{ A}$$

Tổng trở tải quy đổi về sơ cấp:

$$Z'_t = a^2 Z_t = 5^2 \times 8 \angle 32^\circ = 200 \angle 32^\circ \Omega = (169.61 + j105.984) \Omega$$

Công suất tác dụng phía sơ cấp:

$$P = I_1^2 R_{td} = 3.12^2 \times 169.61 = 1651.05 \text{ W}$$

Công suất phản kháng phía sơ cấp:

$$Q = I_1^2 X_{td} = 3.12^2 \times 105.984 = 1031.7 \text{ VAr}$$

Công suất biểu kiến:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1651.05^2 + 1031.7^2} = 1946.9 \text{VA}$$

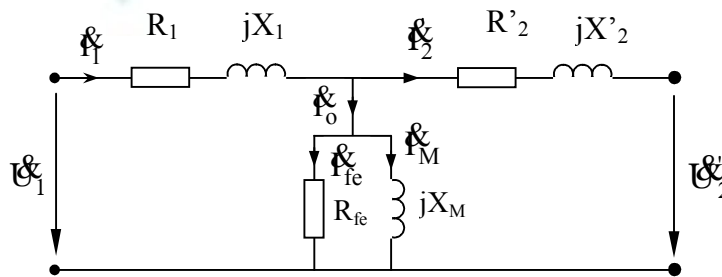
**Bài số 2-13.** Máy biến áp giảm áp một pha hai dây quấn có  $S_{dm} = 25\text{kVA}$ ,  $U_{1dm} = 2200\text{V}$ ,  $U_{2dm} = 600\text{V}$ ,  $f = 60\text{Hz}$  và các thông số như sau:

$$\begin{aligned} R_1 &= 1.4\Omega; & R_2 &= 0.11\Omega; & R_{fe} &= 18694\Omega \\ X_1 &= 3.2\Omega; & X_2 &= 0.25\Omega; & X_M &= 5011\Omega \end{aligned}$$

Máy biến áp đang vận hành với tải định mức khi điện áp thứ cấp định mức và hệ số công suất của tải là 0.8 (tải R-L). Xác định:

- Dòng điện không tải và dòng điện sơ cấp
- Điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp.
- Hiệu suất MBA

Sơ đồ thay thế máy biến áp như hình sau:



Tổng trở của máy biến áp khi không tải:

$$\begin{aligned} Z_o &= (R_1 + jX_1) + \frac{jX_M \times R_{Fe}}{R_{Fe} + jX_M} = (1.4 + 3.2j) + \frac{j5011 \times 18694}{18694 + j5011} \\ &= (1254.6 + 4678.3j)\Omega = 4843.6 \angle 75^\circ \Omega \end{aligned}$$

Dòng điện không tải:

$$\underline{I}_0 = \frac{U_1}{Z_o} = \frac{2200}{4843.6 \angle 75^\circ} = 0.4542 \angle -75^\circ \text{ A}$$

Dòng điện tải:

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{25 \times 10^3}{600} = 41.667 \text{ A}$$

Tải có  $\cos\varphi = 0.8$  chậm sau nên  $\varphi = 36.87^\circ$  và khi chọn góc pha ban đầu của điện áp bằng 0 ta có:

$$\underline{I}_{2dm} = 41.667 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

Tỉ số biến đổi điện áp:



$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{2200}{600} = 3.667$$

Dòng điện thứ cấp quy đổi:

$$\dot{I}_{2dm} = \frac{\dot{I}_{2dm}}{a} = \frac{41.667 \angle -36.87^\circ}{3.667} = 11.363 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

Dòng điện sơ cấp:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_{2dm} = 0.4542 \angle -75^\circ + 11.363 \angle -36.87^\circ = 11.724 \angle -38.24^\circ \text{ A}$$

Tổng trở nhánh từ hóa:

$$Z_M = \frac{jX_M \times R_{Fe}}{R_{Fe} + jX_M} = \frac{j5011 \times 18694}{18694 + j5011} = (1253.2 + j4675.1) \Omega$$

Tổng trở tải:

$$Z_t = \frac{U_{2dm}}{\dot{I}_{2dm}} = \frac{600}{41.667 \angle -36.87^\circ} = 14.4 \angle 36.87^\circ \Omega$$

Quy đổi tổng trở tải về sơ cấp:

$$Z'_t = a^2 Z_t = 3.667^2 \times 14.4 \angle 36.87^\circ = 193.63 \angle 36.87^\circ = (154.9 + j116.178) \Omega$$

