

1-a) Şekildeki iletim sisteminin 100 MVA, 380 kV BAZ değerlerine göre per-unit empedans diyagramını çiziniz. (10 Puan)

$$S_{BAZ}=100 \text{ MVA} \quad U_{BAZ}= 20 \text{ kV} / 380 \text{ kV} / 20 \text{ kV}$$

Generatörler :

$$X_{d''4} = j0.25 \left(\frac{20}{20} \right)^2 \frac{100}{250} = j0.1 \text{ pu}$$

$$X_{d''5} = j0.05 \left(\frac{20}{20} \right)^2 \frac{100}{50} = j0.1 \text{ pu}$$

Trafolar :

$$X_{t14} = j0.2 \left(\frac{380}{380} \right)^2 \frac{100}{200} = j0.1 \text{ pu}$$

$$X_{t25} = j0.1 \left(\frac{380}{380} \right)^2 \frac{100}{100} = j0.1 \text{ pu}$$

İletim Hattı

$$X_{12} = X_{13} = X_{23} = j72,2 \text{ ohm}$$

$$X_{BAZ} = \frac{U^2}{S} = \frac{(380 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 1444 \text{ ohm} \quad (X_{12})_{pu} = (X_{13})_{pu} = (X_{23})_{pu} = \frac{GERÇEK}{BAZ} = \frac{72,2}{1444} = j0.05 \text{ pu}$$

YÜK

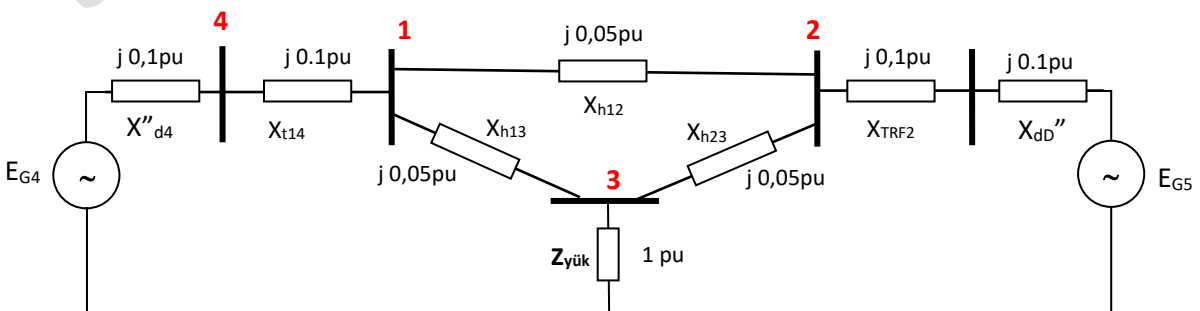
$$Z_{YÜKGERÇEK} = \frac{U_3^2}{S_{YÜK}} = \frac{(380 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 1444 \text{ Ohm}$$

$$Z_{YÜKBAZ} = \frac{U_{BAZ}^2}{S_{BAZ}} = \frac{(380 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 1444 \text{ Ohm}$$

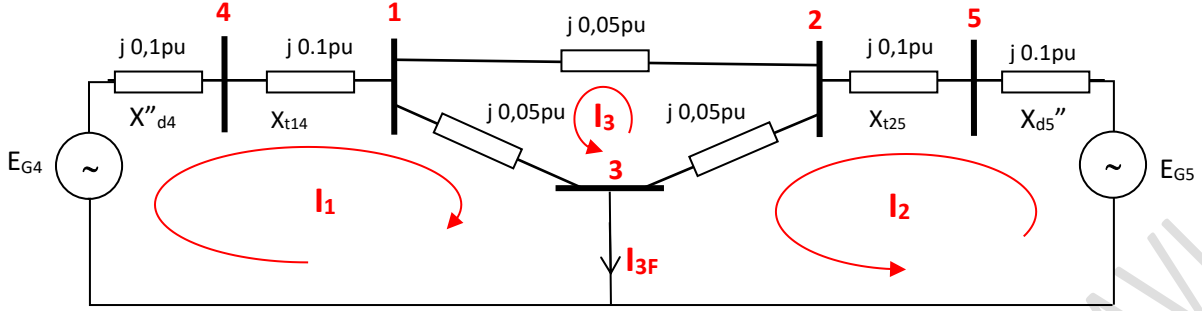
$$Z_{YÜKpu} = \frac{GERÇEK}{BAZ} = \frac{1444}{1444} = 1 \text{ pu}$$

$$Z_{YÜK} = Z_{YÜKpu} \times (\cos \theta + j \sin \theta) = 2 \times (1 + j0.0) = 1,0 \text{ pu}$$

pu empedans diyagramı aşağıdaki gibi olur.



1-b) Şekildeki iletim sisteminde 3. Barada Üç-Faz Kısa Devresi olması durumunda, arıza akımının gerçek değerlerini hesaplayınız

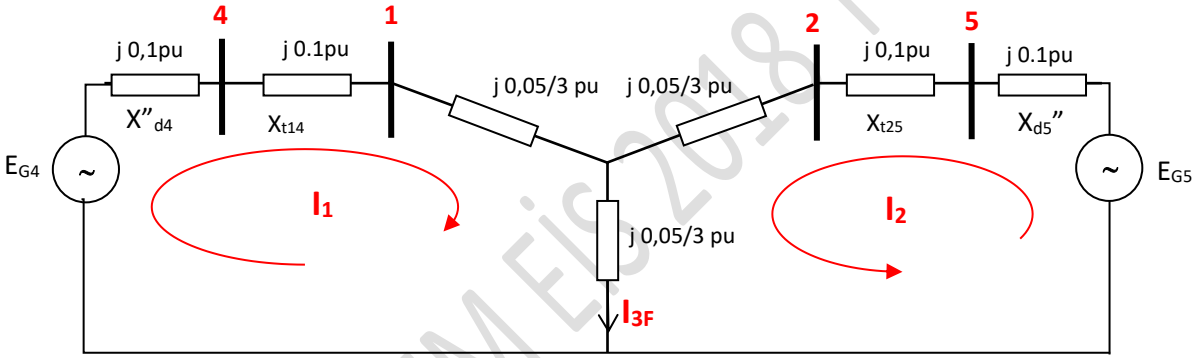


NOT : Arıza sırasında sistem YÜKSÜZ kabul edilir !

$$I_1 = I_2 = \frac{1\angle 0^\circ}{(j0.1 + j0.1 + j0.05)} = \frac{1\angle 0^\circ}{j0.25} = -j4.00 \text{ pu} \quad I_3 = 0$$

Arıza Akımı : $I_{3F} = I_1 + I_2 = -j 8.0 \text{ pu}$

Veya, yıldız / üçgen dönüşümü yapılırsa :



$$E_{G4} = 1\angle 0^\circ = (j0.1 + j0.1 + \frac{j0.05}{3} + \frac{j0.05}{3}) \cdot I_1 + (\frac{j0.05}{3}) \cdot I_2$$

$$E_{G5} = 1\angle 0^\circ = (\frac{j0.05}{3}) \cdot I_1 + (j0.1 + j0.1 + \frac{j0.05}{3} + \frac{j0.05}{3}) \cdot I_2$$

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.7}{3} I_1 + j \frac{0.05}{3} I_2$$

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.05}{3} I_1 + j \frac{0.7}{3} I_2$$

$$I_1 = I_2 = \frac{1}{j0.25} = -j4.00 \text{ pu}$$

Arıza Akımı : $I_{3F} = I_1 + I_2 = -j 8.0 \text{ pu}$

$$I_{BAZ} = \frac{S_{BAZ}}{\sqrt{3} \cdot U_{BAZ}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 10^3} = 151,93 \text{ A}$$

Devre simetrik olduğundan $I_1 = I_2$ olup, çözüm:

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.7}{3} I_1 + j \frac{0.05}{3} I_1 = j \frac{0.75}{3} I_1 = j0.25 I_1 \quad \text{veya;}$$

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.05}{3} I_2 + j \frac{0.7}{3} I_2 = j \frac{0.75}{3} I_2 = j0.25 I_2$$

$$I_{3F} = (151,93 \text{ A}) \times (-j 8.0 \text{ pu}) = -j 1215,47 \text{ A} \quad (\text{Arıza akımının gerçek değeri})$$

1-c) b şıkkındaki 3. Barada Üç-Faz Kısa Devresi durumunda, her bir generatörden akacak arıza akımının gerçek değerlerini hesaplayınız

4.baraya bağlı generatör arıza akımının $I_1 = -j 4.0$ pu lik kısmını,

5.baraya bağlı generatör arıza akımının $I_2 = -j 4.0$ pu lik kısmını karşılar.

$$\text{Generatör gerilimleri } 20 \text{ kV olduğu için baz akım : } I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 2887 \text{ A}$$

$$I_1 = I_2 = (2887 \text{ A}) \cdot (-j 4.00 \text{ pu}) = -j 11548 \text{ A} \quad |I_1| = |I_2| = 11548 \text{ A} = 11,548 \text{ kA}$$

1-d) $U_1=U_2=380 \text{ kV}$ iken, 1 barasından 2 barasına taşınan üç fazlı güç 210 MW ise, taşınabilecek "Maksimum Aktif Gücü" ve " δ yük açısını" hesaplayınız.

$$P_{12} = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_{12}} \sin \delta = 3x \frac{V_1 \cdot V_2}{X_{12}} \sin \delta \quad V_1 = V_2 = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ kV}$$

$$P_{12MAX} = 3x \frac{220 \text{ kV} \cdot 220 \text{ kV}}{72,2} = 3x 670,36 = 2011,08 \text{ MW}$$

$$210 = 3x \frac{220 \cdot 220}{72,2} \sin \delta \quad \sin \delta = 0.1044$$

$$\delta = 6^\circ$$

1-e) Yalnızca iletim hatları göz önüne alınarak 1-2-3 baralarından oluşan $[Y_{BARA}]_{3 \times 3}$ matrisini kurunuz (per unit (pu) değerleri kullanabilirsiniz.)

$$x_{12} = x_{13} = x_{23} = j0.05 \text{ pu}$$

$$y_{12} = \frac{1}{x_{12}} = \frac{1}{j0,05} = -j20 \text{ pu}$$

$$y_{13} = y_{23} = -j20 \text{ pu}$$

$$[Y_{BARA}] = -j \begin{bmatrix} 40 & -20 & -20 \\ -20 & 40 & -20 \\ -20 & -20 & 40 \end{bmatrix} \text{ pu}$$

Veya

$$x_{12} = x_{13} = x_{23} = j72,2 \text{ Ohm}$$

$$y_{12} = \frac{1}{x_{12}} = \frac{1}{j72,2} = -j0,0014 \text{ 1/Ohm}$$

$$y_{13} = y_{23} = -j0,0014 \left(\frac{1}{\text{Ohm}} \right)$$

$$[Y_{BARA}] = -j \begin{bmatrix} 0,0028 & -0,0014 & -0,0014 \\ -0,0014 & 0,0028 & -0,0014 \\ -0,0014 & -0,0014 & 0,0028 \end{bmatrix} \text{ (1/ Ohm)}$$

1-f) Şekildeki sistemde **Yük Akışı** analizi açısından **3., 4., 5. Baraların**; bara tiplerini, bilinen ve bulunması istenen elektriksel büyüklüklerini Tablo halinde özetleyiniz.

Bara No	Bara Tipi	Bilinenler "Kontrol değişkenleri"	İstenenler "Durum değişkenleri"
3	Yük Barası (PQ Bara)	P_3, Q_3	$ V_3 , \delta_3$
4	Üretim Barası (PV Bara)	$P_4, V_4 $ $Q_{4min} \leq Q_4 \leq Q_{4max}$	Q_4, δ_4
5	Salınım Barası	$ V_5 , \delta_5$	P_5, Q_5

Hatbaşı gerilimi $V_S=230\angle 0^\circ$ kV (Faz-Nötr), Hat Sabitleri $A=D=0.95$, $B=j100$ Ohm, $C=j0.001$ (1/Ohm) olan bir iletim hattının;

2-a) Hatbaşı akımı $I_S=400\angle 11,5^\circ$ Amper iken, Hat sonu gerilimini V_R , hat sonu akımını I_R ve hat sonundan çekilen gücü S_R hesaplayınız.

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$$V_S = A \cdot V_R + B \cdot I_R$$

$$230000 = 0.95V_R + j100I_R$$

$$I_S = C \cdot V_R + D \cdot I_R$$

$$400\angle 11,5^\circ = j0.001V_R + 0.95I_R$$

iki bilinmeyenli iki denklemden V_R ve I_R hesap edilir.

Veya

$$\begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \frac{1}{|A.D - B.C|} \begin{bmatrix} D & -B \\ -C & A \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix}$$

$$|A.D - B.C| = 1 \quad \text{ve} \quad D = A \quad \text{olduğundan};$$

$$\begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & -B \\ -C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix}$$

$$V_R = A \cdot V_S - B \cdot I_S$$

$$V_R = 0.95 \times 230000 - j100 \times 400\angle 11,5^\circ$$

$$I_R = -C \cdot V_S + D \cdot I_S$$

$$I_R = -j0.001 \times 230000 + 0.95 \times 400\angle 11,5^\circ$$

$$V_R = 226460 - j39200 \text{ V} = 229830\angle -9,8^\circ \text{ V} = 229,830\angle -9,8^\circ \text{ kV}$$

$$I_R = 372,4 - j154,4 \text{ A} = 403,1\angle -22,5^\circ \text{ A} = 0,403\angle -22,5^\circ \text{ kA}$$

$$S_R = V_R I_R^* = (226,46 - j39,2 \text{ kV}) \cdot (0,372 + j0,154 \text{ kA}) = 90,16 + j18,31 \text{ MVA}$$

3 Fazlı Güç:

$$S_{R3\phi} = 3 \cdot S_{R3\phi} = 3 \cdot (90,39 + j20,36) = 271,16 + j61,09 \text{ MVA}$$

2-b) Hat sonuna bir yük bağlı değil iken, hat sonu gerilimini V_R ve hat başı akımını I_S hesaplayınız .

$$V_S = A.V_R + B.I_R$$

$$I_S = C.V_R + D.I_R$$

Hat sonu boşa ise $I_R=0$ A olur. Bu durumda

$$V_S = A.V_R \quad 230 = 0,95xV_R \quad V_R = \frac{230}{0,95} = 242,11 \text{ kV}$$

$$I_S = C.V_R \quad I_S = j0.001x242,11 \quad I_S = j0.2421 \text{ kA}$$

(Önemli Not; Hat boşa olduğu için I_S hesaplanırken **2-a** şıkkındaki $V_R=229,83$ KV değil **2-b** de hesaplanan $V_R=242,11$ kV alınmalıdır !

$$[V_{012}] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 220 \end{bmatrix} \text{ kV}, [I_{012}] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 10 \end{bmatrix} \text{ A}$$

3-a) Gerilim ve akımın FAZ BİLESENLERİNİ hesaplayınız.

$$\begin{bmatrix} V_R \\ V_S \\ V_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 220 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 220 \\ a^3 \cdot 220 \\ a^4 \cdot 220 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 220 \\ 220 \\ a \cdot 220 \end{bmatrix} \text{ kV}$$

$$\begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 10 \\ a^3 \cdot 10 \\ a^4 \cdot 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 10 \\ 10 \\ a \cdot 10 \end{bmatrix} \text{ A}$$

$$a^3 = 1 \quad a^4 = a$$

3-b) FAZ BİLEŞENLERİ yardımıyla çekilen gücü hesaplayınız.

$$S_{3\Phi} = [V_{RST}]^T \cdot [I_{RST}]^*$$

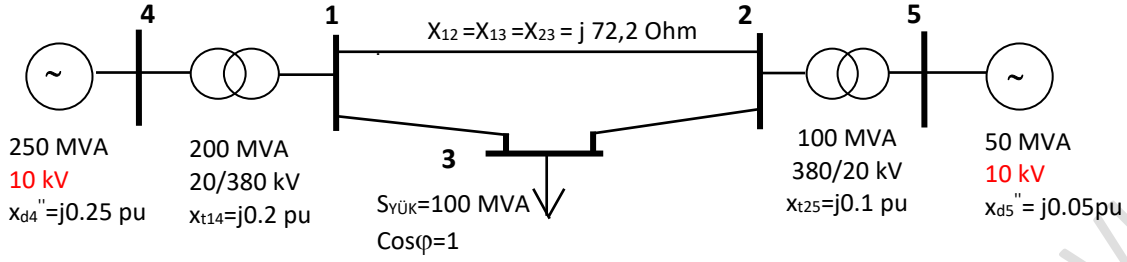
$$S_{3\Phi} = \begin{bmatrix} V_R \\ V_S \\ V_T \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix}^* = [V_R \quad V_S \quad V_T] \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix}^*$$

$$(a^2)^* = a, \quad a^* = a^2$$

$$S_{3\Phi} = [a^2 \cdot 220 \quad 220 \quad a \cdot 220] \cdot \begin{bmatrix} a^2 \cdot 10 \\ 10 \\ a \cdot 10 \end{bmatrix}^* = [a^2 \cdot 220 \quad 220 \quad a \cdot 220] \cdot \begin{bmatrix} a \cdot 10 \\ 10 \\ a^2 \cdot 10 \end{bmatrix}$$

$$S_{3\Phi} = a^2 \cdot 220 \cdot a \cdot 10 + 220 \cdot 10 + a \cdot 220 \cdot a^2 \cdot 10 = a^3 \cdot 2200 + a^3 \cdot 2200 + a^3 \cdot 2200$$

$$S_{3\Phi} = 6600 \text{ kVA}$$



1-a) Şekildeki iletim sisteminin 100 MVA, 380 kV BAZ değerlerine göre per-unit empedans diyagramını çiziniz. (10 Puan)

$$S_{BAZ}=100 \text{ MVA} \quad U_{BAZ}= 20 \text{ kV} / 380 \text{ kV} / 20 \text{ kV}$$

Generatörler :

$$X_{d''4} = j0.25 \left(\frac{10}{20} \right)^2 \frac{100}{250} = j0.025 \text{ pu}$$

$$X_{d''5} = j0.05 \left(\frac{10}{20} \right)^2 \frac{100}{50} = j0.025 \text{ pu}$$

Trafolar :

$$X_{t14} = j0.2 \left(\frac{380}{380} \right)^2 \frac{100}{200} = j0.1 \text{ pu}$$

$$X_{t25} = j0.1 \left(\frac{380}{380} \right)^2 \frac{100}{100} = j0.1 \text{ pu}$$

İletim Hattı

$$X_{12} = X_{13} = X_{23} = j72,2 \text{ ohm}$$

$$X_{BAZ} = \frac{U^2}{S} = \frac{(380 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 1444 \text{ ohm} \quad (X_{12})_{pu} = (X_{13})_{pu} = (X_{23})_{pu} = \frac{GERÇEK}{BAZ} = \frac{72,2}{1444} = j0.05 \text{ pu}$$

YÜK

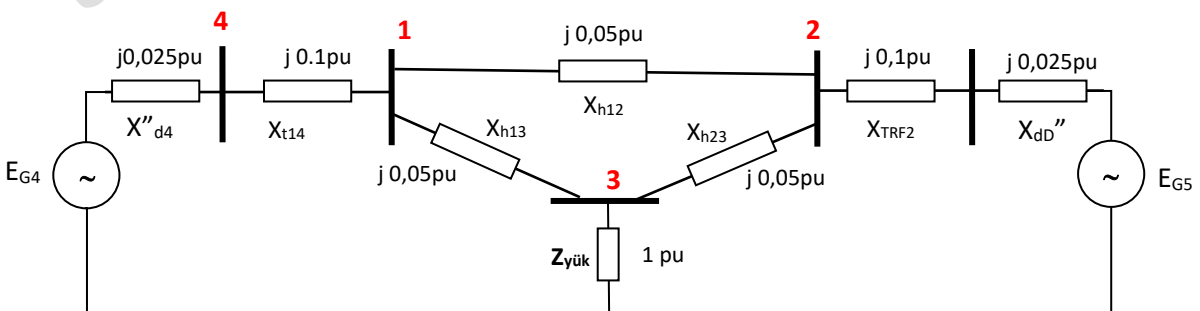
$$Z_{YÜKGERÇEK} = \frac{U_3^2}{S_{YÜK}} = \frac{(380 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 1444 \text{ Ohm}$$

$$Z_{YÜKBAZ} = \frac{U_{BAZ}^2}{S_{BAZ}} = \frac{(380 \text{ kV})^2}{100 \text{ MVA}} = 1444 \text{ Ohm}$$

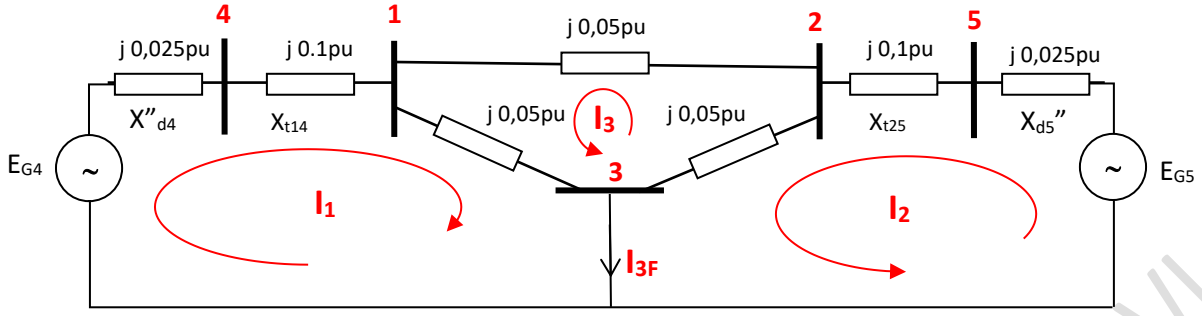
$$Z_{YÜKpu} = \frac{GERÇEK}{BAZ} = \frac{1444}{1444} = 1 \text{ pu}$$

$$Z_{YÜK} = Z_{YÜKpu} \times (\cos \theta + j \sin \theta) = 2 \times (1 + j0.0) = 1,0 \text{ pu}$$

pu empedans diyagramı aşağıdaki gibi olur.



1-b) Şekildeki iletim sisteminde 3. Barada Üç-Faz Kısa Devresi olması durumunda, arıza akımının gerçek değerlerini hesaplayınız

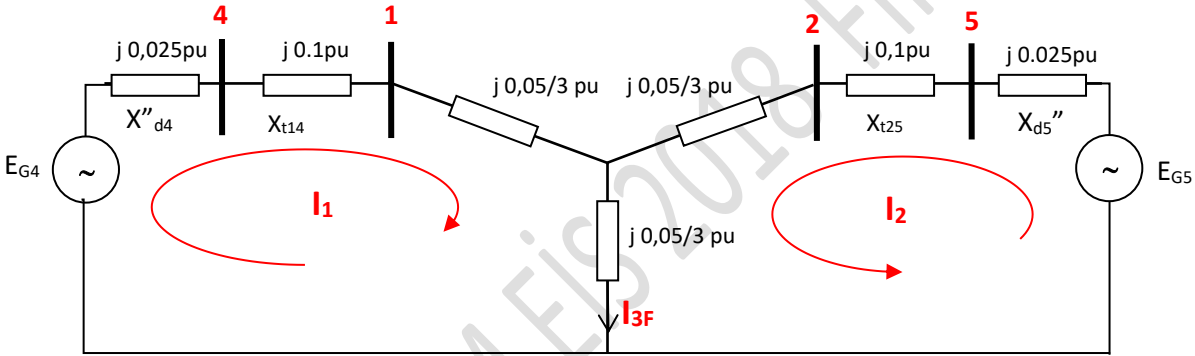


NOT : Arıza sırasında sistem YÜKSÜZ kabul edilir !

$$I_1 = I_2 = \frac{1\angle 0^\circ}{(j0.025 + j0.1 + j0.05)} = \frac{1\angle 0^\circ}{j0.175} = -j5.714 \text{ pu} \quad I_3 = 0$$

Arıza Akımı : $I_{3F} = I_1 + I_2 = -j 11,428 \text{ pu}$

Veya, yıldız / üçgen dönüşümü yapılırsa :



$$E_{G4} = 1\angle 0^\circ = (j0.025 + j0.1 + \frac{j0.05}{3} + \frac{j0.05}{3}) \cdot I_1 + (\frac{j0.05}{3}) \cdot I_2$$

$$E_{G5} = 1\angle 0^\circ = (\frac{j0.05}{3}) \cdot I_1 + (j0.025 + j0.1 + \frac{j0.05}{3} + \frac{j0.05}{3}) \cdot I_2$$

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.475}{3} I_1 + j \frac{0.05}{3} I_2$$

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.05}{3} I_1 + j \frac{0.475}{3} I_2$$

$$I_1 = I_2 = \frac{1}{j0.175} = -j5.714 \text{ pu}$$

Devre simetrik olduğundan $I_1 = I_2$ olup, çözüm:

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.475}{3} I_1 + j \frac{0.05}{3} I_1 = j \frac{0.525}{3} I_1 = j0.175 I_1 \quad \text{veya;}$$

$$1\angle 0^\circ = j \frac{0.475}{3} I_2 + j \frac{0.05}{3} I_2 = j \frac{0.525}{3} I_2 = j0.175 I_2$$

Arıza Akımı : $I_{3F} = I_1 + I_2 = -j 11,428 \text{ pu}$

$$I_{BAZ} = \frac{S_{BAZ}}{\sqrt{3} \cdot U_{BAZ}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 10^3} = 151,93 \text{ A}$$

$I_{3F} = (151,93 \text{ A}) \times (-j 11.428 \text{ pu}) = -j 1736,256 \text{ A}$ (Arıza akımının gerçek değeri)

1-c) b şıkkındaki 3. Barada Üç-Faz Kısa Devresi durumunda, her bir generatörden akacak arıza akımının gerçek değerlerini hesaplayınız

4.baraya bağlı generatör arıza akımının $I_1 = -j 5,714$ pu lik kısmını,

5.baraya bağlı generatör arıza akımının $I_2 = -j 5,714$ pu lik kısmını karşılar.

$$\text{Generatör gerilimleri } 20 \text{ kV olduğu için baz akım : } I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 2887 \text{ A}$$

$$I_1 = I_2 = (2887 \text{ A}) \cdot (-j5.714 \text{ pu}) = -j16496 \text{ A} \quad |I_1| = |I_2| = 16496 \text{ A} = 16,496 \text{ kA}$$

1-d) $U_1=U_2=380$ kV iken, 1 barasından 2 barasına taşınan üç fazlı güç 210 MW ise, taşınabilecek "Maksimum Aktif Gücü" ve " δ yük açısını" hesaplayınız.

$$P_{12} = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_{12}} \sin \delta = 3x \frac{V_1 \cdot V_2}{X_{12}} \sin \delta \quad V_1 = V_2 = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

$$P_{12MAX} = 3x \frac{220 \text{ kV} \cdot 220 \text{ kV}}{72,2} = 3x670,36 = 2011,08 \text{ MW}$$

$$210 = 3x \frac{220 \cdot 220}{72,2} \sin \delta \quad \sin \delta = 0.1044$$

$$\delta = 6^\circ$$

1-e) Yalnızca iletim hatları göz önüne alınarak 1-2-3 baralarından oluşan $[Y_{BARA}]_{3 \times 3}$ matrisini kurunuz (per unit (pu) değerleri kullanabilirsiniz.)

$$x_{12} = x_{13} = x_{23} = j0.05 \text{ pu}$$

$$y_{12} = \frac{1}{x_{12}} = \frac{1}{j0,05} = -j20 \text{ pu}$$

$$y_{13} = y_{23} = -j20 \text{ pu}$$

$$[Y_{BARA}] = -j \begin{bmatrix} 40 & -20 & -20 \\ -20 & 40 & -20 \\ -20 & -20 & 40 \end{bmatrix} \text{ pu}$$

Veya

$$x_{12} = x_{13} = x_{23} = j72,2 \text{ Ohm}$$

$$y_{12} = \frac{1}{x_{12}} = \frac{1}{j72,2} = -j0,0014 \text{ 1/Ohm}$$

$$y_{13} = y_{23} = -j0,0014 \left(\frac{1}{\text{Ohm}} \right)$$

$$[Y_{BARA}] = -j \begin{bmatrix} 0,0028 & -0,0014 & -0,0014 \\ -0,0014 & 0,0028 & -0,0014 \\ -0,0014 & -0,0014 & 0,0028 \end{bmatrix} \text{ (1/ Ohm)}$$

1-f) Şekildeki sistemde **Yük Akışı** analizi açısından **3., 4., 5. Baraların**; bara tiplerini, bilinen ve bulunması istenen elektriksel büyüklüklerini Tablo halinde özetleyiniz.

Bara No	Bara Tipi	Bilinenler "Kontrol değişkenleri"	İstenenler "Durum değişkenleri"
3	Yük Barası (PQ Bara)	P_3, Q_3	$ V_3 , \delta_3$
4	Üretim Barası (PV Bara)	$P_4, V_4 $ $Q_{4min} \leq Q_4 \leq Q_{4max}$	Q_4, δ_4
5	Salınım Barası	$ V_5 , \delta_5$	P_5, Q_5

Hatbaşı gerilimi $V_S=220\angle 0^\circ$ kV (Faz-Nötr), Hat Sabitleri $A=D=0.95$, $B=j100$ Ohm, $C=j0.001$ (1/Ohm) olan bir iletim hattının;

2-a) Hatbaşı akımı $I_S=400\angle 11,5^\circ$ Amper iken, Hat sonu gerilimini V_R , hat sonu akımını I_R ve hat sonundan çekilen gücü S_R hesaplayınız.

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$$V_S = A \cdot V_R + B \cdot I_R$$

$$220000 = 0.95V_R + j100I_R$$

$$I_S = C \cdot V_R + D \cdot I_R$$

$$400\angle 11,5^\circ = j0.001V_R + 0.95I_R$$

iki bilinmeyenli iki denklemden V_R ve I_R hesap edilir.

Veya

$$\begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \frac{1}{|A \cdot D - B \cdot C|} \begin{bmatrix} D & -B \\ -C & A \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix}$$

$$|A \cdot D - B \cdot C| = 1 \quad \text{ve} \quad D = A \quad \text{olduğundan};$$

$$\begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & -B \\ -C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix}$$

$$V_R = A \cdot V_S - B \cdot I_S$$

$$V_R = 0.95 \times 220000 - j100 \times 400\angle 11,5^\circ$$

$$I_R = -C \cdot V_S + D \cdot I_S$$

$$I_R = -j0.001 \times 220000 + 0.95 \times 400\angle 11,5^\circ$$

$$V_R = 216960 - j39200 \text{ V} = 220472\angle -10,24^\circ \text{ V} = 220,472\angle -9,8^\circ \text{ kV}$$

$$I_R = 372,4 - j144,4 \text{ A} = 399,4\angle -21,1915^\circ \text{ A} = 0,3994\angle -21,1915^\circ \text{ kA}$$

$$S_R = V_R I_R^* = (216,96 - j39,2 \text{ kV}) \cdot (0,372 + j0,144 \text{ kA}) = 86,45 + j16,72 \text{ MVA}$$

3 Fazlı Güç:

$$S_{R3\phi} = 3 \cdot S_{R3\phi} = 3 \cdot (86,45 + j16,72) = 259,37 + j50,18 \text{ MVA}$$

2-b) Hat sonuna bir yük bağlı değil iken, hat sonu gerilimini V_R ve hat başı akımını I_S hesaplayınız .

$$V_S = A.V_R + B.I_R$$
$$I_S = C.V_R + D.I_R$$

Hat sonu boşta ise $I_R=0$ A olur. Bu durumda

$$V_S = A.V_R \quad 220 = 0,95xV_R \quad V_R = \frac{230}{0,95} = 231,578 \text{ kV}$$

$$I_S = C.V_R \quad I_S = j0.001x231,578 \quad I_S = j0.2315 \text{ kA}$$

(Önemli Not; Hat boşta olduğu için I_S hesaplanırken **2-a** şıkkındaki $V_R= 220,47$ KV değil **2-b** de hesaplanan $V_R=231,578$ kV alınmalıdır !

$$[V_{012}] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 220 \end{bmatrix} \text{ kV}, \quad [I_{012}] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 10 \end{bmatrix} \text{ A}$$

3-a) Gerilim ve akımın FAZ BİLESENLERİNİ hesaplayınız.

$$\begin{bmatrix} V_R \\ V_S \\ V_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 110 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 110 \\ a^3 \cdot 110 \\ a^4 \cdot 110 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 110 \\ 110 \\ a \cdot 110 \end{bmatrix} \text{ kV}$$

$$\begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a^2 \cdot 20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^2 \cdot 20 \\ 20 \\ a \cdot 20 \end{bmatrix} \text{ A}$$

$$a^3 = 1 \quad a^4 = a$$

3-b) FAZ BİLEŞENLERİ yardımıyla çekilen gücü hesaplayınız.

$$S_{3\Phi} = [V_{RST}]^T \cdot [I_{RST}]^*$$

$$S_{3\Phi} = \begin{bmatrix} V_R \\ V_S \\ V_T \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix}^* = [V_R \quad V_S \quad V_T] \cdot \begin{bmatrix} I_R \\ I_S \\ I_T \end{bmatrix}^*$$

$$(a^2)^* = a, \quad a^* = a^2$$

$$S_{3\Phi} = [a^2 \cdot 110 \quad 110 \quad a \cdot 110] \cdot \begin{bmatrix} a^2 \cdot 20 \\ 20 \\ a \cdot 20 \end{bmatrix}^* = [a^2 \cdot 110 \quad 110 \quad a \cdot 110] \cdot \begin{bmatrix} a \cdot 20 \\ 20 \\ a^2 \cdot 20 \end{bmatrix}$$

$$S_{3\Phi} = a^2 \cdot 220 \cdot a \cdot 10 + 220 \cdot 10 + a \cdot 220 \cdot a^2 \cdot 10 = a^3 \cdot 2200 + a^3 \cdot 2200 + a^3 \cdot 2200$$

$$S_{3\Phi} = 6600 \text{ kVA}$$