۱- الف) امپدانس بار ارجاع شده بسمت فشارضعیف عبارتست از:

$$Z_L' = (۳۸۰ + j\,۲۳۰)\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = ۳.۸ + j\,۲.۳\,\Omega$$

امپدانس نشتی ترانسفورماتور برابر با $(۰.۲ + j\,۰.۷\Omega)$ و امپدانس بار برابر است با $(۳.۸ + j\,۲.۳\Omega)$ بصورت سری قرار گرفته‌اند. بنابراین مقاومت ظاهری معادل آن‌ها $۵\angle ۳۶.۹^\circ = ۳ + j\,٤$ خواهد شد. اگر V_1 را بردار مرجع در نظر بگیریم:

$$\overline{V_1} = 250\angle 0$$

$$I_1' = \frac{250\angle 0}{5\angle 36.9^\circ} = 50\angle -36.9^\circ = 50(\cos 36.9 - j\,\sin 36.9) = 40 - j\,30\,A, I_1' = 50\,A$$

$$I_2 = I_1'\frac{N_1}{N_2} = 50\frac{1}{10} = 5\,A$$

ولتاژ ترمینال ثانویه: $I_2 Z_L = 5\left(380^2 + 230^2\right)^{\frac{1}{2}} = 5\times 444 = 2220V$

ب) جریان تلفات هسته برابر است با: $\overline{I_c} = \frac{V_1}{R_c} = \frac{250\angle 0}{500\angle 0} = 0.5\angle 0 = 0.5 + j\,0$

جریان تحریک: $\overline{I_e} = \overline{I_c} + \overline{I_m} = (0.5 - \mathrm{j}1)\,\mathrm{A}$

در نتیجه جریان اولیه برابر خواهد بود با:

$$\overline{I_1} = \overline{I_1'} + \overline{I_e} = (40 - j\,30) + (0.5 - j\,1) = 40.5 - j\,31 = 51\angle -37.4$$

جریان اولیه $I_1 = ۵۱A$ و ضریب توان اولیه برابر است با: $\cos\theta_1 = \cos 37.4 = 0.794$ پس‌فاز

ج) ضریب توان بار: $\cos\theta_2 = \frac{380}{\sqrt{380^2 + 230^2}} = 0.855$

قدرت خروجی: $V_2 I_2 \cos\theta_2 = 2220\times 5\times 0.855 = 9500W$

یا: $\left(I_1'\right)^2 R_L = 50^2\,(3.8) = 9500W$

تلفات هسته: $P_c = I_c^2 R_c = (0.5)^2\,(500) = 125W$ یا $P_c = \frac{V_1^{\,2}}{R_c} = \frac{\left(250^2\right)}{500} = 125W$

تلفات اهمی: $P_{oh} = \left(I_1'\right)^2 r_{e1} = 50^2\,(0.2) = 500W$

قدرت ورودی: $V_1 I_1 \cos\theta_1 = (250)(51)(0.794) = 10125W$

یا: قدرت ورودی= قدرت خروجی+ تلفات : $9500 + 125 + 500 = 10125$

راندمان: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{Loss}}{P_{in}} = 1 - \frac{P_{Loss}}{P_{in}} = 1 - \frac{500 + 125}{10125} = 0.9383\,pu. = 93.83\%$

۲- تلفات کل ترانسفورماتور:

$$P_{Loss} = \left(\frac{1}{0.97} - 1\right)(200000) = 6185.5\,W, P_c + (0.6)^2\,P_{oh} = 6185.5\times 0.6 \Rightarrow$$

$$\left.\begin{aligned} P_c + P_{oh} &= 6185.5 \\ P_c + 0.36P_{oh} &= 3711.3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} P_{oh} = 3866\,W \\ P_c = 2319.5\,W \end{cases}$$

محاسبه پارامترها در طرف فشارضعیف: $r_{e2} = \frac{3866}{200000}\times 100 = 1.933\%$

اما از تنظیم ولتاژ:

$$5 = \left(r_{e2}\cos\theta_2 + x_{e2}\sin\theta_2\right) = \left(1.933\times 0.8 + x_{e2}\times 0.6\right) \Rightarrow x_{e2} = 5.756\%$$

$$r_{e2} = \frac{1.933}{100}\times\frac{1000^2}{200000} = 0.09665\ \Omega, x_{e2} = 0.2878\ \Omega$$

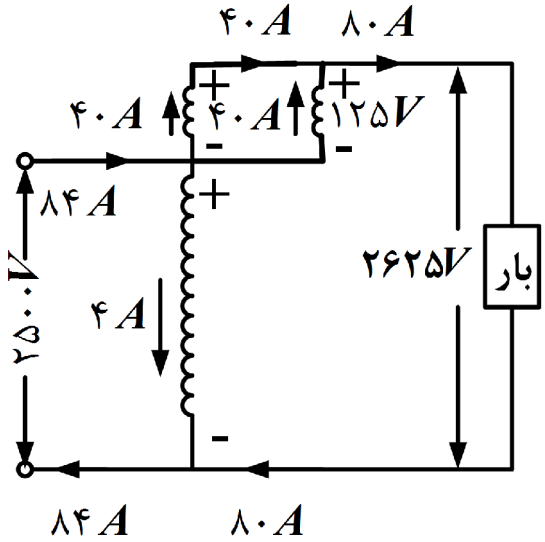
مقاومت معادل تلفات هسته: $R_c = \frac{1000^2}{2319.5} = 431.13\ \Omega$

جریان تحریک: $I_{e2} = \frac{P_c}{V_2\cos\theta_2} = \frac{2319.5}{1000\times 0.25} = 9.278\ A$

جریان تلفات هسته: $I_c = \frac{2319.5}{1000} = 2.3195\ A$

جریان مغناطیس‌کننده: $I_m = \sqrt{9.278^2 - 2.3195^2} = 8.983\ A$

راکتانس مغناطیس‌کننده: $X_m = \frac{1000}{8.9834} = 111.32\ \Omega$



۳- (الف) برای آنکه ولتاژ خروجی ۲۶۲۵ = ۱۲۵ + ۲۵۰۰ باشد، دو قسمت سیم‌پیچی فشارضعیف ابتدا به صورت موازی و سپس به صورت سری با سیم‌پیچ فشارقوی قرار می‌گیرد.

جریان نامی سیم‌پیچی فشارضعیف $\left(\frac{۱۰۰۰۰}{۲۵۰}\right) = ۴۰$

مجموع جریان خروجی برابر است با: $۴۰ + ۴۰ = ۸۰\ A$

kVA نامی ترانسفورماتور: $\frac{۸۰ \times ۲۶۲۵}{۱۰۰۰} = ۲۱۰ kVA$

جریان نامی سیم‌پیچی فشارقوی $۴A$ می‌باشد. بنابراین، جریانی که از منبع کشیده می‌شود $۸۴\ A$ خواهد بود.

(ب) kVA انتقالی: $\frac{۸۰ \times ۱۲۵}{۱۰۰۰} = ۱۰ kVA$ ، توان ظاهری هدایتی: $۲۱۰ - ۱۰ = ۲۰۰ kVA$

(ج)

۴- (الف)

$$n_s = \frac{۱۲۰ f_۱}{P} \simeq n \Rightarrow ۹۸۰ = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{P} \Rightarrow P = ۶.۱۲, n_s = \frac{۱۲۰ f_s}{P} = ۱۰۰۰ r.p.m, s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{۱۰۰۰ - ۹۸۰}{۱۰۰۰} = ۰.۰۲$$

(ب) $$P_g = P_{in} - P_{cu,s} - P_c = ۳۵ - ۱ \Rightarrow P_g = ۳۴ kW, P_{cu,r} = s P_g = ۰.۰۲ \times ۳۴ \times ۱۰^۳ = ۶۸۰ W$$

(ج) $$P_m = (۱ - s) P_g = ۰.۹۸ \times ۳۴ = ۳۳.۳۲ kW, P_m = P_{rot} + P_o \Rightarrow ۳۳.۳۲ = ۱.۵ + P_o \Rightarrow P_o = ۳۱.۸۲ kW$$

(د) $$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} \times ۱۰۰ = \frac{۳۱.۸۲}{۳۵} \times ۱۰۰ = ۹۰.۹۱\%$$

۵- (الف)

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times ۶۰}{۴} = ۱۸۰۰ r.p.m, s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{۱۸۰۰ - ۱۷۱۰}{۱۸۰۰} = ۰.۰۵, T \propto \frac{I_۲^۲ R_۲}{s}$$

$$\frac{T_{st}}{T_{FL}} = \left| \frac{I_{۲(st)}}{I_{۲(FL)}} \right|^۲ s_{FL} \Rightarrow T_{st} = ۴^۲ \times ۰.۰۵ \times T_{FL} = ۰.۸ T_{FL} = ۸۰\% T_{FL}$$

(ب)

$$\frac{T_{FL}}{T_{\max}} = \frac{۲ s_{T_{\max}} s_{FL}}{s_{T_{\max}}^۲ + s_{FL}^۲}, \frac{T_{st}}{T_{\max}} = \frac{۲ s_{T_{\max}}}{۱ + s_{T_{\max}}^۲} \Rightarrow \frac{T_{st}}{T_{FL}} = \frac{s_{T_{\max}}^۲ + s_{FL}^۲}{۱ + s_{T_{\max}}^۲} \times \frac{۱}{s_{FL}} \Rightarrow ۰.۸ = \frac{s_{T_{\max}}^۲ + ۰.۰۰۲۵}{۱ + s_{T_{\max}}^۲} \frac{۱}{۰.۰۵}$$

$$\Rightarrow s_{T_{\max}}^۲ + ۰.۰۰۲۵ = ۰.۰۹ + ۰.۰۹ s_{T_{\max}}^۲ \Rightarrow s_{T_{\max}} = \sqrt{\left(\frac{۰.۰۳۷۵}{۰.۹۶}\right)} = ۰.۱۹۷۶, n_{T_{\max}} = (۱ - s_{T_{\max}}) \times ۱۸۰۰ = ۱۴۴۴.۳۲ r.p.m$$

(ج) $$T_{\max} = T_{FL} \times \frac{s_{T_{\max}}^۲ + s_{FL}^۲}{۲ s_{T_{\max}} s_{FL}} = \frac{(۰.۱۹۷۶)^۲ + (۰.۰۵)^۲}{۲ \times ۰.۰.۱۹۷۶ \times ۰.۰۵} \times T_{FL} = ۲.۱ T_{FL} = ۲۱۰\% T_{FL}$$

۶- (ج) $$\frac{d}{dt}(\varepsilon_r \cos\theta_2 + \varepsilon_x \sin\theta_2) = -\varepsilon_r \sin\theta_2 + \varepsilon_x \cos\theta_2 = ۰ \Rightarrow \tan\theta_2 = \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_r} = \frac{x_{e2}}{r_{e2}} \Rightarrow \cos\theta_2 = \frac{r_{e2}}{z_{e2}}$$

در اینجا $\tan\theta_2$ مثبت است، بنابراین، حداکثر تنظیم ولتاژ در ضریب توان بار پس فازی برابر $\frac{r_{e2}}{z_{e2}}$ رخ می‌دهد.