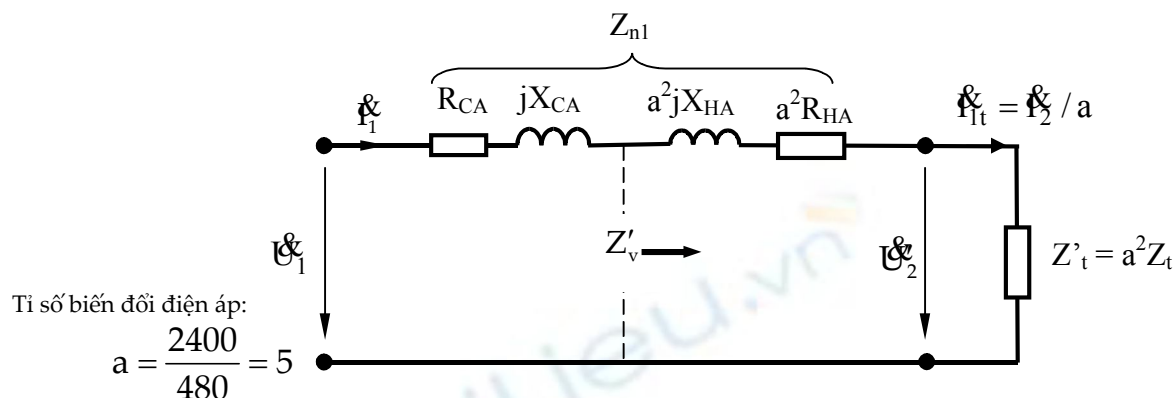


CHƯƠNG 3: VẬN HÀNH MÁY BIẾN ÁP.GIAI BAI TAP

Bài số 3-1. Các thông số của một máy biến áp 250kVA, 2400/480V làm việc ở điện áp định mức, công suất định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.82$ chậm sau là $X_{nCA} = 1.08\Omega$ và $R_{nCA} = 0.123\Omega$. Máy biến áp làm nhiệm vụ hạ điện áp. Vẽ mạch tương đương và xác định (a) thông số tương đương phía hạ áp; (b) điện áp không tải; (c) độ thay đổi điện áp; (d) tính lại các mục trên nếu máy biến áp làm nhiệm vụ tăng áp và $\cos\varphi = 0.7$ vượt trước.

Mạch điện tương đương của máy biến áp:



Thông số tương đương phía hạ áp:

$$R_{nHA} = \frac{R_{nCA}}{a^2} = \frac{0.123}{5^2} = 0.0049\Omega$$

$$X_{nHA} = \frac{X_{nCA}}{a^2} = \frac{1.08}{5^2} = 0.0432\Omega$$

$$Z_{nHA} = 0.0049 + j0.0432 = 0.0435 \angle 83.53^\circ \Omega$$

Tổng trở tải :

$$Z_t = \frac{U_2^2}{S_{dm}} = \frac{480^2}{250 \times 10^3} = 0.9216\Omega$$

$$Z_t = 0.9216 \angle 34.92^\circ \Omega$$

Dòng điện tải:

$$I_t = \frac{U_2}{Z_t} = \frac{480}{0.9216 \angle 34.92} = 520.83 \angle -34.92^\circ \text{ A}$$

Điện áp không tải:

$$E_{HA} = U_2 + I_t Z_{nHA} = 480 + 520.83 \angle -34.92^\circ \times 0.0435 \angle 83.53^\circ = 495.264 \angle 1.96^\circ \text{ V}$$

Độ thay đổi điện áp:

$$\Delta U = \frac{E_{HA} - U_2}{U_2} = \frac{495.264 - 480}{480} = 0.0318 = 3.18\%$$

Bài số 3-2. Một máy biến áp 333.3kVA, 4160/2400V làm nhiệm vụ hạ điện áp có điện trở và điện kháng tương đương phía cao áp là $R_{nCA} = 0.5196\Omega$ và $X_{nCA} = 2.65\Omega$. Giả sử máy làm việc ở điện áp định mức, tải định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.95$ vượt trước. Vẽ mạch tương đương và tính (a) điện áp không tải; (b) độ thay đổi điện áp; (c) tổng trở vào của máy biến áp khi có tải

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{4160}{2400} = 1.733$$

Thông số tương đương phía hạ áp:

$$R_{nHA} = \frac{R_{nCA}}{a^2} = \frac{0.5196}{1.733^2} = 0.173\Omega$$

$$X_{nHA} = \frac{X_{nCA}}{a^2} = \frac{2.65}{1.73^2} = 0.882\Omega$$

$$Z_{nHA} = 0.173 + j0.882 = 0.8988 \angle 78.9^\circ \Omega$$

Tổng trở tải :

$$Z_t = \frac{U_2^2}{S_{dm}} = \frac{2400^2}{333 \times 10^3} = 17.297\Omega$$

$$Z_t = 17.297 \angle -18.19^\circ = (16.433 - j5.3995)\Omega$$

$$Z'_t = a^2 Z_t = 1.73^2 \times 17.297 \angle -18.19^\circ = 51.968 \angle -18.19^\circ = (49.371 - j16.223)\Omega$$

Dòng điện tải:

$$I_t = \frac{U_2}{Z_t} = \frac{2400}{17.297 \angle -18.19^\circ} = 138.75 \angle 18.19^\circ \text{ A}$$

Điện áp không tải:

$$E_{HA} = U_2 + I_t Z_{nHA} = 2400 + 138.75 \angle 18.19^\circ \times 0.8988 \angle 78.9^\circ = 2387.8 \angle 2.971^\circ \text{ V}$$

Độ thay đổi điện áp:

$$\Delta U = \frac{E_{HA} - U_2}{U_2} = \frac{2387.8 - 2400}{2400} = -0.00508 = -0.508\%$$

Tổng trở vào của máy biến áp:

$$Z_v = Z_{nCA} + Z'_t = 0.5196 + j2.65 + 49.371 - j16.223 = 49.891 - j13.573 = 51.7 \angle -15.22^\circ \Omega$$

Bài số 3-3. Các thông số của một máy biến áp 250kVA, 4160/2400V làm việc ở điện áp định mức, công suất định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.95$ vượt trước là $X_{nCA} = 2.65\Omega$ và $R_{nCA} = 0.5196\Omega$. Máy biến áp làm nhiệm vụ hạ điện áp. Vẽ mạch tương đương và xác định (a) thông số tương đương phía hạ áp; (b) điện áp không tải; (c) độ thay đổi điện áp; (d) tổng trở vào của máy biến áp.

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{4160}{2400} = 1.733$$

Thông số tương đương phía hạ áp:

$$R_{nHA} = \frac{R_{nCA}}{a^2} = \frac{0.5196}{1.733^2} = 0.173\Omega$$

$$X_{nHA} = \frac{X_{nCA}}{a^2} = \frac{2.65}{1.73^2} = 0.882\Omega$$

$$Z_{nHA} = 0.173 + j0.882 = 0.8988 \angle 78.9^\circ \Omega$$

Tổng trở tải :

$$Z_t = \frac{U_2^2}{S_{dm}} = \frac{2400^2}{250 \times 10^3} = 23.04\Omega$$

$$Z_t = 23.04 \angle -18.19^\circ = (21.89 - j7.192)\Omega$$

$$Z'_t = a^2 Z_t = 1.733^2 \times 23.04 \angle -18.19^\circ = 30.93 \angle -18.19^\circ = (28.384 - j9.655)\Omega$$

Dòng điện tải:

$$I_t = \frac{U_2}{Z_t} = \frac{2400}{23.04 \angle -18.19^\circ} = 104.17 \angle 18.19^\circ \text{ A}$$

Điện áp không tải:

$$\dot{E}_{HA} = \dot{U}_2 + \dot{I}_t Z_{nHA} = 2400 + 104.17 \angle 18.19^\circ \times 0.8988 \angle 78.9^\circ = 2390.2 \angle 2.23^\circ \text{ V}$$

Độ thay đổi điện áp:

$$\Delta U = \frac{E_{HA} - U_2}{U_2} = \frac{2390.2 - 2400}{2400} = -0.00408 = -0.408\%$$

Tổng trở vào của máy biến áp:

$$Z_v = Z_{nCA} + Z'_t = 0.5196 + j2.65 + 28.384 - j9.655 = 29.74 \angle -13.63^\circ \Omega$$

Bài số 3-4. Một máy biến áp 100kVA, 4800/480V có 6V/vòng dây và tổng trở tương đương quy đổi về cao áp là $8.48 \angle 71^\circ \Omega$. Máy biến áp làm nhiệm vụ hạ điện áp cung cấp công suất 50kVA tại hệ số công suất $\cos\varphi = 1.0$ điện áp 480V. Xác định điện áp khi không tải. Tính độ thay đổi điện áp khi tải có $\cos\varphi = 0.78$ chậm sau.

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{4800}{480} = 10$$

Thông số tương đương phía hạ áp:

$$Z_{nHA} = \frac{Z_{nCA}}{a^2} = \frac{8.48 \angle 71^\circ}{10^2} = 0.0848 \angle 71^\circ \Omega$$

Tổng trở tải :

$$Z_t = \frac{U_2^2}{S_2} = \frac{480^2}{50 \times 10^3} = 4.608 \Omega$$

Dòng điện tải khi tải có $\cos\varphi = 1$:

$$\dot{I}_t = \frac{\dot{U}_2}{Z_t} = \frac{480}{4.608} = 104.17 \text{ A}$$

Điện áp không tải:

$$\dot{E}_{HA} = \dot{U}_2 + \dot{I}_t Z_{nHA} = 480 + 104.17 \times 0.0848 \angle 71^\circ = 482.96 \angle 0.996^\circ \text{ V}$$

Tổng trở tải khi tải có $\cos\varphi = 0.78$:

$$Z_t = 4.608 \angle 38.74^\circ = (3.594 + j2.884) \Omega$$

Dòng điện tải:

$$\dot{I}_t = \frac{\dot{U}_2}{Z_t} = \frac{480}{4.608 \angle 38.74^\circ} = 104.17 \angle -38.74^\circ \text{ A}$$

Điện áp không tải:

$$\dot{E}_{HA} = \dot{U}_2 + \dot{I}_t Z_{nHA} = 480 + 104.17 \angle -38.74^\circ \times 0.0848 \angle 71^\circ = 487.5 \angle 0.55^\circ \text{ V}$$

Độ thay đổi điện áp:
$$\Delta U = \frac{E_{HA} - U_2}{U_2} = \frac{487 - 480}{480} = 0.0146 = 1.46\%$$

Bài số 3-5. Một máy biến áp 37.5kVA, 6900/230V làm nhiệm vụ hạ điện áp ở điện áp định mức, công suất định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.68$ vượt trước. Điện trở tương đương phía hạ áp là $R_{nHA} = 0.0224 \Omega$ và điện kháng tương đương $X_{nHA} = 0.0876 \Omega$. Điện kháng từ hóa tương đương phía cao áp là 43617Ω và điện trở của lõi sắt và 174864Ω . Tính (a) điện áp không tải; (b) độ thay đổi điện áp; (c) tổng trở vào của máy biến áp khi có tải; (d) dòng điện kích thích và tổng trở vào khi không tải.

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{6900}{230} = 30$$

Tổng trở tương đương quy đổi về cao áp:

$$R_{nCA} = a^2 R_{nCA} = 30^2 \times 0.0224 = 20.16 \Omega$$

$$X_{nCA} = a^2 X_{nCA} = 30^2 \times 0.0876 = 78.84 \Omega$$

$$Z_{nCA} = 20.16 + j78.84 = 81.3767 \angle 75.66^\circ \Omega$$

Tổng trở tải:

$$Z_t = \frac{U_2^2}{S_{dm}} = \frac{230^2}{37.5 \times 10^3} = 1.411 \Omega$$

$$Z_t = 1.411 \angle 47.156^\circ = (0.959 + j1.034) \Omega$$

$$Z'_t = a^2 Z_t = 30^2 \times (0.959 + j1.034) = 863.1 + j930.6 = 1269.2 \angle 47.156^\circ \Omega$$

Dòng điện tải:

$$I_t = \frac{U_2}{Z_t} = \frac{230}{1.411 \angle 47.156^\circ} = 163 \angle -47.156^\circ \text{ A}$$

Điện áp khi không tải:

$$E_{HA} = U_2 + I_t Z_{nHA} = 230 + 163 \angle -47.156^\circ \times (0.0224 + j0.0876) = 243.05 \angle 1.65^\circ \text{ V}$$

Độ thay đổi điện áp:

$$\Delta U = \frac{E_{HA} - U_2}{U_2} = \frac{243.05 - 230}{230} = 0.0567 = 5.67\%$$

Tổng trở từ hóa bằng tổng trở vào khi không tải:

$$Z_M = \frac{R_{Fe} \times jX_M}{R_{Fe} + jX_M} = \frac{174864 \times j43617}{174864 + j43617} = 10242 + j41062 = 42320 \angle 76^\circ \Omega$$

Tổng trở vào khi có tải:

$$Z_v = Z_{nCA} + Z'_t = 20.16 + j78.84 + 863.1 + j930.6 = (883.26 + j1009.4) = 1341.3 \angle 48.81^\circ \Omega$$

Dòng điện không tải:

$$I_o = \frac{U_{CA}}{Z_M} = \frac{6900}{42320} = 0.163 \text{ A}$$

Bài số 3-6. Một máy biến áp 500kVA, 7200/600V làm nhiệm vụ hạ điện áp ở điện áp định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.83$ vượt trước. Điện áp ra khi không tải là 625V. Tính tổng trở tương đương quy đổi về cao áp (bỏ qua điện trở).

Ta có đồ thị vec tơ phía hạ áp:

Dòng điện tải:

$$I_t = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{500 \times 10^3}{600} = 833.33 \text{ A}$$

Tải có $\cos\varphi = 0.83$ chậm sau nên:

$$I_t = I_2 = 833.3 \angle -33.9^\circ \text{ A}$$

Theo đồ thị vec tơ ta có:

$$625^2 = 600^2 + (I_2 X_{nHA})^2 - 669.29(I_2 X_{nHA})$$

$$(I_2 X_{nHA})^2 - 669.29(I_2 X_{nHA}) - 30625 = 0$$

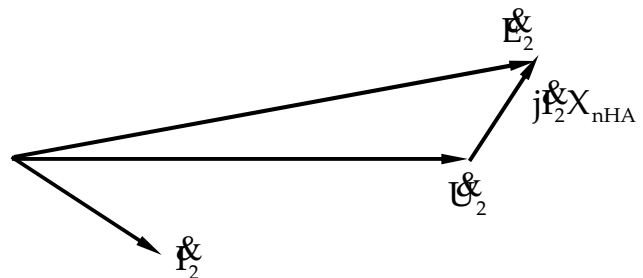
Giải phương trình ta có:

$$I_2 X_{nHA} = 712.28 \text{ V}$$

Như vậy điện kháng tương đương phía hạ áp:

$$X_{nHA} = \frac{I_2 X_{nHA}}{I_2} = \frac{712.28}{833.3} = 0.855 \Omega$$

Tỉ số biến đổi điện áp:



$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{7200}{600} = 12$$

Điện kháng tương đương quy đổi về cao áp:

$$X_{nCA} = a^2 X_{nHA} = 12^2 \times 0.855 = 123.12 \Omega$$

Bài số 3-7. Một máy biến áp 167kVA, 600/240V có tổng trở phần trăm là 4.1 với 46 vòng dây trên cuộn cao áp làm việc ở tải định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.82$ vượt trước. Tính (a) độ thay đổi điện áp; (b) điện áp không tải; (c) từ thông trong lõi thép; (d) diện tích tiết diện ngang của lõi thép nếu $B_{\max} = 1.4T$.

Ta coi điện trở của cuộn dây bằng zero, vậy:

$$X_{n*} = 0.041$$

Tải có $\cos\varphi = 0.82$ vượt trước nên $\sin\varphi = 0.5724$

Độ thay đổi điện áp trong hệ đơn vị tương đối:

$$\begin{aligned} \Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* - \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.82)^2 + (0.041 - 0.5724)^2} - 1 = 0.024 = 2.4\% \end{aligned}$$

Điện áp ra khi không tải:

$$E_2 = \Delta U_* \times U_{2dm} + U_{2dm} = 245.76V$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{600}{240} = 2.5$$

Số vòng dây hạ áp:

$$N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{46}{2.5} = 18 \text{vg}$$

Từ thông trong lõi thép:

$$\Phi_{\max} = \frac{E_2}{4.44 \times f \times N_2} = \frac{245.76}{4.44 \times 60 \times 18} = 0.05125 \text{wb}$$

Tiết diện ngang của lõi thép:

$$S = \frac{\Phi_{\max}}{B} = \frac{0.05125}{1.4} = 0.0366 \text{m}^2$$

Bài số 3-8. Một máy biến áp 150kVA, 2300/240V làm việc ở tải định mức có hệ số công suất $\cos\varphi = 0.9$ chậm sau. Điện trở trong hệ đơn vị tương đối là $R_{n*} = 0.0127$ và điện kháng $X_{n*} = 0.038$. Tính độ thay đổi điện áp.

Tải có $\cos\varphi = 0.9$ chậm sau nên $\sin\varphi = 0.4359$

Độ thay đổi điện áp trong hệ đơn vị tương đối:

$$\begin{aligned} \Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.0127 + 0.9)^2 + (0.038 + 0.4359)^2} - 1 = 0.0284 = 2.84\% \end{aligned}$$

Bài số 3-9. Một máy biến áp 75kVA, 4160/460V làm việc ở tải bằng 76% định mức có hệ số công suất $\cos\varphi = 0.85$ vượt trước. Điện trở trong hệ đơn vị tương đối là $R_{n*} = 0.016$ và điện kháng $X_{n*} = 0.0311$. Tính độ thay đổi điện áp.

Tải có $\cos\varphi = 0.85$ vượt trước nên $\sin\varphi = 0.5268$

Độ thay đổi điện áp trong hệ đơn vị tương đối:

$$\begin{aligned} \Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* - \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.016 + 0.85)^2 + (0.0311 - 0.5268)^2} - 1 = -0.0022 = -0.22\% \end{aligned}$$

Bài số 3-9. Một máy biến áp 50kVA, 4370/600V làm việc ở tải bằng 80% định mức có hệ số công suất $\cos\varphi = 0.75$ chậm sau. Điện trở trong hệ đơn vị tương đối là $R_{n*} = 0.0156$ và điện kháng $X_{n*} = 0.0316$. Tính độ thay đổi điện áp.

Tải có $\cos\varphi = 0.75$ chậm sau nên $\sin\varphi = 0.6614$

Độ thay đổi điện áp trong hệ đơn vị tương đối khi hệ số tải bằng k_t là:

$$\begin{aligned}\Delta U_* &= \sqrt{(k_t R_* + \cos\varphi)^2 + (k_t X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.8 \times 0.0156 + 0.75)^2 + (0.8 \times 0.0316 + 0.6614)^2} - 1 = 0.0261 = 2.61\%\end{aligned}$$

Bài số 3-10. Một máy biến áp 50kVA, 450/120V làm việc ở điện áp 120V, công suất định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.8$ chậm sau. Điện trở phần trăm là $R\% = 1$ và điện kháng phần trăm là $X\% = 4.4$. Tính (a) điện áp không tải; (b) độ thay đổi điện áp; (c) điện áp vào bằng bao nhiêu khi điện áp ra định mức và $\cos\varphi = 0.8$ chậm sau.

Tải có $\cos\varphi = 0.8$ chậm sau nên $\sin\varphi = 0.6$

Độ thay đổi điện áp:

$$\begin{aligned}\Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.01 + 0.8)^2 + (0.044 + 0.6)^2} - 1 = 0.0348 = 3.48\%\end{aligned}$$

Điện áp ra khi không tải:

$$E_2 = (1 + \Delta U)U_{2dm} = (1 + 0.0348) \times 120 = 124.18V$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{450}{120} = 3.75$$

Điện áp vào:

$$U_1 = aE_2 = 3.75 \times 124.18 = 465.7V$$

Bài số 3-11. Một máy biến áp 75kVA, 450/230V làm việc ở điện áp 230V, công suất định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.9$ chậm sau. Điện trở phần trăm là $R\% = 1.8$ và điện kháng phần trăm là $X\% = 3.7$. Tính (a) điện áp không tải; (b) độ thay đổi điện áp; (c) điện áp vào bằng bao nhiêu khi điện áp ra định mức và $\cos\varphi = 0.9$ chậm sau.

Tải có $\cos\varphi = 0.9$ chậm sau nên $\sin\varphi = 0.4359$

Độ thay đổi điện áp:

$$\begin{aligned}\Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.018 + 0.9)^2 + (0.037 + 0.4359)^2} - 1 = 0.0326 = 3.26\%\end{aligned}$$

Điện áp ra khi không tải:

$$E_2 = (1 + \Delta U)U_{2dm} = (1 + 0.0326) \times 230 = 237.5V$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{450}{230} = 1.95$$

Điện áp vào:

$$U_1 = aE_2 = 1.95 \times 237.5 = 464.67V$$

Bài số 3-12. Một máy biến áp 50kVA, 480/240V làm việc ở điện áp 240V, công suất định mức và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.85$ vượt trước. Điện trở phần trăm là $R\% = 1.1$ và điện kháng phần trăm là $X\% = 4.6$. Tính (a) điện áp không tải; (b) độ thay đổi điện áp; (c) điện áp vào bằng bao nhiêu khi điện áp ra định mức và $\cos\varphi = 0.85$ vượt trước.

Tải có $\cos\varphi = 0.85$ chậm sau nên $\sin\varphi = 0.5268$

Độ thay đổi điện áp:

$$\begin{aligned}\Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.011 + 0.85)^2 + (0.046 + 0.5268)^2} - 1 = 0.0341 = 3.41\%\end{aligned}$$

Điện áp ra khi không tải:

$$E_2 = (1 + \Delta U)U_{2dm} = (1 + 0.0341) \times 240 = 248.2V$$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{480}{240} = 2$$

Điện áp vào:

$$U_1 = 2E_2 = 2 \times 248.2 = 496.4V$$

Bài số 3-13. Một máy biến áp 200kVA, 2300/230V có điện trở phần trăm là $R\% = 1.24$ và điện kháng tản phần trăm là $X\% = 4.03$. Tính và vẽ đồ thay đổi điện áp phần trăm theo $\cos\varphi$ nằm giữa 0.5 vượt trước và 0.5 chậm sau mỗi lần thay đổi φ là 10° .