Tổng trở vào của máy biến áp:

$$\begin{aligned} Z_v &= Z_1 + \frac{Z_M \times Z'_t}{Z_M + Z'_t} = 1.4 + j3.2 + \frac{(1253.2 + j4675.1) \times (154.9 + j116.178)}{(1253.2 + j4675.1) + (154.9 + j116.178)} \\ &= 148.8 + j119.4 = 190.753 \angle 38.74^\circ \Omega \end{aligned}$$

Điện áp sơ cấp:

$$U_1 = I_1 Z_v = 11.725 \times 190.753 = 2236.6 \text{ V}$$

Tổng tổn hao trong máy biến áp:

$$\sum P = I_1^2 R_1 + I_0^2 R_M + I_2^2 R_2 = 11.724^2 \times 1.4 + 0.4542^2 \times 1253.2 + 41.667^2 \times 0.11 = 642 \text{ W}$$

Công suất phụ tải:

$$P_2 = S \cos \phi = 25000 \times 0.8 = 20000 \text{ W}$$

Hiệu suất của máy biến áp:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} = \frac{20000}{20000 + 642} = 96.89\%$$



**Bài số 2-14.** Máy biến áp giảm áp một pha hai dây quấn có  $S_{dm} = 100 \text{ kVA}$ ,  $U_{1dm} = 7200 \text{ V}$ ,  $U_{2dm} = 480 \text{ V}$ ,  $f = 60 \text{ Hz}$  và các thông số như sau :

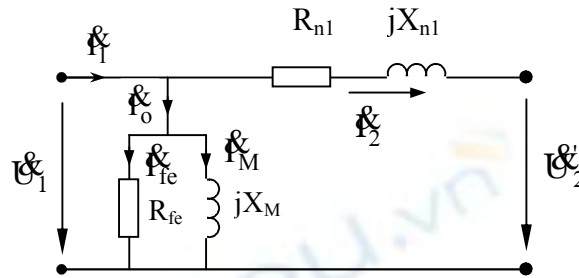
$$R_1 = 3.06 \Omega; \quad R_2 = 0.014 \Omega; \quad R_{fe} = 71400 \Omega$$

$$X_1 = 6.05 \Omega; \quad X_2 = 0.027 \Omega; \quad X_M = 17809 \Omega$$

Máy biến áp đang vận hành với tải định mức khi điện áp thứ cấp định mức và hệ số công suất của tải là 0.75 (tải R-L). Tính :

- Tổng trở ngắn mạch và vẽ mạch điện gần đúng của MBA khi quy đổi về phía sơ cấp.
- Điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp.
- Dòng điện không tải.

Sơ đồ tương đương của máy biến áp:



Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{7200}{480} = 15$$

Tổng trở thứ cấp quy đổi về sơ cấp:

$$Z'_2 = a^2 R_2 + ja^2 X_2 = 15^2 \times 0.014 + j \times 15^2 \times 0.027 = 3.15 + j6.075$$

Tổng trở ngắn mạch của máy biến áp:

$$Z_n = Z_1 + Z'_2 = 3.06 + j6.05 + 3.15 + j6.075 = 6.21 + j12.125 = 13.623 \angle 62.88^\circ \Omega$$

Tổng trở nhánh từ hóa:

$$Z_M = \frac{jX_M \times R_{Fe}}{R_{Fe} + jX_M} = \frac{j17809 \times 71400}{71400 + j17809} = (4181.9 + j16766) \Omega$$

Tổng trở tải:

$$Z_t = \frac{U_{2dm}^2}{S_{dm}} = \frac{480^2}{100 \times 10^3} = 2.304 \Omega$$

Tải có  $\cos \varphi = 0.75$  chậm sau nên  $\varphi = 41.41^\circ$  và:

$$Z_t = 2.304 \angle 41.41^\circ \Omega$$

Quy đổi tổng trở tải về sơ cấp:

$$Z'_t = a^2 Z_t = 15^2 \times 2.304 \angle 41.41^\circ = 518.4 \angle 41.41^\circ = (388.8 + j342.89) \Omega$$

Tổng trở nhánh thứ cấp:

$$Z'_2 = Z_n + Z'_t = (6.21 + j12.125) + (388.8 + j342.89) = (395.01 + j355.015) \Omega$$

Tổng trở vào của máy biến áp:

$$\begin{aligned} Z_v &= \frac{Z_M \times Z'_2}{Z_M + Z'_2} = \frac{(4181.9 + j16766) \times (395.01 + j355.015)}{(4181.9 + j16766) + (395.01 + j355.015)} \\ &= (379.3 + j352.6) = 517.84 \angle 42.91^\circ \Omega \end{aligned}$$

Dòng điện không tải: