۶ - (الف) ابتدا برای درک بهتر شکل سیستم را رسم می‌کنیم:
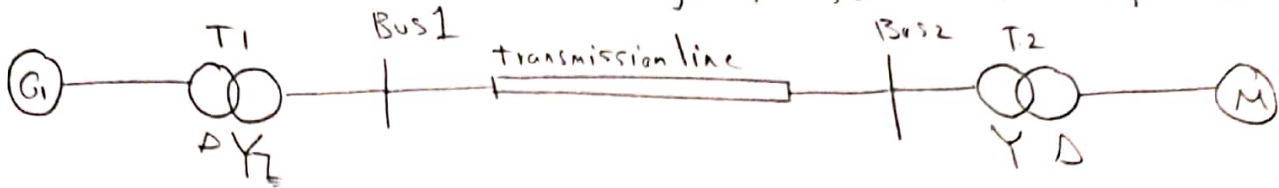
$G:$ 30 MVA , 13.8kv, $X = 100 \%$

T1: 25MVA, 13.11KV / 131KV, $X = 10 \%$ T2: 25MVA, 138kv / 13.8kv, $X = 8\%$

M: 25MVA , 13.8 KV, $X = 80\%$ Line: $Z_{line} = 12.7 + j63.48$ (Ω)

$S_B = 30 MVA$, $V_B = 13.8$ kv

$G:$ $X = 100 \times (30/30) = 100 \%, = 1 pu$

$T_1:$ $X = 10 \times (30/25) \times (\frac{13.2}{13.8})^2 \simeq 11\% = 0.11 pu$

$T_2:$ $X = 8 \times (30/25) \times (\frac{13.8}{13.8})^2 = 9.6\% = 0.096 pu$

$M:$ $X = 80 \times (30/25) \times (\frac{13.8}{13.8})^2 = 96\% = 0.96 pu$

$Z_{Bline} = \frac{V_{Bline}^2}{S_{Bline}} = \frac{(138 \times 10^3)^2}{30 \times 10^6} = 634.8 \ \Omega$

$Z_{line} = \frac{12.7 + j63.48}{634.8} = (0.02 + j0.1) p.u$
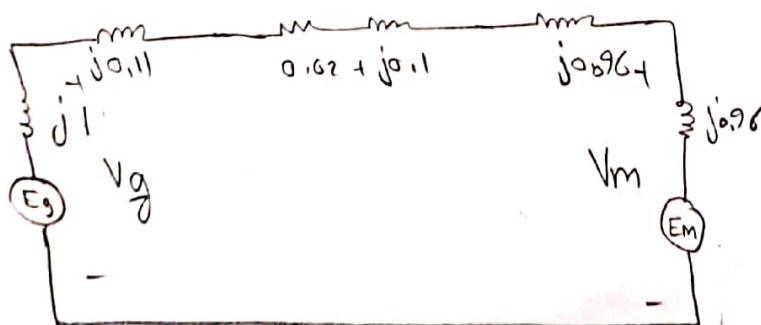
شکل مدار به صورت زیر خواهد بود:

ب) با استفاده از مدار بالا داریم:

P= 18 MW , $V_{nominal} = 13.8$ kv   PF= 0.9 lead

$P = S \cos\theta \rightarrow S = P/\cos\theta = 20 MVA$

$S_{M pu} = \frac{20 MVA \angle -25.84}{30 MVA} = 0.667 \angle -25.84° P.U$

$$V_{M_{pu}} = \frac{13.8}{13.8} = 1\angle 0° \text{ P.U} \qquad I_M = I_{Line} = I_G = \frac{S^*_{M_{pu}}}{V^*_{M_{pu}}} = \frac{0.667 \angle 25.84}{1\angle 0}$$

$$= 0.667 \angle 25.84° \text{ P.U} , \qquad I_{B_M} = I_{BG} = \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{ kV}} = 1.2551 \text{ kA}$$

$$I_{BL} = \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{kV}} = 125.51 \text{ A} , \qquad I_M = I_G = I_{pu} \times I_{Base} = 837.1517 \angle 25.84°$$

$$I_L = 837.1517 \angle 25.84° \text{ A}$$

$$V_{Line_{pu}} = 1\angle 0 + (0.02 + j0.1 + j0.096)(0.667 \angle 25.84) = 0.95 + j0.124$$

$$\longrightarrow V_{Line_{pu}} = 0.96 \angle 7.37° \text{ P.U}$$

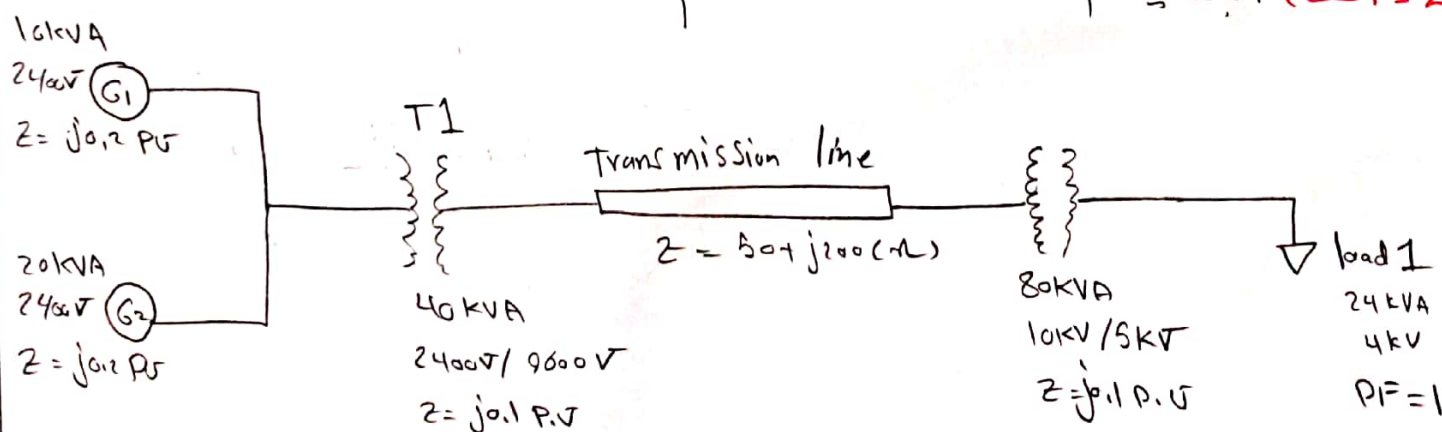$$V_{g_{pu}} = V_{m_{pu}} + (0.02 + j0.111 + j0.1 + j0.096)I$$

$$= 1\angle 0 + (0.02 + j0.306)(0.667 \angle 25.84°) = 0.923 + j0.1895$$

$$= 0.942 \angle 11.603 \text{ P.U}$$

$$V_{Line} = V_{Line_{pu}} \times V_{Line_{Base}} = 0.96 \angle 7.37° \times 138 = 132.48 \text{kV} \angle 7.37°$$

$$V_{g} = V_{g_{pu}} \times V_{g_{base}} = 0.942 \angle 11.63° \times 13.8 = 12.9996 \angle 11.63°$$

---

۲ ـ الف) ابتدا دیاگرام و مشخصات آن را رسم می‌کشیم.

مقادیر پریونیت را برای تمام المان‌ها بدست می‌آورم:

$$S_B = 100\,kVA \ , \quad V_{B_{Gen}} = 2400\,V$$

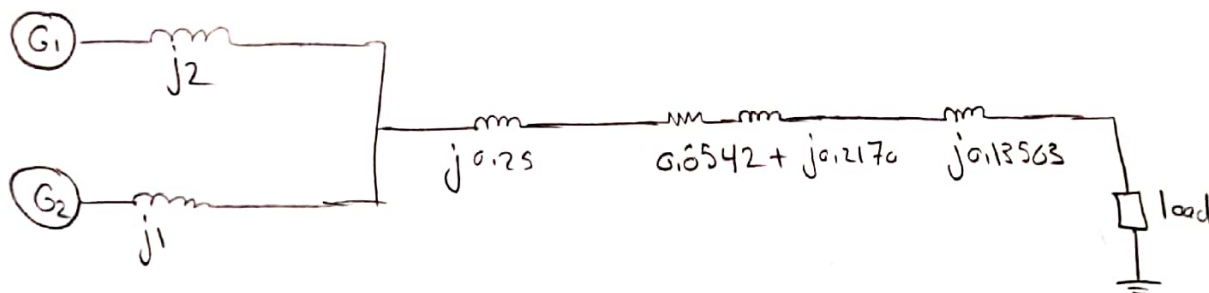$$G_1: \quad X = 0.2 \times \left(\frac{100}{10}\right) \times \left(\frac{2400}{2400}\right)^2 = 2\ p.u$$

$$G_2: \quad X = 0.2 \times \left(\frac{100}{20}\right) \times \left(\frac{2400}{2400}\right)^2 = 1\ p.u \qquad T_1: X = 0.1 \times \left(\frac{100}{40}\right) \times \left(\frac{2400}{2400}\right)^2$$

$$= 0.25\ p.u \qquad T_2: \quad X = 0.1 \times \left(\frac{100}{80}\right) \times \left(\frac{10}{9.6}\right)^2 = 0.13563\ p.u$$

$$Z_{B_{line}} = \frac{V_{B_{line}}^2}{S_{n_{line}}} = \frac{(9600)^2}{100\,kVA} = 921.6\ \Omega$$

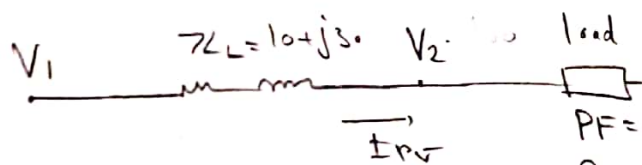$$Z_{line} = \frac{50 + j200}{921.6} = 0.0542 + j\,0.2170\ p.u$$

آرایش

$$Overload\ \% = \frac{|20 - 24|}{20} \times 100 = 20\%$$

ب) با توجه به روابط‌های مساله:

---

۴ ـ یک نمای تیپ برای درک بهتر سوال رسم می‌کنیم.

$$Z_L = 10 + j30 \qquad V_{base} = 100\,kV$$
$$V_2 = 100\,kV \angle 0°$$

load
اطلاعات: PF = 0.8 , lag
$$P = 40\,MW$$
$$Q_{PU} = 0.3\ PU$$

$$P = S\cos\theta = \frac{S}{1.0.8} \rightarrow S = 50\,MW \rightarrow S = 50\,MVA \angle +36.87°$$

$$Q_{PU} = 0.3\,PU = \frac{Q}{Q_b} \rightarrow Q_b = \frac{30 \times 10}{0.3} = 100\,MVAR \qquad Q_b = S_b \frac{\sin\theta}{0.6}$$

$$\rightarrow S_b = \frac{1000}{6}\,MVA \qquad S_{PU} = \frac{50 \angle 36.87 \times 6}{1000} = 0.3 \angle 36.87°\ p.u$$

$$V_{PU} = \frac{V_2}{V_b} = \frac{100 \angle 0}{100} = 1\angle 0\ p.u \quad , \quad I_{PU} = \frac{S^*_{PU}}{V^*_{PU}} = 0.3 \angle -36.87°\ pu$$
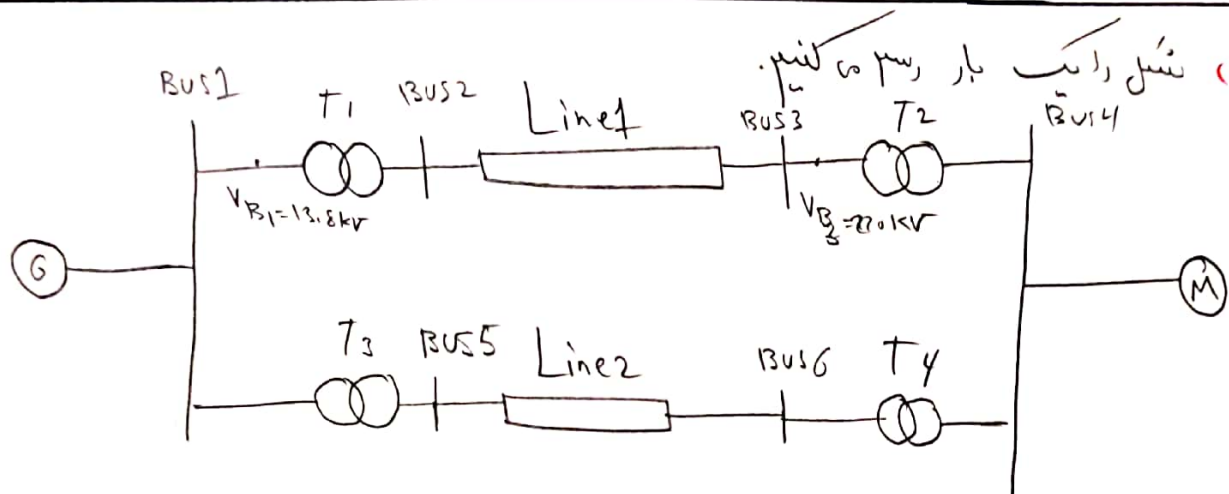
$$V_1 = V_{PU} + \mathcal{Z}_{L_{PU}} \underset{2}{PU} \qquad , \qquad \mathcal{Z}_{B\,line} = \frac{V_{B\,line}^2}{S_{B\,line}} = \frac{100^2}{\frac{1000}{6}} = 60\,\Omega$$

$$\mathcal{Z}_{L_{PU}} = \frac{\mathcal{Z}_L}{\mathcal{Z}_{B\,line}} = \frac{10 + j30}{60} = 0.167 + j0.5 \; P.U$$

$$- V_{1_{PU}} = 1 \angle 0 + (0.167 + j0.5)(0.3 \angle -36.87°)$$

$$= 1\angle 0 + (0.5272 \angle 71.55°)(0.3 \angle -36.87°) = 1\angle 0° + 0.15816 \angle 34.66°$$

$$= 1.13 + j\,0.09 = 1.1336 \angle 4.554°$$

۸ـ الف) شکل را که بار رسم می‌کنیم.

$$S_{B\,Gen} = 100\,MVA \qquad V_{B\,Gen} = 13.8\,kV$$

G: 90MVA, 13.8kV, $X_G = 18\%$

T1: 13.8 kV /220 kV, 50MVA, $X_{T1} = 12\%$

T2: 220kv /11kv, 50MVA, $X_{T2} = 12\%$

T3: 13.8kV /132 kV, 50MVA, $X_{T3} = 8\%$

T4: 132 kV /11 kV, 50MVA, $X_{T4} = 8\%$

Line1: 220kv, $\mathcal{Z}_{line1} = 7.12 + j36.3\;(\Omega)$

Line2: 132kv, $\mathcal{Z}_{line2} = 1.7425 + j34.85\;(\Omega)$

$$V_{B2} = 13.8\left(\frac{220}{13.8}\right) = 220kV \qquad V_{B4} = 220 \times \left(\frac{11}{220}\right) = 11kV$$

$$V_{B5} = 13.8 \times \left(\frac{132}{13.8}\right) = 132kV \qquad V_{B6} = 132kV$$

حال مقادیر پریونیت هرکدام از عناصر را بیدا می‌کنیم. درباره عناصر زیر میانشی هاکبی را حذف می‌شود.

$$G: X = 0.18 \times \left(\frac{100}{90}\right) = 0.2 \; P.U \qquad T1: X = 0.12 \times \left(\frac{100}{50}\right) = 0.24 \; P.U$$

$$T2: X = 0.12 \times \left(\frac{100}{50}\right) = 0.24 \; P.U \qquad T3: X = 0.08 \times \left(\frac{100}{50}\right) = 0.16 \; P.U$$
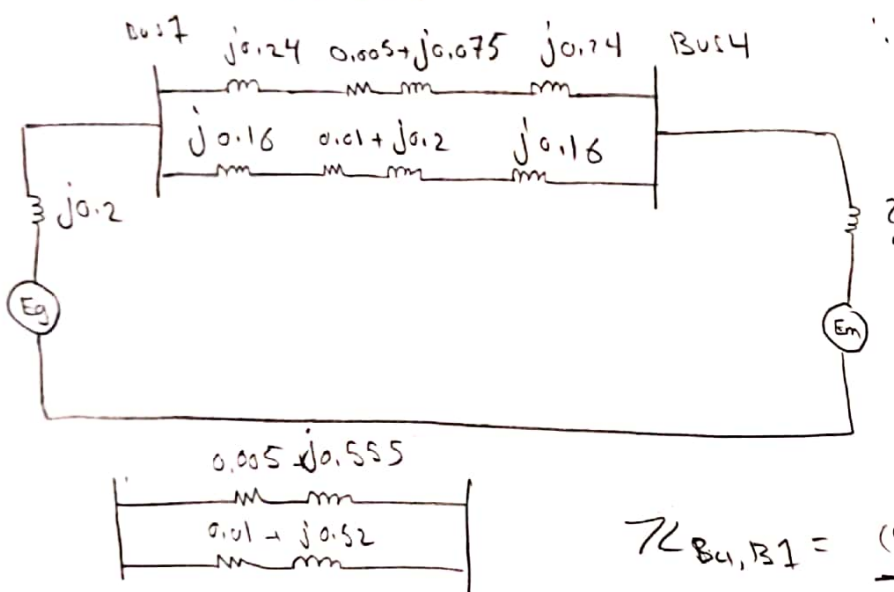
$$T4: X = 0.08 \times \left(\frac{100}{50}\right) = 0.16 \; P.U$$

$$Z_{B\,line1} = \frac{V_{B\,line1}^2}{S_{B\,line}} = \frac{220^2}{100} = 484\,\Omega \qquad Z_{B\,line2} = \frac{V_{B\,line}^2}{S_{B\,line}} = \frac{132^2}{100} = 174.24\,\Omega$$

$$Z_{pu\,L_1} = \frac{2.42 + j\,36.3}{484} = 0.005 + j\,0.75\ P.u$$

$$Z_{pu\,L_2} = \frac{1.7425 + j\,34.85}{174.24} = 0.01 + j\,0.2\ P.u$$

شکل ۱، ۸ رسم کنید و زیر سیستم ...

$$Z_{B4,B1} = \frac{(0.005 + j\,0.565)(0.01 + j\,0.52)}{0.015 + j\,1.075}$$

$$\rightarrow Z_{B4,B1} = \frac{-0.2886 + j\,0.0082}{0.015 + j\,1.075} = 0.0039 + j\,0.2685$$

$$= 0.2685\ \angle 89.1719°$$

ب)

$$\overline{K} = \frac{\overline{I}_{line2}}{\overline{I}_{line1}} \qquad V_{line2} = V_{line1} \rightarrow \overline{K} = \frac{I_{line2}}{I_{line1}} = \frac{Z_{line1}}{Z_{line2}}$$

$$= \frac{0.005 + j\,0.555}{0.01 + j\,0.52} = 1.0671 + j\,0.0109 = 1.0672\ \angle 0.5855°$$

$$\longrightarrow \overline{K}' = 1.0672\ \angle 0.5855°$$

۱۲- (امتیاز) اضن)

$V_B = 10 kV$

$S_B = 0.5 MVA$
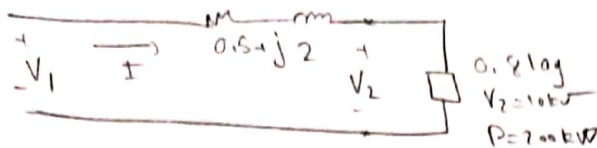
$|S| \cos\theta = 200 kw \longrightarrow |S| = \frac{200}{0.8} = 250 kVA \longrightarrow S = 250 kVA \angle 36.87°$

$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B} = \frac{(10 \times 10^3)^2}{0.5 \times 10^6} = \frac{1 \times 10^8}{10^6} = 200 \Omega$ $Z_{L PU} = \frac{0.5 + j2}{200} = 0.0025 + j0.01 PU$

$KVL : V_{1 PU} = I_{PU} Z_{L PU} + V_{2 PU}$ $I_{PU} = \frac{S^*_{PU}}{V^*_{PU}}$, $V_{PU} = \frac{10}{10} = 1 PU$

$\longrightarrow S_{PU} = S/S_B = \frac{250 \times 1.3 \angle 36.87}{5 \times 10^5} = 0.5 \angle +36.87° PU$

$\longrightarrow I_{PU} = \frac{0.5 \angle -36.87° P.U}{1 \angle 0 P.U} = 0.5 \angle -36.87° P.U$

$V_{1 PU} = (0.0025 + j0.01) \times (0.4 - j0.3) + 1 \angle 0 = 1.004 + j0.0033 P.U$

$= 1.004 \angle 0.1855° P.U$ $S_{PU \text{ ابتدا}} = V_{PU} I^*_{PU} = 0.502 \angle 37.0555°$

$\longrightarrow P_{PU \text{ ابتدا}} = 0.4006 P.U$ $|Q|_{PU} = 0.3025 P.U$

ب) حون بار انتقال شاره دارد بین باید امپدانس آن تقسیم به ۳ شود.
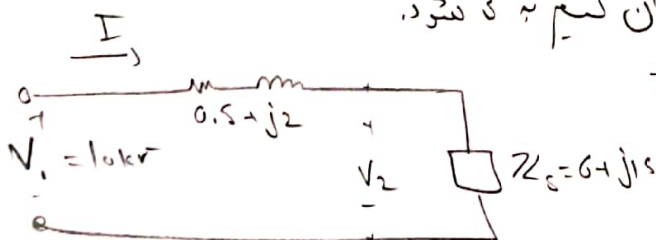
$Z_{L PU} = 0.0025 + j0.01 P.U$

$Z_S = 6 + j15$ $Z_{S PU} = \frac{6 + j15}{Z_B} = \frac{6 + j15}{200} = 0.03 + j0.075$

$I_{PU} = \frac{V_{1 PU}}{Z_{L PU}} = \frac{1 \angle 0}{0.0325 + j0.085} \approx 11 \angle -69.07 P.U$

$V_{2 P.U} = Z_{S PU} \cdot I_{PU} = 11 \angle -69.07 \times (0.03 + j0.075) = 0.8886 \angle 0.8714°$

$V_2 = V_{2 PU} \times V_B = 8.886 \angle 0.8714°$

۸) نوان راکتور را درحالت با بدست می‌آوریم: $\quad Q = S \sin \theta$

$$S_{pu,L} = V_{1pu_L} \cdot I^*_{pu}$$

$$= 11 \angle 69.07° \times 0.8886 \angle -0.8714 = 9.7746 \angle 68.1986$$
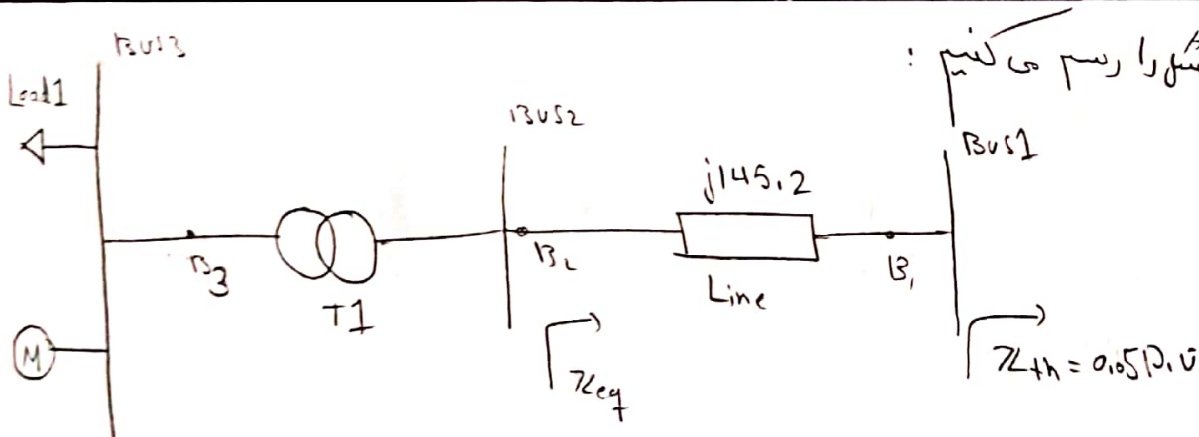
$$\longrightarrow Q_{pu} = 9.0752 \ P.U \qquad\qquad S_{pu_a} = V_{2pu_a} \times I^*_{pu}$$
قبل

$$V_{2pu_a} = 1\angle 0 , \qquad I_{pu} = \frac{V_{2pu}}{Z_{5pu}} = \frac{1\angle 0}{0.034 + j0.075} = 12.3797 \angle 68.1986$$

$$\longrightarrow S_{pu_a} = I^*_{pu} = 12.3797 \angle 68.1986 \longrightarrow Q_{pu} = 11.4943$$
قبل

$$Q_c = | Q_{pu_c} - Q_{pu_a} | = 2.4191 \ P.U \qquad 2.4191 = \frac{(V_c)^2}{X_{cpu}}$$
نهایی   قبل

$$\longrightarrow X_{c,pu} = \frac{1}{2.4191} = 0.4338 \ P.U$$

---

۱۰ ـ الف) شکل را رسم می‌کنیم:

Bus3

Load1

B_3 T1

(M)

Bus2

B_2 Z_{eq}

Line $j145.2$

B_1

Bus1

$Z_{th} = 0.05 \ P.U$

T1: $6.6 \text{kv} / 132 \text{kv}$, 12MVA , $X = 8\%$

M : $V = 6.6 \text{kv}$, $P_M = 0.667 \ P.U$, $Q_M = 0.5 \ P.U$, $S_B = 6 \text{MVA}$ (برای موتور)

Load1: $Z = 10.89 + j1.815 \ \Omega$

با توجه به اینکه مشخصات ترانسفورماتورها بی خطا حفظ شد:

$S_B = 12 \text{MVA}$, $V_{B_3} = 6.6 \text{kv}$, $V_{B_2} = V_{B_1} = 6.6 \times (\frac{132}{6.6}) = 132 \text{kv}$
بهتر برای موتور

$Z_{BLine} = \frac{V_{B_2}^2}{S_B} = \frac{132^2}{12} = 1452 \ \Omega \qquad Z_{pu,line} = \frac{j145.2}{1452}$

$= j0.1$, $Z_{eq} = Z_{th} + Z_{pu,line} = j0.15 \ P.U \qquad Z_{eq} = j0.15 \times 1452 = j217.8 \ \Omega$

Scanned by CamScanner

برای انتقال به سمت ثانویه ترانس داریم:

$$Z_{ثانویه} = (\frac{6.6}{132})^2 \cdot Z_{اولیه}$$

پس در ظاهر باید در کمان پریونیت مقدار 0.15 را تقسیم بر $\frac{1}{4000}$ کنیم. اما چنین نخواهد بود و پریونیت ثابت است زیرا:

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \underbrace{\frac{S_B^{new}}{S_B^{old}} \times (\frac{V_{Bold}}{V_{Bnew}})^2}_{=1}$$

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \times (\frac{132}{6.6})^2 \longrightarrow Z_{ثانویه} = 0.15 \times (\frac{6.6}{132})^2 \checkmark (\frac{132}{6.6})^2$$

$$= 0.15 \, P.U \qquad , \qquad Z_{B ثانویه} = \frac{V_{B3}^2}{S_{B3}} = \frac{6.6^2}{12} = 3.63 \, \Omega$$

$$Z_{ثانویه \, P.U} = 0.15 \, P.U \qquad Z_{ثانویه} = 0.5445 \, \Omega$$

پس نتیجه‌ای که می‌گیریم این است که پریونیت در اثر انتقال به ثانویه دستخوش تغییر نمی‌شود زیرا ملاک بر ضریب تبدیل ترانس، نسبت تغییر مبنا هم دخیل می‌شود که آن را خنثی می‌کند. اما مقدار اهمی دستخوش تغییر می‌شود.

ب) <u>تغییر مبنا داریم:</u> $\qquad S_{M \, P.U} = P_M + jQ_M = 0.667 + j0.5 \, P.U$

$$S_{Motor} = \frac{S_M \times S_{Base}}{S_B} = \frac{1}{2} S_M = 0.3335 + j0.25 \, P.U$$

$$S_M^{P.U} = V_{M P.U} I_{M P.U}^* = I_{M P.U}^* \longrightarrow I_{M P.U} = 0.3335 - j0.25 \, P.U$$

با توجه به اینکه Load 1 محاسبه بشود،

$$Z_{load1 \, P.U} = \frac{Z_{load1}}{Z_B} = \frac{10.89 + j1.815}{Z_B}$$

$$Z_B = \frac{(6.6)^2}{12} = 3.63 \, \Omega \longrightarrow Z_{load1 \, P.U} = \frac{10.89 + j1.815}{3.63} = 3 + j0.5$$

$$I_{load1 \, P.U} = \frac{V}{Z_{load1 \, P.U}} = \frac{1}{3 + j0.5} = 0.3243 - j0.0541 = 0.3288 \angle -9.462°$$

$$I_{tot} = I_M + I_L = 0.3288 \angle -9.462° + 0.3335 - j0.25 = 0.7247 \angle -24.7°$$

$$\longrightarrow PF = \cos(24.7°) = 0.9085 \quad \text{lag}$$

توضیح است، گرچه در حل مسئله X_{trans} را هم دخیل کنیم باز هم نشان اسراف ها درصدات برولیت بر قرار است.

$$ X_{tot} = j0.15 + j0.08 = j0.23 \ P.U $$

$$ X_{trans} = j0.08 \times \left(\frac{(132)^2}{12} \right) = j116.16 $$

$$ X_{tot} = j217.8 + j116.16 = j333.96 \quad \text{بیس از انتقال به ثانویه} $$

$$ X_{tot} = j333.96 \times \left(\frac{66}{132} \right)^2 = j0.8349 \quad \text{انتقال} $$

$$ X_{tot \ P.U} = \frac{X_{tot} \ \text{انتقال}}{X_{B}} = \frac{j0.2349}{X_{B}} \qquad X_{B} = \frac{6.6^2}{12} = 3.63 $$

$$ \Rightarrow X_{tot \ P.U} = \frac{j0.8349}{3.63} = 0.23 \ P.U \quad \text{پس می بینیم که اموری بر حسب برولیت} $$

ثابت می ماند.

۱۴- (امتیازی) - (الف) یک بار شکل خط قدرت را برای درک بهتر رسم می کنیم.
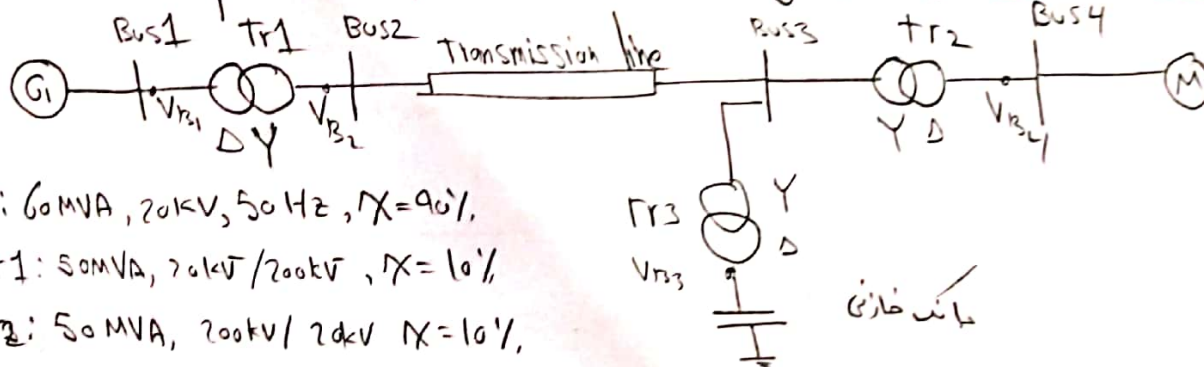
G: 60MVA, 20kV, 50Hz, X=90%

Tr1: 50MVA, 20kV/200kV, X=10%

Tr2: 50MVA, 200kV/20kV X=10%

Tr3: 3×Trıφ : Trıφ: 10MVA, 120kV/20kV, X=12%

M: 47.2 MVA, 18kV, X=25%

Line: 200kV, $Z = (120 - j700) \ \Omega/Ph$

Cap bank: $Q_{3\varphi} = 0.6$ MVAr, 20kV

$V_{B Gen} = 20kV$

$S_{B} = 100MVA$

بانک خازنی

$$ V_{B1} = 20 \ kV, \quad V_{B2} = 20 \times \left(\frac{200}{20} \right) = 200 \ kV, \quad V_{B4} = 200 \times \left(\frac{20}{200} \right) = 20 \ kV $$

Tr3 ـــــــــ سیم خازنی و بالانس؟

$$ 120 \times \sqrt{3} = 207.846 \ kV, \quad V_{B3} = 200 \times \frac{20}{207.846} = 19.245 \ kV $$

حال با داشتن مقادیر بالا شروع می کنیم به پریونیت کردن سیستم.

$G: \quad X = 0.9 \times \dfrac{100}{60} = 1.5 \, PU$ $T_1: \quad X = 0.1 \times \dfrac{100}{50} = 0.2 \, P.U$

$T_2: X = 0.1 \times \dfrac{100}{50} = 0.2 \, P.U$ $Line: \, Z_{B \, line} = \dfrac{200^2}{100} = 400 \, \Omega$
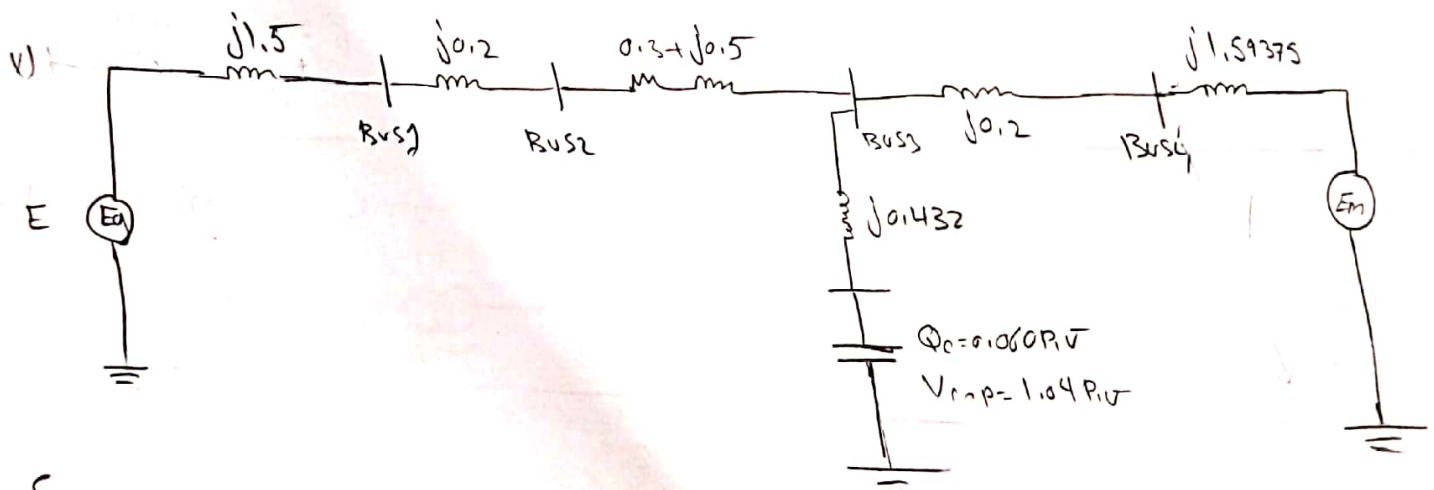
$Z_{Line \, pu} = \dfrac{120 + j200}{400} = 0.3 + j0.5 \, P.U$

$T_3: \quad X = 0.12 \times \dfrac{100}{3 \times 10} \times \left(\dfrac{207.846}{200}\right)^2 = 0.432 \, P.U$

$Cap \, bank: \quad Q_c = \dfrac{6.6 \, MVAR}{100} = 0.066 \, P.U$ $V_{cap_{P.U}} = \dfrac{20}{19.245} = 1.04 \, P.U$

$M: \quad V_{M_{PU}} = \dfrac{18}{20} = 0.9 \, P.U \, , \quad X = 0.85 \times \dfrac{100}{43.2} \times \left(\dfrac{18}{20}\right)^2 = 1.59375 \, P.U$

$(V_G = \dfrac{20}{20} = 1 \, P.U)$ با ؟ دست آوردن تمام پارامترهای بالا مدار سری سوم برای رسم مدار

الف)

$\delta_M = 45 \, MVA \quad PF = 0.8 \, lag$ $|S_{M \, P_U}| = \dfrac{45}{100} = 0.45 \, P.U$

$\longrightarrow S_{M_{PU}} = 0.45 \angle 36.87°$ $S_{M_{PU}} = V_{M_{PU}} \, I_{M \, PU}^* \longrightarrow I_{M_{DU}} = \dfrac{S_{M_{PU}}^*}{V_{M_{PU}}^*}$

$V_{M \, PU} = \dfrac{18}{20} = 0.9 \angle 0 \, P.U$ $I_{M_{DU}} = 0.5 \angle -36.87°$

$V_{B_3} = V_{M_{DU}} - (j0.2 + j1.59375) \, I_{M_{DU}} = 0.9 \angle 0 + (j1.79375) \, 0.5 \angle -36.87$

$= 0.9 + 0.8969 \angle 53.13° = 1.6072 \angle 26.5152°$

ب)

16. (امتیازی): الف و ب)

$S_{\omega} = 200 \, kVA$

$PF = 0.6$

$0.12 + j4/3 \, P.U$ load

$S = \dfrac{200}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ$

$\dfrac{I_{13}}{Z_{13}} = 40$ داریم $Z_{13} = \dfrac{V_{13}^2}{S_B}$

$I_{13} = \dfrac{S_{13}}{\sqrt{3} V_{13}}$

$\dfrac{\dfrac{I_{13}}{Z_{13}}}{} \quad , \quad \dfrac{\dfrac{S_B}{\sqrt{3} V_{13}}}{\dfrac{V_{13}^2}{S_{13}}} = \dfrac{S_{13}^2}{\sqrt{3} V_{13}^3} = 40 \quad \therefore \quad V_{13} = \sqrt[3]{\dfrac{S_{13}^2}{\sqrt{3} \times 40}}$

$\therefore V_{13} = \sqrt[3]{\dfrac{200 \times 700}{40 \times \sqrt{3}}} = 0.832 \, KV \quad , \quad Z_{13} = 3.4611 \, \Omega \quad I_{13} = 138.7861 \, A$

$S_{Load \, P.U} = \dfrac{\dfrac{200}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ}{700} = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ \, P.U \longrightarrow P = \dfrac{1}{2} \, P.U$

$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad Q = \dfrac{1}{2} \, P.U$

محاسبه می‌شود: $V_{13} = 832 \, V \qquad Z_{13} = 3.4611 \, \Omega \qquad I_{13} = 138.7861 \, A$