Độ thay đổi điện áp:

$$\begin{aligned} \Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.0124 + \cos\varphi)^2 + [0.0403 + (1 - \cos\varphi)]^2} - 1 \end{aligned}$$

Các lệnh Matlab để vẽ:

```
clc
x = -60: 10: 60;
a = cos(x*pi/180);
b = sin(x*pi/180);
y = sqrt((0.011 + a).^2 + (0.046 + b).^2) - 1;
plot(x, y)
```

Kết quả vẽ:

Bài số 3-14. Một máy biến áp 150kVA, 7200/600V, 50Hz làm việc trong điều kiện định mức có tổn hao từ trễ là 527W, tổn hao do dòng điện xoáy 373W và tổn hao đồng 2000W. Máy biến áp được dùng trong điều kiện $f = 45\text{Hz}$ với từ thông và tổn hao công suất như trong chế độ định mức. Tính điện áp và công suất định mức mới.

Tổn hao do dòng điện xoáy tại $f = 45\text{Hz}$:

$$\frac{P_{x50}}{P_{x45}} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^2 \rightarrow P_{x45} = P_{x50} \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \left(\frac{B_2}{B_1}\right)^2 = 373 \left(\frac{45}{50}\right)^2 = 302.13 \text{ w}$$

Tổn hao do từ trễ tại $f = 45\text{Hz}$:

$$\frac{P_{t50}}{P_{t45}} = \frac{f_1}{f_2} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{1.6} \rightarrow P_{t45} = P_{t50} \frac{f_2}{f_1} = 527 \times \frac{45}{50} = 474.3 \text{ w}$$

Tổn hao đồng tại 45Hz:

$$P_{\text{Cu}45} = (527 + 373 + 2000) - (302.13 + 474.3) = 2123.6 \text{ w}$$

Do tổn hao không đổi nên dòng điện tăng lên là:

$$\left(\frac{I_{50}}{I_{45}}\right)^2 = \frac{P_{\text{Cu}50}}{P_{\text{Cu}45}} \rightarrow I_{45} = I_{50} \sqrt{\frac{P_{\text{Cu}45}}{P_{\text{Cu}50}}} = I_{50} \sqrt{\frac{2123.6}{2000}} = 1.0304I_{50}$$

Do từ thông không đổi nên điện áp đưa vào là:

$$U_{45} = U_{50} \times \frac{45}{50} = 0.9U_{50} = 0.9 \times 7200 = 6480V$$

Công suất định mức mới:

$$S_{\text{dm}45} = 0.9 \times 1.0304S_{\text{dm}50} = 0.9274S_{\text{dm}50} = 0.9274 \times 150 = 139.2\text{kVA}$$

Bài số 3-15. Một máy biến áp 75kVA, 450/120V, 60Hz có $R\% = 1.75$ và $X\% = 3.92$. Hiệu suất của máy khi làm việc ở tải định mức có $\cos\varphi = 0.74$ vượt trước, tần số định mức và điện áp định mức là 97.1%. Tính (a) tổn hao công suất trong lõi thép; (b)

tổn hao công suất trong lõi thép và hiệu suất khi các điều kiện làm việc không đổi nhưng $f = 50\text{Hz}$ biết tỉ số tổn hao từ trễ/tổn hao do dòng điện xoáy $P_t/P_x = 2.5$

Tỉ số biến đổi điện áp:

$$a = \frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{450}{120} = 3.75$$

Công suất tác dụng của tải:

$$P_2 = S_{dm} \cos \varphi = 75000 \times 0.74 = 55500\text{W}$$

Tổng tổn hao trong máy biến áp:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P}$$

$$\rightarrow \Delta P = \frac{(1 - \eta)P_2}{\eta} = \frac{(1 - 0.971) \times 55500}{0.971} = 1657.57\text{W}$$

Điện trở tương đương quy đổi cao áp:

$$R_{nCA} = R_* \frac{U_{CA}^2}{S_{dm}} = 0.0175 \frac{450^2}{75 \times 10^3} = 0.04725\Omega$$

Dòng điện định mức phía cao áp:

$$I_{CA} = \frac{S_{dm}}{U_{CA}} = \frac{75 \times 10^3}{450} = 166.67\text{A}$$

Tổn hao đồng trong máy:

$$P_{Cu} = I_{CA}^2 R_{nCA} = 166.67^2 \times 0.04725 = 1312.5\text{W}$$

Tổn hao tổng lõi thép:

$$P_o = \Delta P - P_{Cu} = 1657.57 - 1312.5 = 345\text{W}$$

Tổn hao do từ trễ và dòng điện xoáy:

$$\begin{cases} P_t + P_x = 345 \\ \frac{P_t}{P_x} = 2.5 \end{cases}$$

$$\rightarrow P_x = 98.57\text{W}, P_t = 246.43\text{W}$$

Tổn hao do dòng điện xoáy tại $f = 50\text{Hz}$:

$$\frac{P_{x60}}{P_{x50}} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^2 \rightarrow P_{x50} = P_{x60} \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \left(\frac{B_2}{B_1}\right)^2 = 98.57 \times \left(\frac{50}{60}\right)^2 \times 1.2^2 = 98.57\text{W}$$

Tổn hao do từ trễ tại $f = 50\text{Hz}$:

$$\frac{P_{t60}}{P_{t50}} = \frac{f_1}{f_2} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{1.6} \rightarrow P_{t50} = P_{t60} \frac{f_2}{f_1} \left(\frac{B_2}{B_1}\right)^{1.6} = 246.43 \times \frac{50}{60} \times 1.2^{1.6} = 274.92\text{W}$$

Tổn hao trong lõi khi máy biến áp làm việc với tần số 50Hz:

$$P_o = P_t + P_x = 82.14 + 205.36 = 373.5\text{W}$$

Tổng tổn hao công suất tại tần số 50Hz:

$$\Delta P = P_{ot} + P_{Cu} = 373.5 + 1312.5 = 1686\text{W}$$

Hiệu suất của máy biến áp:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{55500}{55500 + 1686} = 0.9705 = 97.05\%$$

Bài số 3-16. Một máy biến áp 200kVA, 7200/600V, 50Hz làm việc trong điều kiện định mức có $\cos \varphi = 0.9$ chậm sau. Tổn hao trong lõi thép trong hệ đơn vị tương đối là 0.0056, điện trở trong hệ đơn vị tương đối là 0.0133 và điện kháng trong hệ đơn vị

tương đối là 0.0557. Tính (a) hiệu suất; (b) độ thay đổi điện áp; (c) hiệu suất và độ thay đổi điện áp ở 30% tải định mức và $\cos\varphi = 0.8$ chậm sau.

Tổn hao công suất trong lõi thép:

$$P_o = 0.0056S_{dm} = 0.0056 \times 200 \times 10^3 = 1120 \text{ W}$$

Điện trở của máy biến áp:

$$R_{nCA} = R_* \frac{U_{CA}^2}{S_{dm}} = 0.0133 \frac{7200^2}{200 \times 10^3} = 3.447 \Omega$$

Dòng điện định mức phía cao áp:

$$I_{CA} = \frac{S_{dm}}{U_{CA}} = \frac{200 \times 10^3}{7200} = 27.78 \text{ A}$$

Tổn hao đồng trong máy:

$$P_{Cu} = I_{CA}^2 R_{nCA} = 27.78^2 \times 3.447 = 2659.72 \text{ W}$$

Công suất tác dụng của tải:

$$P_2 = S_{dm} \cos\varphi = 200000 \times 0.9 = 180000 \text{ W}$$

Hiệu suất của máy biến áp:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{180000}{180000 + 2659.72 + 1120} = 0.9794 = 97.94\%$$

Độ thay đổi điện áp ở tải định mức và $\cos\varphi = 0.9$, $\sin\varphi = 0.4359$:

$$\begin{aligned} \Delta U_* &= \sqrt{(R_* + \cos\varphi)^2 + (X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.0133 + 0.9)^2 + (0.0557 + 0.4359)^2} - 1 = 0.0372 = 3.72\% \end{aligned}$$

Khi tải bằng 30% tải định mức và $\cos\varphi = 0.8$, $\sin\varphi = 0.6$ thì tổn hao trong lõi thép không đổi nên ta có:

$$P_{Cu} = k_t^2 I_{CA}^2 R_{nCA} = 0.3^2 \times 27.78^2 \times 3.447 = 239.375 \text{ W}$$

$$P_2 = S_{dm} \cos\varphi = 200000 \times 0.8 \times 0.3 = 48000 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{48000}{48000 + 239.375 + 1120} = 0.9725 = 97.25\%$$

$$\begin{aligned} \Delta U_* &= \sqrt{(k_t R_* + \cos\varphi)^2 + (k_t X_* + \sin\varphi)^2} - 1 \\ &= \sqrt{(0.3 \times 0.0133 + 0.8)^2 + (0.3 \times 0.0557 + 0.6)^2} - 1 = 0.0133 = 1.33\% \end{aligned}$$

Bài số 3-17. Một máy biến áp 50kVA, 2300/230V, 50Hz làm việc với tải có $\cos\varphi = 0.8$ chậm sau và dung lượng thay đổi từ 0 đến 120% định mức. Tổn hao phần trăm trong lõi thép là 4.2, điện trở phần trăm là 1.56 và điện kháng phần trăm là 3.16. Tính và vẽ đường cong hiệu suất của máy biến áp từ không tải đến 120% tải định mức, mỗi lần thay đổi 2kVA.

Máy biến áp làm việc với $\cos\varphi = 0.8$ nên $\sin\varphi = 0.6$. Tổn hao trong thép không thay đổi và ta có:

$$P_o = 0.0056S_{dm} = 0.042 \times 50 \times 10^3 = 2100 \text{ W}$$

Điện trở của máy biến áp:

$$R_{nCA} = R_* \frac{U_{CA}^2}{S_{dm}} = 0.0316 \frac{2300^2}{50 \times 10^3} = 3.3433 \Omega$$

Dòng điện định mức phía cao áp:

$$I_{CA} = \frac{S_{dm}}{U_{CA}} = \frac{50 \times 10^3}{2300} = 21.74 \text{ A}$$

Tổn hao đồng phụ thuộc vào độ lớn của tải:

$$P_{Cu} = k_t^2 I_{CA}^2 R_{nCA} = k_t^2 \times 27.74^2 \times 3.433 = 1622.4 k_t^2 \text{ W}$$

Công suất tác dụng của tải:

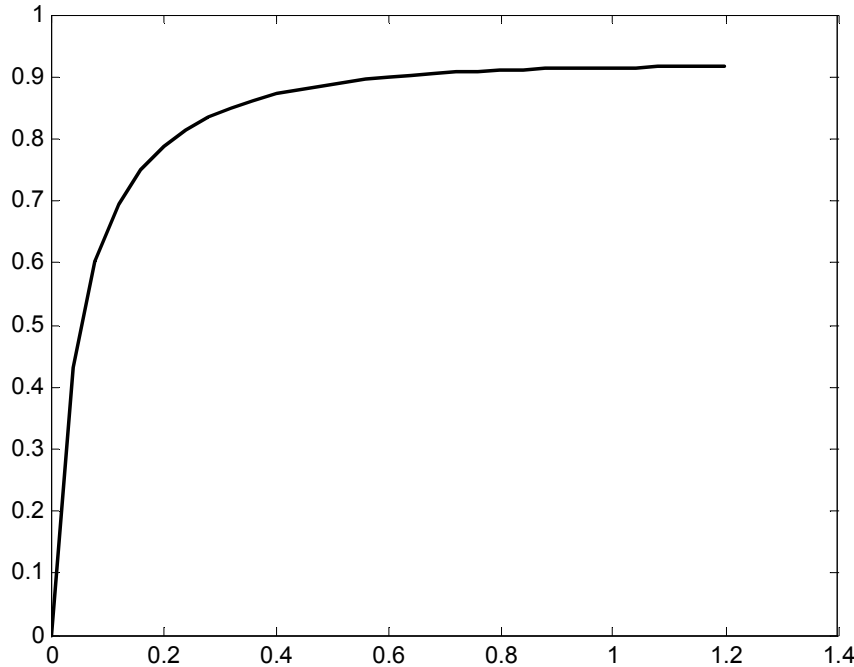
$$P_2 = k_t S_{dm} \cos\varphi = k_t \times 50000 \times 0.8 = 40000k_t \text{ w}$$

Hiệu suất của máy biến áp:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{40000k_t}{40000k_t + 2100 + 1622.4k_t^2}$$

Các lệnh Matlab để vẽ:

```
clc
kt = 0:0.04:1.2;
n = 40000*kt./(40000*kt+2100+1622.4*kt.^2);
plot(kt, n)
```



Bài số 3-18. Thí nghiệm ngắn mạch thực hiện trên một máy biến áp 150kVA, 4600/230V, 50Hz cho kết quả :

$$U_n = 182V, I_n = 32,8A, P_n = 1902W$$

Tính (a) điện trở và điện kháng trong hệ đơn vị tương đối; (b) độ thay đổi điện áp khi máy biến áp làm việc với $\cos\varphi = 0.8$ chậm sau.

Tổng trở cơ sở:

$$Z_{cs} = \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} = \frac{4600^2}{150 \times 10^3} = 141.067\Omega$$

Điện trở ngắn mạch:

$$R_n = \frac{P_n}{I_n^2} = \frac{1902}{32.8^2} = 1.768\Omega$$

$$R_{n*} = \frac{R_n}{Z_{cs}} = \frac{1.768}{141.067} = 0.0125$$

Tổng trở ngắn mạch:

$$Z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{182}{32.8} = 5.5488\Omega$$

Điện kháng ngắn mạch: