

Arıza Anı

→ ic EMK

→ ic Reaktans

→ Arıza yeri

→ Şebeke Empedansı

Senkron Makinalarda Simetrik Üç Fazlı Arızalar

Bir güç sisteminde arıza meydana geldiğinde, akan akım, sistemdeki makinaların iç e.m.k'leri, bu makinaların empedansları ve arıza yeri ile makinalar arasındaki şebekenin empedansı dikkate alınarak bulunur. Arıza esnasında makinalarda üretilen gerilim endüvi reaksiyonu dolayısıyla değişir. Makinaların reaktanslarında başlangıç değerlerini muhafaza edemez. Bu nedenle, arıza meydana geldiği ilk anda ve bunu talep eden anlarda arıza akımı aynı değerde kalmayıp, çok büyük bir başlangıç değerinden daha küçük sürekli bir değere doğru değişik değerler alır. Arıza akımının aldığı bu değerlerin bilinmesi güç sistemlerinin tesisi, işletilmesi ve güvenirliliği yönünden önemlidir.

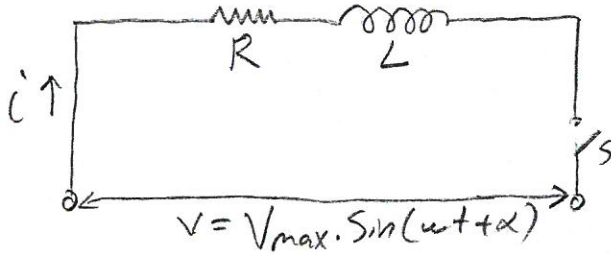
* İncelememize bir RL devresine a.c gerilimi uygulanması halinde elde edilen sonuçları değerlendirerek başlayabiliriz.

Kısa Devre Olan Senkron Generatörün İncelenmesi:

Önce bir RL devresi görünümüne bakalım. Ve devreye $t=0$ anında $v = V_{max} \sin(\omega t + \alpha)$ gerilimi uygulanırsa gerilimin değeri α 'ya bağlı olarak değişir.

$$\text{an gerilim} \Rightarrow v = V_{max} \sin(\omega t + \alpha)$$

Gerilim değeri α ile değişir.



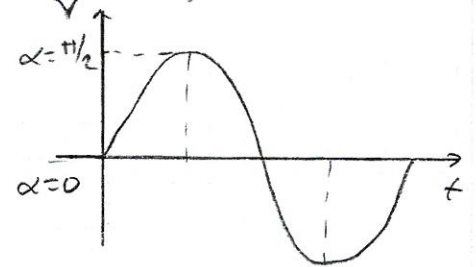
Bu devrenin diferansiyel denklemi;

(Salter kapatıldığında gerilimin anı değeri 0 ve
 * pozitif yönde artıyorsa)

Bu devreye ait av gerilim,

$$V_{max} \cdot \sin(\omega t + \alpha) = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

dir. Bu denklemin görünümü ise;



$$* i = \frac{V_{max}}{|Z|} \cdot \left[\underbrace{\sin(\omega t + \alpha - \theta)}_{\text{I. Terim}} - \underbrace{e^{-\frac{R}{L}t} \cdot \sin(\alpha - \theta)}_{\text{II. Terim}} \right]$$

AC Bileşen ($\omega \rightarrow$ periyodik) Zaman sabiti
 DC bileşen

Burada :

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad \text{ve} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

I. Terim: a.c bileşen olarak adlandırılır. Sinü'soidal
Zamana bağlı olarak değişir.

II. Terim: Periyodik değildir. R/L zaman sabitine
bağlı olarak değişir. Ve d.c bileşen olarak
adlandırılır.

$t=0$ anında i 'nin I. terimi sıfır değilse görümlde

II. terimde bulunur.

* Özel durumları analiz edelim

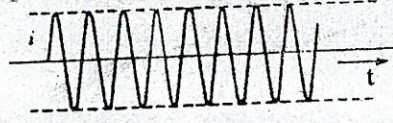
Gerilim Dalgası :

1) $\alpha - \theta = 0$ veya $\alpha - \theta = \pi$ noktasında iken salter
kapatılırsa; $\alpha = \theta$ veya $\alpha = \pi + \theta$

Bu şartlarda $\Rightarrow i = \frac{V_{max}}{|Z|} \left[\sin(\omega t + \theta - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \sin(\pi + \theta - \theta) \right]$

$$i = \frac{V_{max}}{|Z|} \left[\sin \omega t - e^{-\frac{R}{L}t} \sin \pi \right]$$

olur. d.c bileşen ortadan kalkar. Bu durumda akımın değişim eğrisi :



Şekil 4.1 $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ olarak $\alpha - \theta = 0$ için RL devresinde zamanın fonksiyonu olarak akım. $t = 0$ anında uygulanan gerilim $V_{max} \sin(\omega t + \alpha)$ dir.

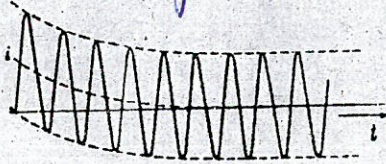
Gerilim Dalgası :

- 2) $\alpha - \theta = \pm \pi/2$ noktasında iken salter kapatılırsa;
d.c bileşen maksimum değerini alır. Bu aynı zamanda
sinüsoidal bileşenin maksimum değerine eşittir.

$$i = \frac{V_{max}}{|Z|} \cdot \left[\sin(\omega t - \pi/2) - e^{-\frac{R}{L}t} \sin(-\frac{\pi}{2}) \right]$$

Maks.

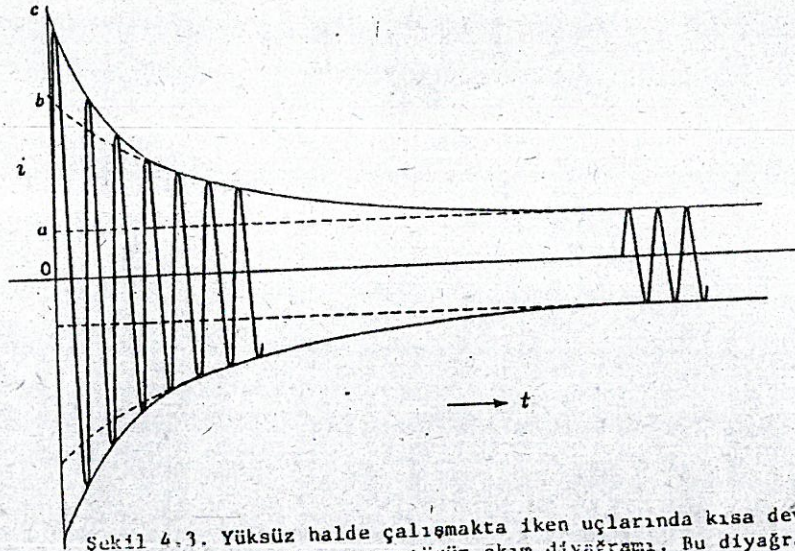
Bu durumda akım değeri,



Şekil 4.2. $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ olarak $\alpha - \theta = -\frac{\pi}{2}$ için RL devresinde zamanın fonksiyonu olarak akım. $t = 0$ anında uygulanan gerilim $V_{max} \sin(\omega t + \alpha)$ dir.

Senkron makinenin endüvi sargılarında direnç ve reaktansı olduğundan makinede meydana gelen olay bir RL devresine a.c gerilim uygulandığında meydana gelen olaya benzer fakat şüphesiz aralarında önemli farklar vardır.

Dersimizde kullanacağımız bazı tarifleri yapabilmek için yüksüz halde çalışmakta iken uçlarında üç farklı simetrik kısa devre meydana gelen bir generatörün (d.c bileşenleri ihmal edilerek) osiloskoptan elde edilen akım diyagramını görelim.



Şekil 4.3. Yüksüz halde çalışmakta iken uçlarında kısa devre olan bir generatörün akım diyagramı. Bu diyagramda çok kısa süreli olan d.c. bileşeni gösterilmemiştir.

Senkron Generatörlerin Reaktansları ve Kısa Devre Akımları

Kısa devre akımının değişimini gösteren grafik incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

$\frac{1}{\sqrt{2}}$ uzunluğu sürekli kısa devre akımının maksimum değeridir. Bunun $0,707$ katı bu akımın efektif değeri $|I|$ dir. Yüksüz halde generatör gerilmi $|E_g|$ 'nin sürekli kısa devre akımı $|I|$ 'ya bölünmesi ile elde edilen değer alternatörün senkron reaktansı veya d eksenli reaktansı X_d olarak adlandırılır. (Burada küçük olan armatür direnci ihmal edilmiştir.)

$$I_{ef} = I_{max} / \sqrt{2}$$

Kısa devre akımının değişim grafiğinde azalmanın çok hızlı olduğu ilk birkaç periyod ihmal edilebilir ve akım dalgasının zarf eğrisi geriye doğru uzatılırsa, şekildedeki b noktası bulunur. İşte bu $\overline{Ob}$ uzunluğu ile gösterilen akım efektif değeri veya amper cinsinden $0,707 \overline{Ob}$ "transient akım" I' olarak bilinir. Arızadan önce yükler halde çalışan bir alternatör için yeni bir reaktans tariflensebilir. Ve buna transient reaktans veya d eksenli transient reaktansı X_d' denir. Ve değeri $\frac{|E_g|}{|I'|}$

esittir.

Azalmanın çok hızlı olduğu ilk birkaç periyod'ta dikeyte alınarak akım dalgasının zarf eğrisinin akım eksenini kestiği c noktası bulunur. Bu $\overline{Oc}$ uzunluğu ile gösterilen akım efektif değeri veya amper cinsinden $0,707 \overline{Oc}$ "Subtransient akım" I'' olarak adlandırılır. Bu akım daha çok "Başlangıç simetrik kısa devre akımının efektif değeri" olarak anılır. Bunun nedeni; arıza meydana geldikten hemen sonra akımın a.c bileşeninin efektif değeri alınarak ve d.c bileşeni ihmal edilerek elde edilmesidir. Uslarında üç farklı bir arıza meydana gelmeden önce yükler olarak çalıştırılan bir alternatör için d eksenli Subtransient reaktansı

$$X_d'' = \frac{|E_g|}{|I''|} \text{ dir.}$$

Söylediklerimizi kısaca özetlersek;

$$|I| = \frac{\overline{Oa}}{\sqrt{2}} = \frac{|E_g|}{X_d}$$

$$|I'| = \frac{\overline{Ob}}{\sqrt{2}} = \frac{|E_g|}{X_d'}$$

$$|I''| = \frac{\overline{Oc}}{\sqrt{2}} = \frac{|E_g|}{X_d''}$$

Burada;

$|I|$: Sürekli akım, efektif değer

$|I'|$: Transient akım, d.c bileşen hariç, efektif değer

$|I''|$: Subtransient akım, " " " , " "

X_d : d ekseri senkron reaktansı

X_d' : " " transient "

X_d'' : " " subtransient "

E_g : Yüksüz halde faz-nötr geriliminin efektif değeri.

* Arıza generatörün uolarında meydana gelmeyip arıza noktası ile generatör arasında dış empedanslar varsa; bu empedanslar da dikkate alınarak akımın hesaplanması gerekir.

Dış empedans Z_e veya dış ~~reaktans~~ ~~empedans~~ X_e ise:

Kısa Devre Akımları:

$$|I| = \frac{|E_g|}{X_d + X_e}$$

$$|I'| = \frac{|E_g|}{X_d' + X_e} \quad \text{ve} \quad |I''| = \frac{|E_g|}{X_d'' + X_e}$$

olarak hesaplanır.

Problem ① Etketif değeri 100V olan 60 Hz'lik ⁶⁸ bir alternatif gerilim seri bağlı bir RL devresine bir anahtar üzerinden anahtar kapatılarak uygulanıyor. Devrenin direnci 10 Ω endüktansı ise 0,1H olduğuna göre:

a- Ani gerilim değeri 50V iken anahtar kapatıldığı anda d.c. bileşenin değerini bulunuz.

b- Anahtarın kapatılmasına bağlı olarak akımın d.c. bileşeni maksimum değerini aldığı anda, gerilimin ani değeri ne olur?

c- Anahtarın kapatılmasına bağlı olarak d.c. bileşenin kalkması halinde, gerilimin ani değeri ne olur.

d- Gerilimin ani değeri sıfır olduğunda anahtar kapatılırsa, 0,5, 1,5, 5,5 periyot sonrasında ani akım bulunuz.

Çözüm:

a-

$$V = V_{max} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$t = 0 \text{ için}$$

$$50 = \sqrt{2} \cdot 100 \cdot \sin \alpha \quad \sin \alpha = 0,35$$

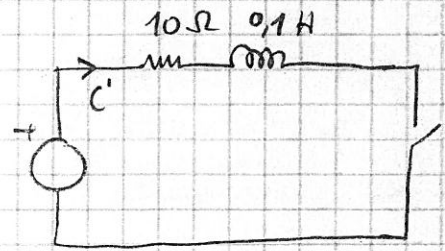
$$\alpha = 20,7^\circ \text{ veya } \alpha = 159,3^\circ$$

$$Z = R + j\omega L = 10 + j2\pi f \cdot 0,1 = 39 \angle 75,14^\circ \Omega$$

$$i = \frac{V_{max}}{Z} \cdot [\sin(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-R/L t} \sin(\alpha - \theta)]$$

$$i_{dc} = - \frac{V_{max}}{|Z|} \cdot \sin(\alpha - \theta) = - \frac{100\sqrt{2}}{39} \cdot \sin(20,7^\circ - 75,14^\circ)$$

$$i_{dc} = 2,95 \text{ A}$$



veya

69

$$i_{dc} = - \frac{100\sqrt{2}}{39} \cdot \sin(159,3^\circ - 75,14^\circ)$$

$$= -3,61 A$$

b-

$$\theta = 75,14^\circ$$

$$\alpha - \theta = \mp 90 \quad \alpha = 165,14 \text{ veya } \alpha = -14,86$$

$$V = \underbrace{100\sqrt{2}}_{V_{max}} \sin 165,14 = 36,3 V$$

veya

$$V = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(-14,86) = -36,3 V$$

c- $\alpha - \theta = 0$ veya $\alpha - \theta = 180^\circ$ olduğunda,
d.c bileşen meydana gelmez. $\theta = 75,14^\circ$
 $\alpha = 255,14$ veya $\alpha = 75,14^\circ$

$$V = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin 75,14 = 136,7 V$$

$$V = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin 255,14 = -136,7 V$$

d- Gerilimin ani değeri sıfır olduğunda $\alpha = 0$ dir.
 $0 = V_{max} \cdot \sin(\omega t + \alpha)$

$$i = \frac{V_{max}}{|Z|} \left[\sin(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-\frac{R/L \cdot t}{}} \cdot \sin(\alpha - \theta) \right]$$

$$0,5 \text{ period} = 180^\circ \text{ dir. } \omega t = 2\pi \cdot f \cdot t$$

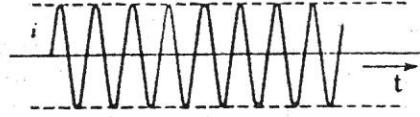
$$t = \frac{\omega t}{2\pi f} = \frac{180}{2 \cdot 180 \cdot 60} = 0,00833 \text{ sn}$$

$$t = \frac{T}{f}$$

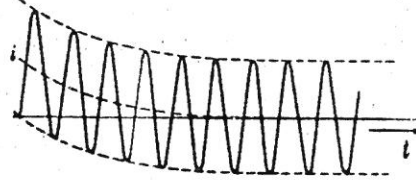
$$i = \frac{100\sqrt{2}}{39} \left[\underbrace{\sin(180^\circ - 75,14^\circ)}_{0,9665} - \underbrace{e^{-10 \cdot 0,00833}}_{0,434} \cdot \sin(-75,14^\circ) \right]$$

$$= 5,03 A$$

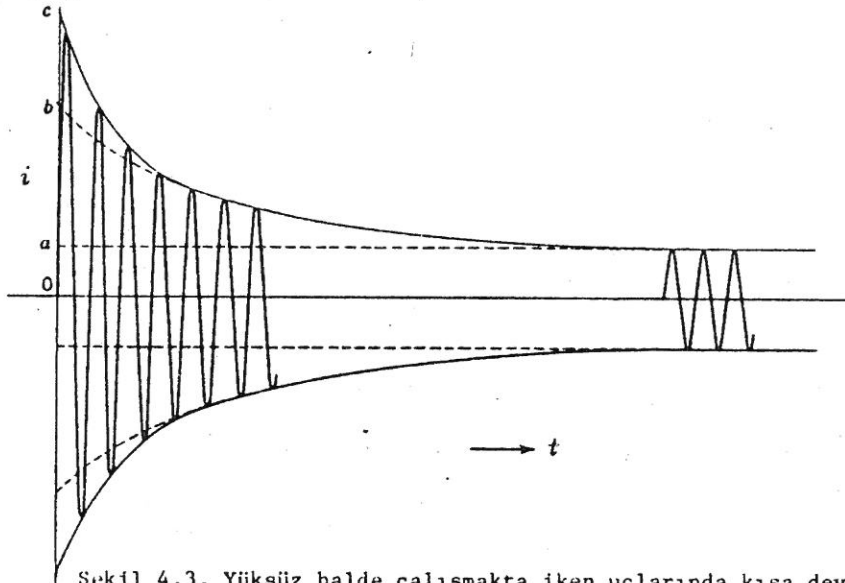
+0,42017



Şekil 4.1. $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ olarak $\alpha - \theta = 0$ için RL devresinde zamanın fonksiyonu olarak akım. $t = 0$ anında uygulanan gerilim $V_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$ dir.



Şekil 4.2. $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ olarak $\alpha - \theta = -\frac{\pi}{2}$ için RL devresinde zamanın fonksiyonu olarak akım. $t = 0$ anında uygulanan gerilim $V_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$ dir.



Şekil 4.3. Yüksüz halde çalışmakta iken uçlarında kısa devre olan bir generatörün akım diyagramı. Bu diyagramda çok kısa süreli olan d.c. bileşeni gösterilmemiştir.

Generatör 2

(2)

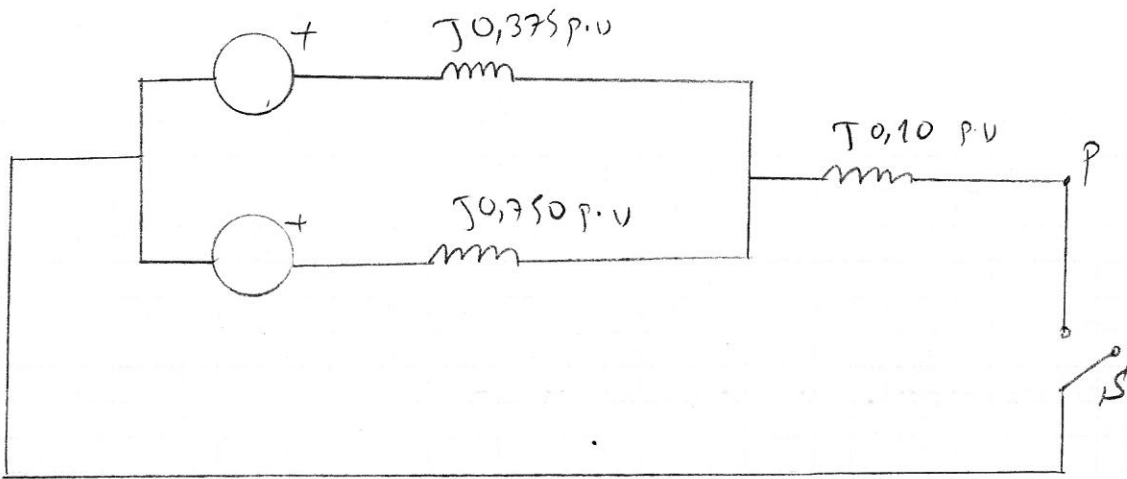
$$X_d'' = 0,25 \cdot \left(\frac{13,8}{13,8} \right)^2 \cdot \frac{75.000}{25000} = j0,750 \text{ p.u.}$$

$$E_{g2} = \frac{13,8}{13,8} = 1,0 \text{ p.u.}$$

Transformatör:

$$X = j0,10 \text{ p.u.}$$

Reaktans Diyagramı:



Generatörler arasında sirkülasyon akımı bulunmadığından, generatörlerin iç gerimleri aynı değerde ve aynı fazdadır.

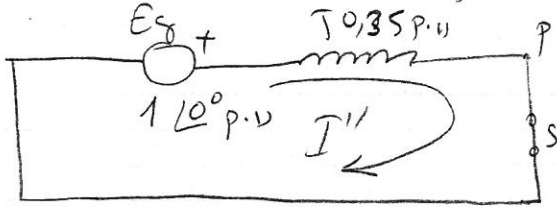
'S' anahtarı kapatıldığında ilk anda devreden geçecek subtransient akım devrenin eşdeğer reaktansına bağlı olduğundan;

$$X_{eq} = \frac{0,375 \cdot 0,750}{0,375 + 0,750} + 0,10$$

$$X_{eq} = j0,35 \text{ p.u. olur.}$$

Bu durumda eşdeğer devre :

(3)



$E_g = 1 \angle 0^\circ \text{ p.u.}$ referans seçilirse ;

$$I'' = \frac{E_g}{X_{eq}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j0,35} = -j2,8571 \text{ p.u.}$$

Transformatorün Δ tarafındaki p.u. cinsinden gerilim:

$$I'' \cdot j0,10 = (-j2,8571) \cdot (j0,10) = 0,2857 \text{ p.u.}$$

Hesaplanan Subtransient Akım 1 ve 2 Nolu
Generatör arasında aşağıdaki gibi dağıtılır.

$$I_1'' = \frac{1 - 0,2857}{j0,375} = \frac{0,7142}{j0,375} = -j1,9047 \text{ p.u.}$$

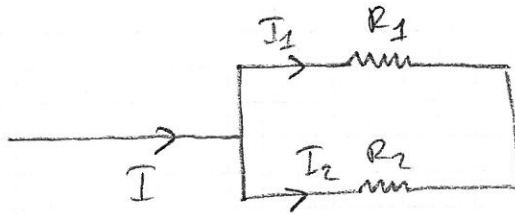
$$I_2'' = \frac{1 - 0,2857}{j0,750} = \frac{0,7142}{j0,750} = -j0,9522 \text{ p.u.}$$

Akımaların Hakiki Değerleri :

$$Baz \text{ Akım} = \frac{75000}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 3137,77 \text{ A}$$

$$I_1'' = 1,9047 \cdot 3137,77 = 5976,51 \text{ A}$$

$$I_2'' = 0,9522 \cdot 3137,77 = 2987,78 \text{ A}$$



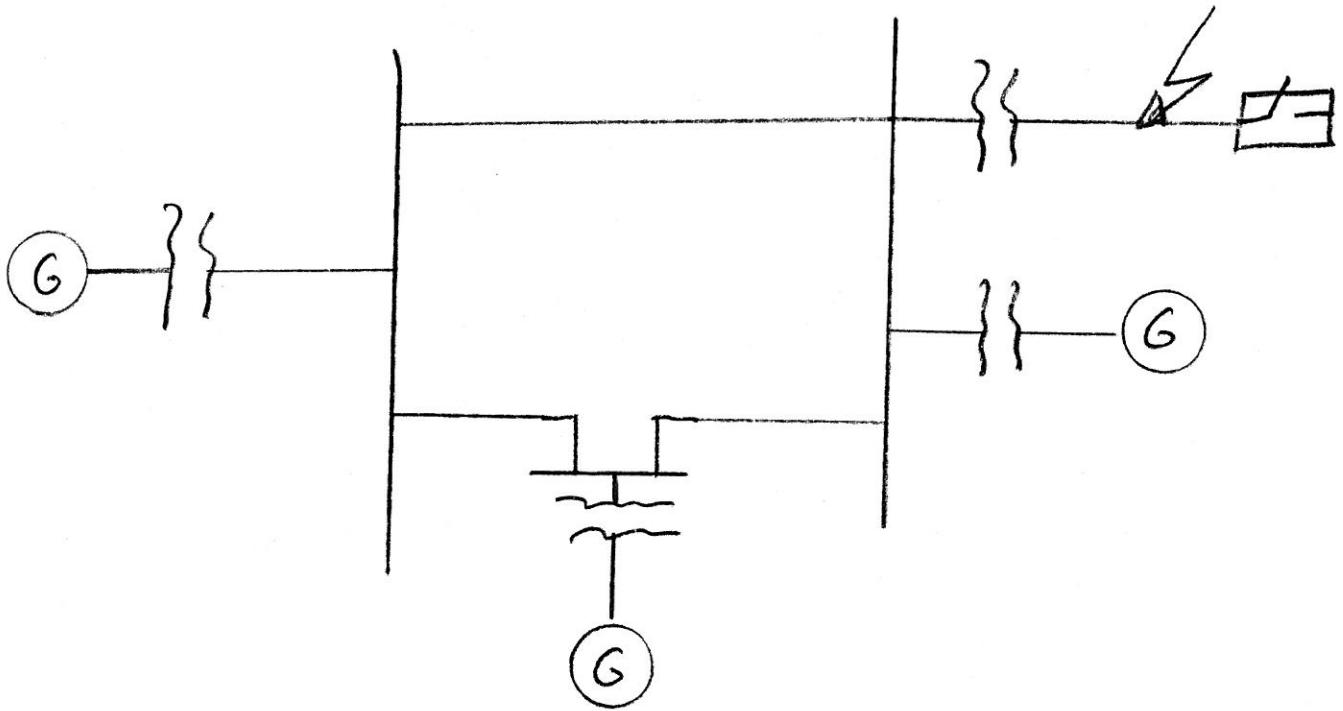
$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} ; \quad I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

schlechte buchungsdien,

$$I_1'' = I'' \cdot \frac{50,750}{51,125} = -52,8571 \cdot \frac{0,750}{1,125} = -51,9047 \text{ p.u.}$$

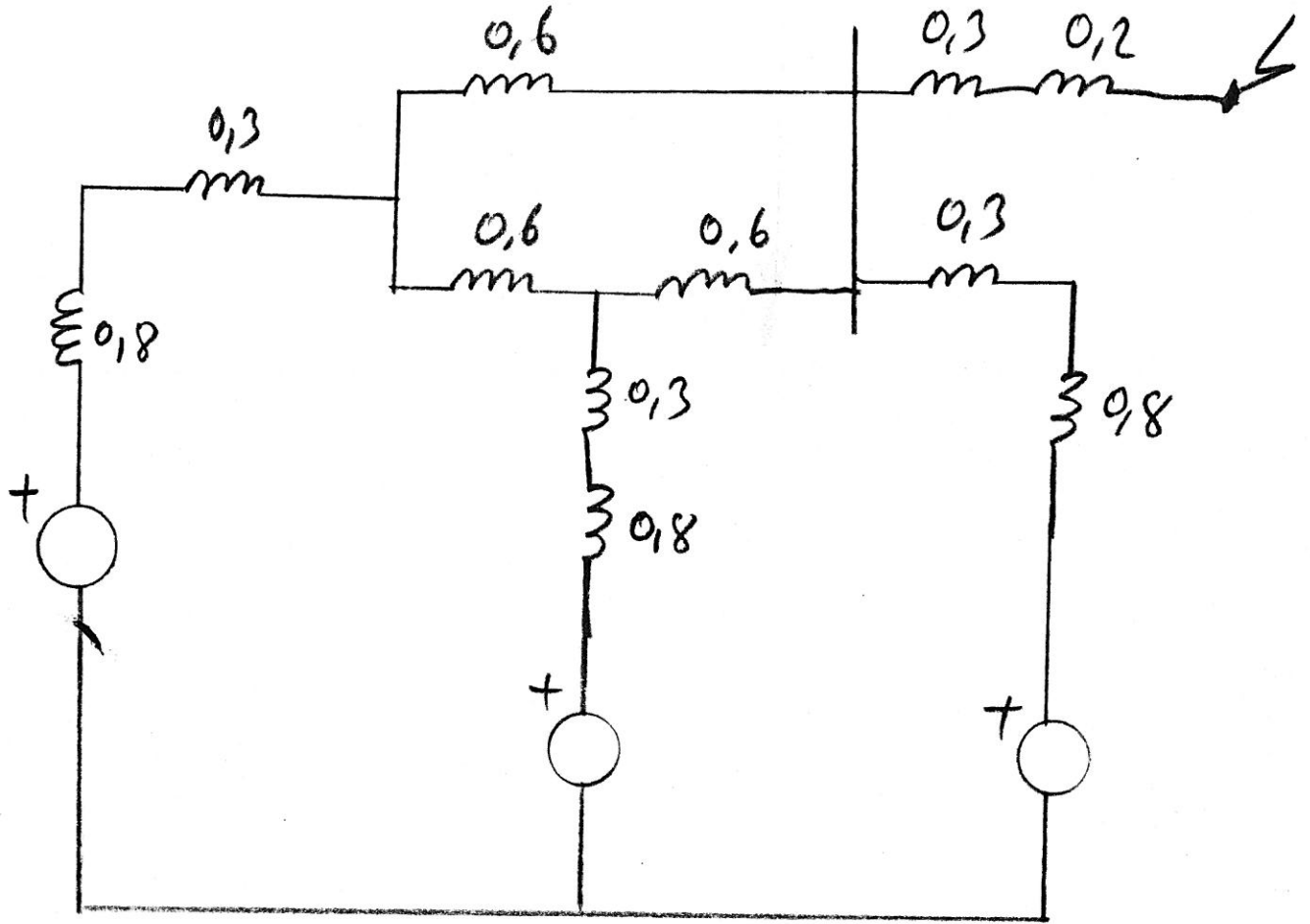
$$I_2'' = -52,8571 \cdot \frac{50,375}{51,125} = -50,9522 \text{ p.u.}$$

Problem: Şekildeki güç sisteminde generatör değerleri 100 MVA, 13.5 kV olup reaktansı 0,8 p.u'dur. Transformatörler için de 13.5/154 kV, 100 MVA ve reaktansları 0,3 p.u değerleri bilinmemektedir. Bransmen hattının reaktansı 0,2 p.u, diğer hatların ise 0,6 p.u olarak verilmiştir. Bransmen hattının sonunda Kısa devre gücünü bulunur. (Reaktans değerleri: 100 MVA ve 154 kV bar değerleri için verilmiştir.)



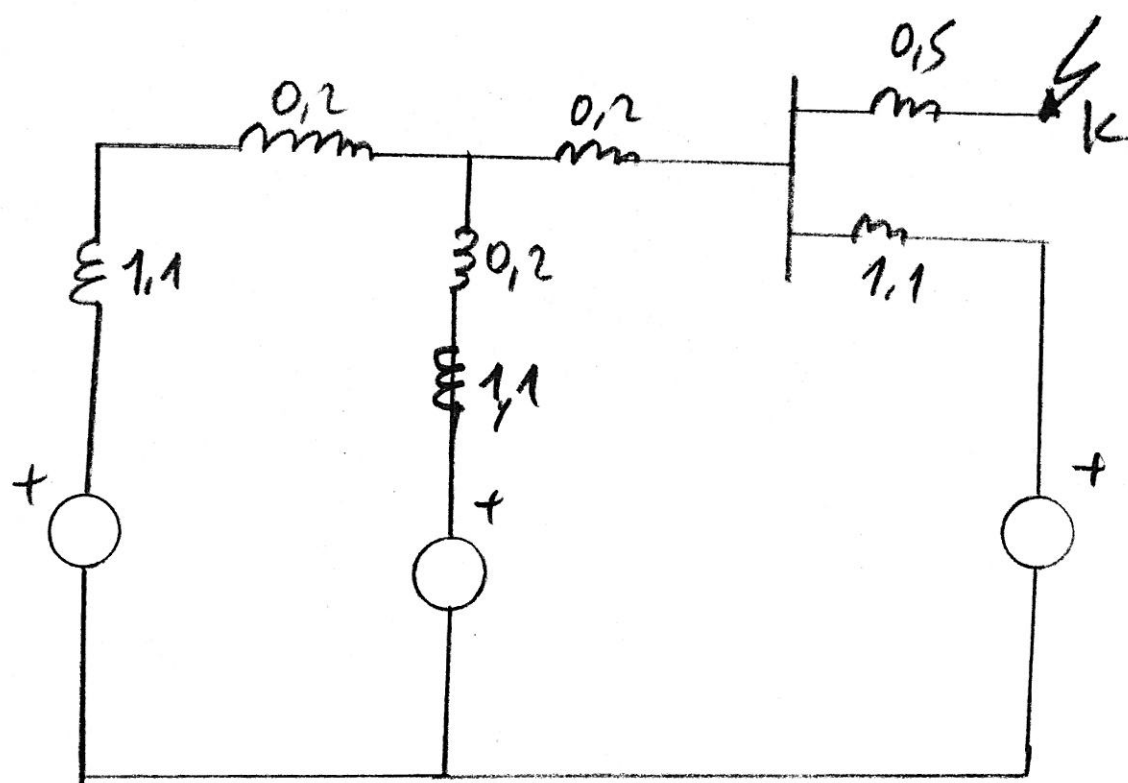
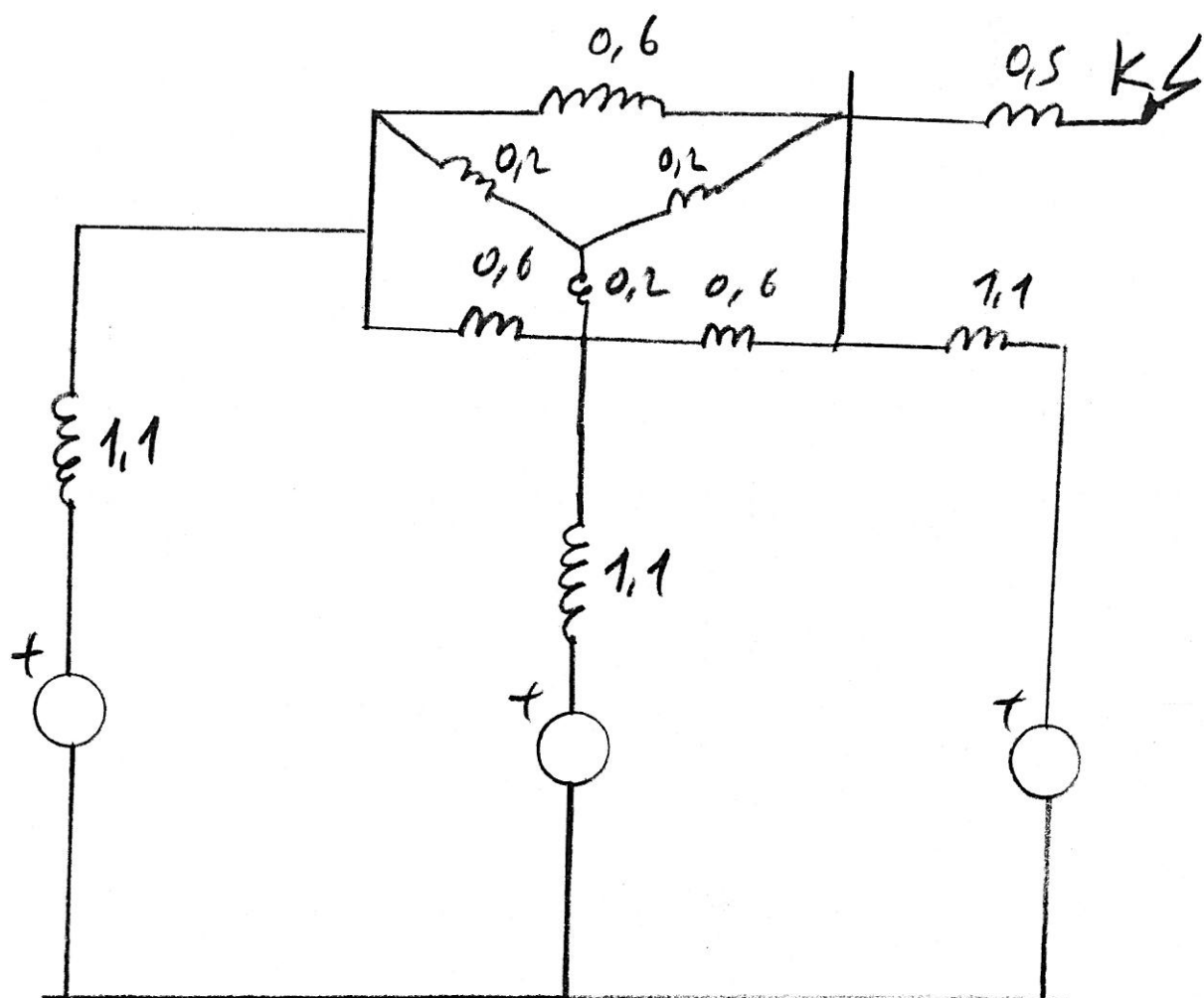
Görün:

(2)

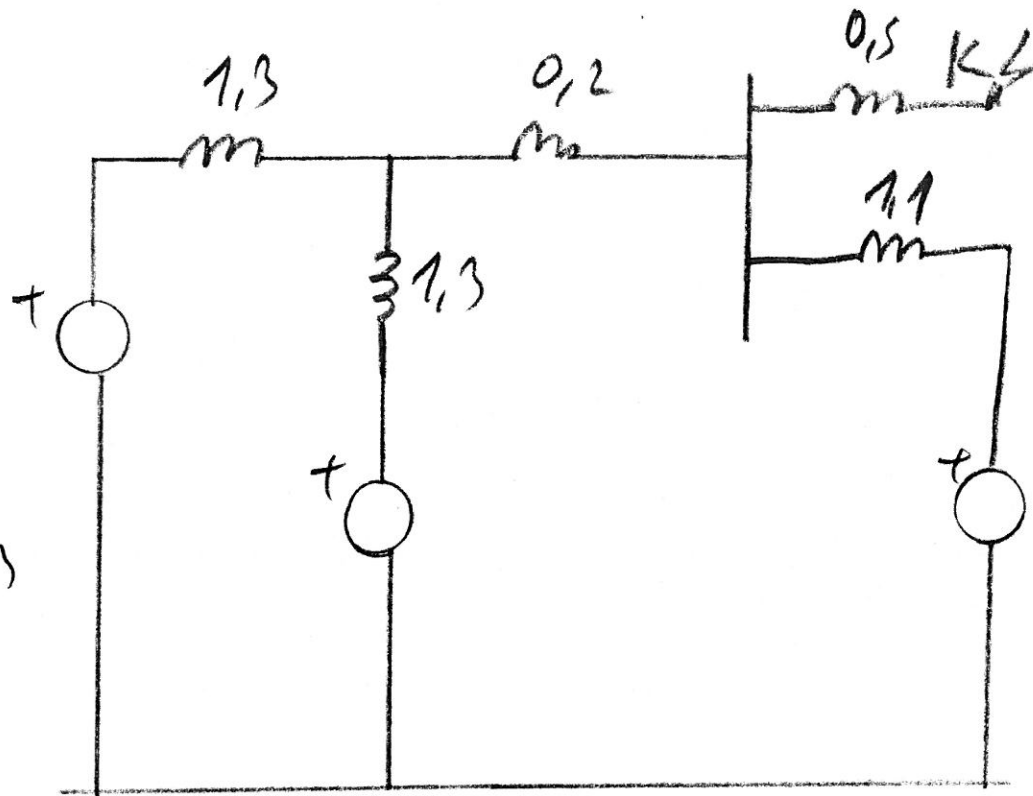


Reaktans diyagramında $0,6$ p.u'lık reaktanslar üzer bağlanti olusturdugundan, esdeger reaktansin hesabinda üzer-yıldız dönüşü yapılarak yıldız bağlantiya secilirse, her yıldız kol için $0,2$ p.u değeri elde edilir.

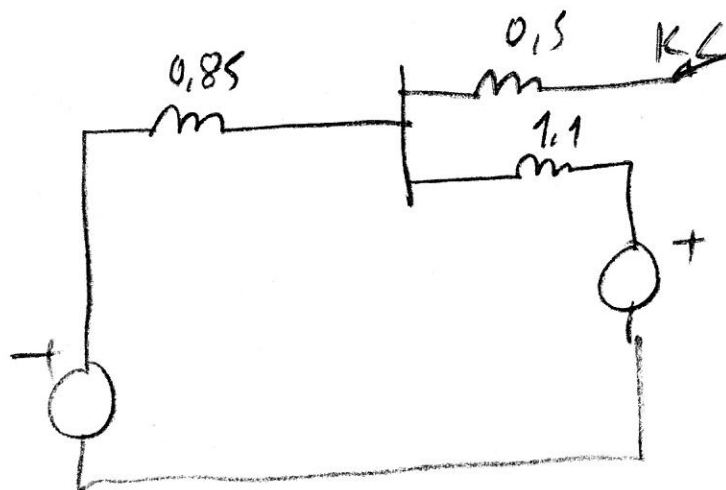
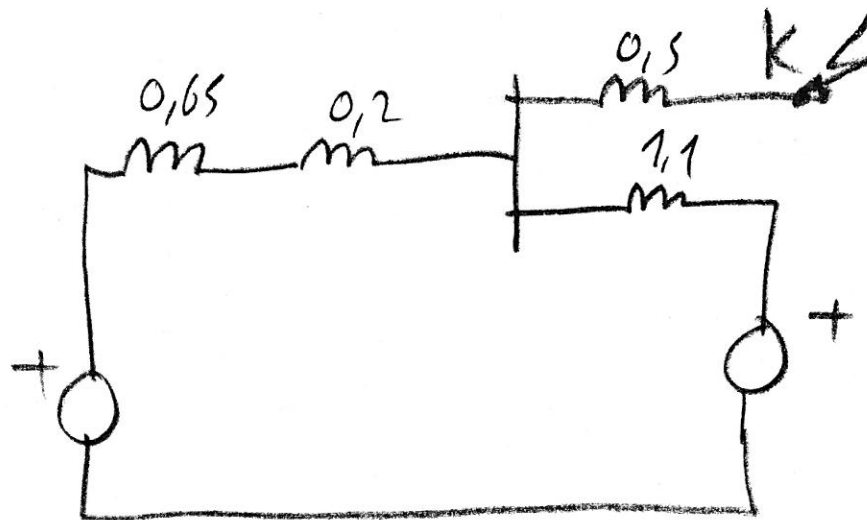
3



6



$1,3 // 1,3$

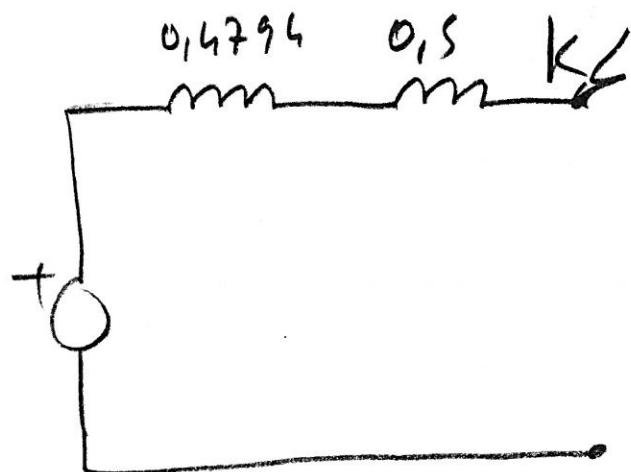


$0,85 // 1,1$ alınıcsq

(5)

$$\frac{0,85 \cdot 1,1}{0,85 + 1,1} = \frac{0,935}{1,95} = 0,4794$$

olarak bulunur.



$X_{es} = 0,4794 + 0,5 = 0,979$ p.u olarak bulunur. Arıza önceliği gerilimi $1,0 \angle 0^\circ$ p.u alınırsa;

$$I_{BA2} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 13,5 \cdot 10^3} = 4276,66 \text{ A}$$

$$I_{p.u} = \frac{V_{p.u}}{X_{p.u}} = \frac{1,0 \angle 0^\circ}{j0,979} = -j1,02145 \text{ p.u}$$

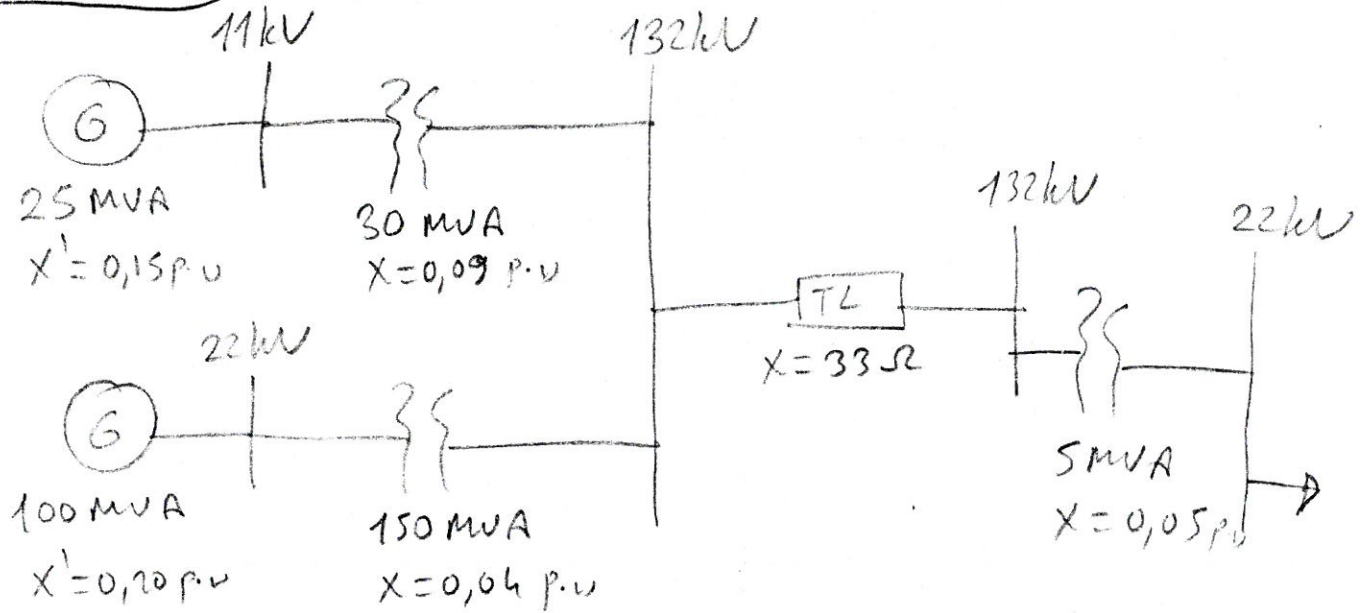
$$I_{3\phi}'' = -j1,02145 \cdot 4276,66 \approx 4,368 \text{ kA bulunur.}$$

$$S_{k3\phi}'' = \sqrt{3} V \cdot I_{3\phi}'' = \sqrt{3} \cdot 13,5 \cdot 4,368$$

$$\approx 102 \text{ MVA}$$

Problem 1 - Uygulama 1

1



22 kV'lık yük barasında 3 faz kısa devresi meydana geldiğinde Arma akımı ve kısa devre gücünü bulunuz. ($S_B = 150 \text{ MVA}$; $V_B = 11 \text{ kV}$ alınacak.) Arma önceli gerilim 1 pu alınacak.

Görüm 1 -

$$X_{S1} = 0,15 \cdot \left(\frac{11}{11} \right)^2 \cdot \frac{150}{25} = j 0,9 \text{ p.u.}$$

$$X_{S2} = 0,20 \cdot \left(\frac{22}{22} \right)^2 \cdot \frac{150}{100} = j 0,3 \text{ p.u.}$$

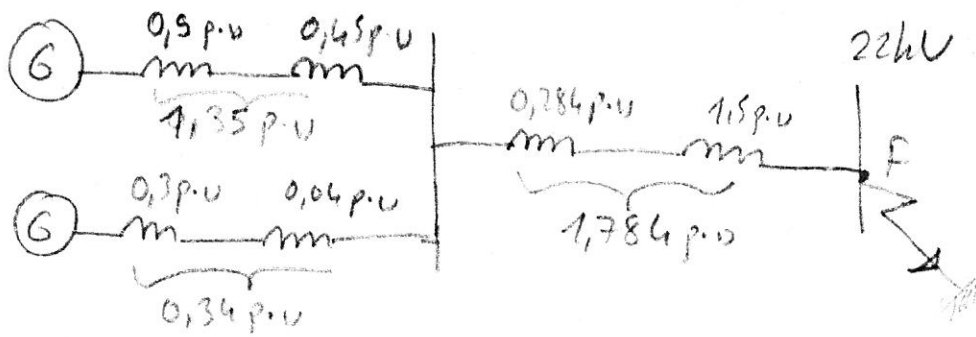
$$X_{Tr1} = 0,09 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{150}{30} = j 0,45$$

$$X_{Tr2} = 0,06 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{150}{150} = j 0,04 \text{ p.u.}$$

$$X_{Tr3} = 0,05 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{150}{5} = j 1,5 \text{ p.u.}$$

$$X_{TCBA2} = \frac{132^2}{150} = 116,16 \Omega$$

$$X_{p.u.2} = \frac{j 33}{116,16} = j 0,286 \text{ p.u.}$$



$$1,35 // 0,34 + 1,784 = \frac{0,459}{1,69} + 1,784 =$$

$$= 0,27159 + 1,784 = 2,0555 \text{ p.u.}$$

$$I_{BA2} = \frac{150 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} = 3936,47 \text{ A}$$

$$I_{p.u.} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j2,0555} = -j0,48649 \text{ p.u.}$$

$$I_{53\phi} \approx 1,91 \text{ kA}$$

$$S_{53\phi} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 22 \cdot 1,91 = 72,97 \text{ MVA}$$

Key 9

Not: $S_k = U_k \cdot I_k$

$$S_{53\phi} = S_{BA2} \cdot S_{k.p.u.}$$

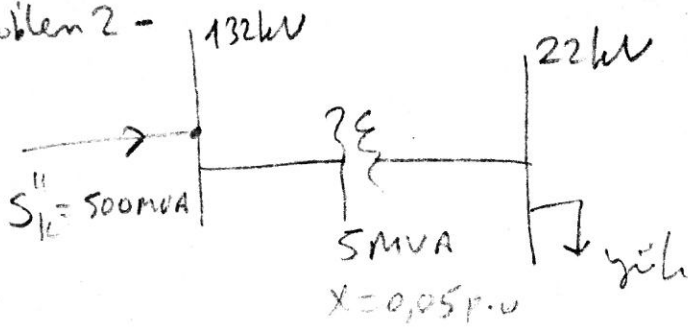
$$= 150 \cdot 0,48649$$

$$I_k = \frac{V_k}{X_{eq}}$$

$$S_{53\phi} = 72,97 \text{ MVA}$$

balans.

$$S_k = \frac{V_k^2}{X_{eq}} = \frac{1^2}{X_{eq}}$$

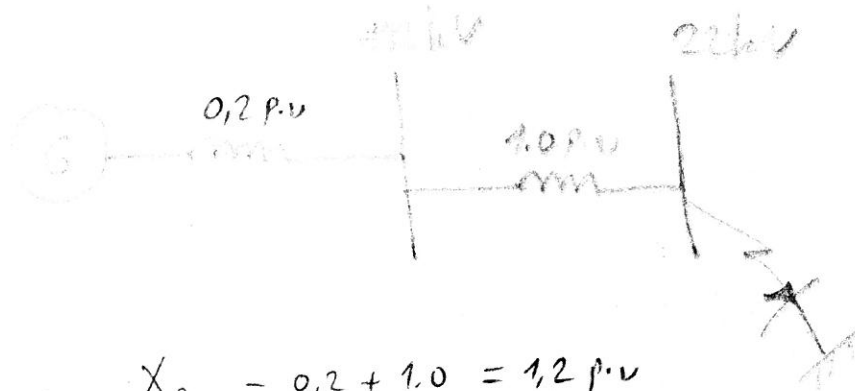


132 kV'lık baradaki kısıtlama gücü 500 MVA olduğuna göre 22 kV yık barasındaki 3 faz Arıza ve gücünü bulun. ($S_B = 100 \text{ MVA}$; $V_B = 132 \text{ kV}$)

Görüm 2 -

$$X_{induct} = \left(\frac{132}{110} \right)^2 \cdot \frac{100}{500} = 0,2 \text{ p.u}$$

$$X_{tr} = 0,02 \cdot \left(\frac{132}{110} \right)^2 \cdot \frac{100}{5} = 1,0 \text{ p.u}$$



$$X_{pu} = 0,2 + 1,0 = 1,2 \text{ p.u}$$

$$I_{BAZ} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} = 2624,31 \text{ A}$$

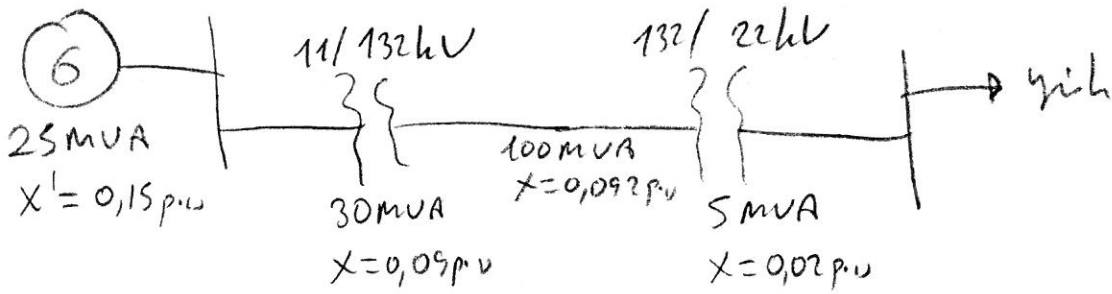
$$I_{p.u} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j 1,2} = -j 0,8333 \text{ p.u}$$

$$I_{s3\phi} = I_B \cdot I_{p.u} = 2,2 \text{ kA}$$

$$S_{s3\phi} = \sqrt{3} \cdot 22 \cdot 2,2 = 83 \text{ MVA}$$

Problem 3-

4



22 kV barasında üç faz kısa devresi meydana geliyor.
 üç faz - kısa devre akımını ve gücünü bulunuz. ($S_B = 100 \text{ MVA}$,
 $U_B = 132 \text{ kV}$)

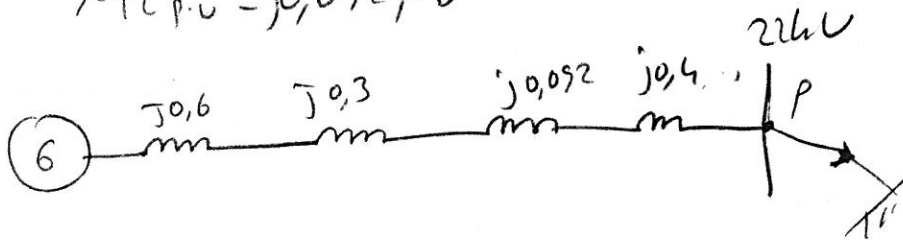
Cözüm 3-

$$X_S = 0,15 \cdot \left(\frac{11}{11}\right)^2 \cdot \frac{100}{25} = j0,6 \text{ p.u.}$$

$$X_{T1} = 0,09 \cdot \left(\frac{11}{11}\right)^2 \cdot \frac{100}{30} = j0,3 \text{ p.u.}$$

$$X_{T2} = 0,02 \cdot \left(\frac{132}{132}\right)^2 \cdot \frac{100}{5} = j0,4 \text{ p.u.}$$

$$X_{TL \text{ p.u.}} = j0,092 \text{ p.u.}$$



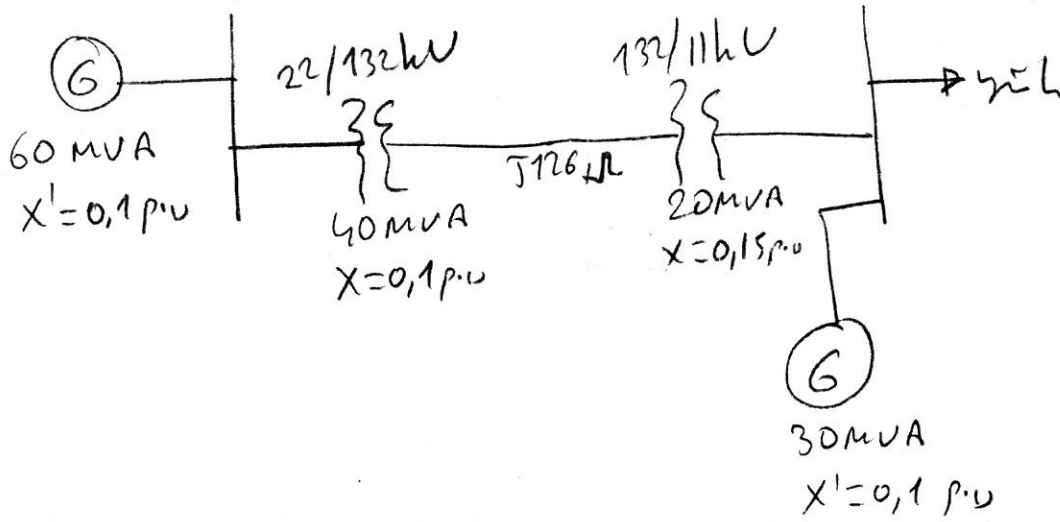
$$X_{p.u.} = j1,392 \text{ p.u.}$$

$$I_{BA2} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} = 2624,31 \text{ A}$$

$$I_{p.u.} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j1,392} = -j0,718 \text{ p.u.}$$

$$I_{S3\phi} = I_B \cdot I_{p.u.} = 1,88 \text{ kA}$$

$$S_{S3\phi} = \sqrt{3} \cdot 22 \cdot 1,88 = 71,83 \text{ MVA}$$



11 kV barasındaki 54 far kısa devre akımı ve gücünü bulunur. ($V_B = 132 \text{ kV}$; $S_B = 100 \text{ MVA}$)

Görüm 4 -

$$X_{G1} = 0,1 \cdot \left(\frac{22}{22} \right)^2 \cdot \frac{100}{60} = j0,166 \text{ p.u.}$$

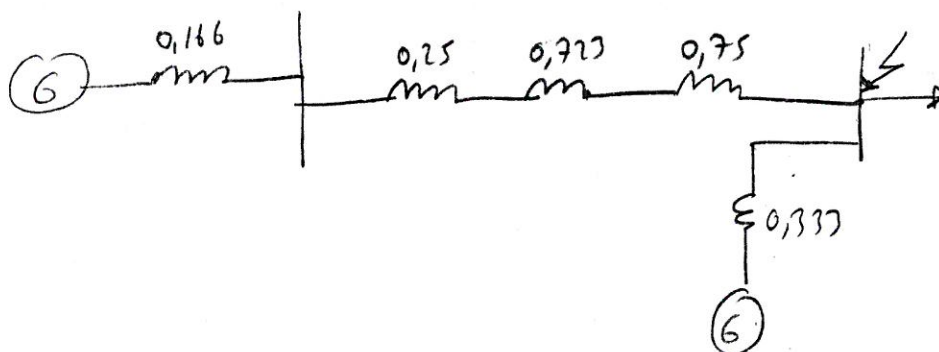
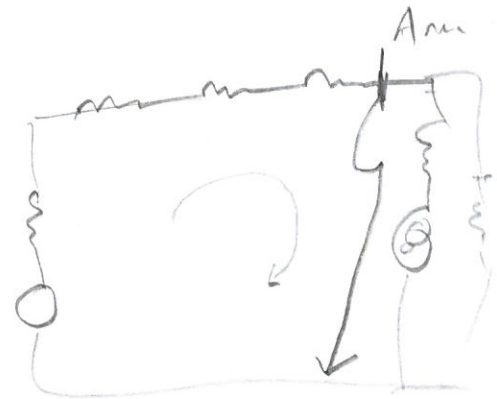
$$X_{TG1} = 0,1 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{100}{40} = j0,25 \text{ p.u.}$$

$$X_{TG2} = 0,15 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{100}{20} = j0,75 \text{ p.u.}$$

$$X_{TLBA2} = \frac{132^2}{100} = 174,24 \Omega$$

$$X_{p.u} = \frac{j126}{174,24} = j0,723 \text{ p.u.}$$

$$X_{G2} = 0,1 \cdot \left(\frac{11}{11} \right)^2 \cdot \frac{100}{30} = j0,333 \text{ p.u.}$$



$$1,889 // 0,333 = \frac{0,6290}{2,222} = 0,2830 \text{ p.u}$$

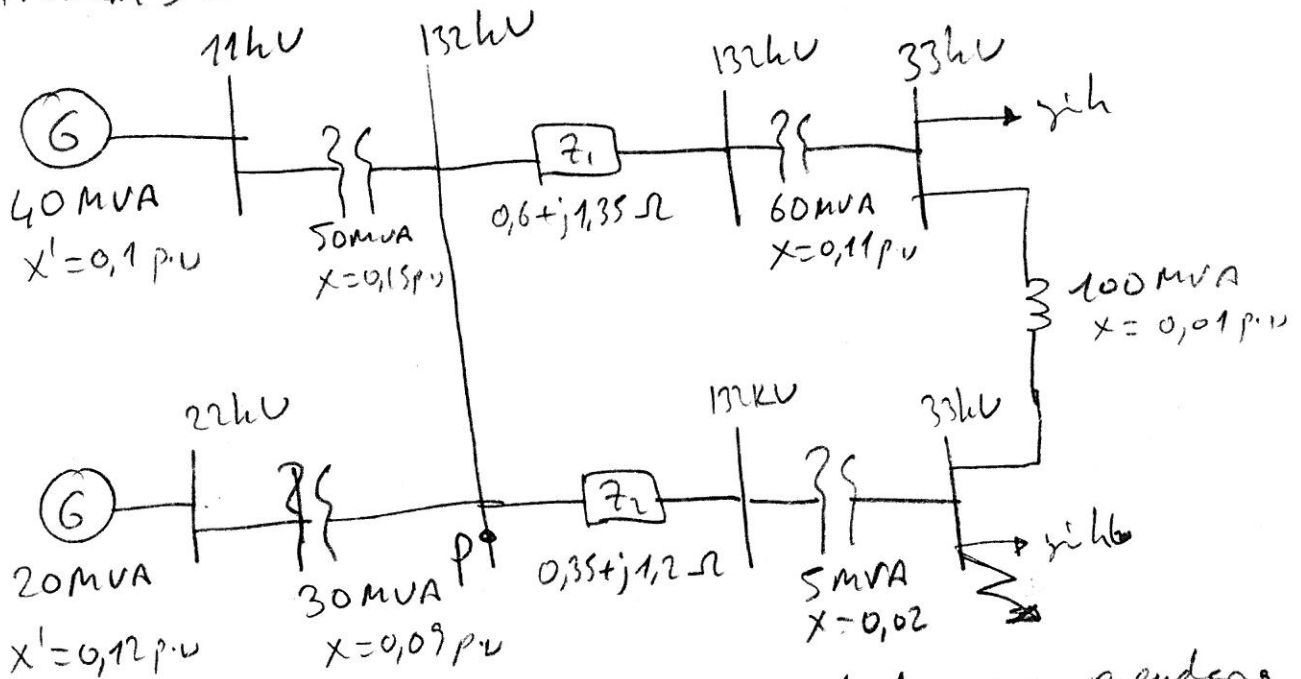
6

$$I_{p.u} = -j 3,533 \text{ p.u}$$

$$I_{BA1} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10^3} = 5248,63 \text{ A}$$

$$I_{3\phi} = 18,5 \text{ kA} \quad S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot 11 \cdot 18,5 = 353 \text{ MVA}$$

Problem 5 -



33 kV'lık barada simetrik eşitlik arına meydana geldiğinde arına akımını, gücünü ve potansiyelini gerilimi hesaplayınız. (Direktiler ihmal edilecektir.)

$V_B = 132 \text{ kV}$; $S_B = 100 \text{ MVA}$ alınacaktır.
Arına öncelikle gerilim $1 \angle 0^\circ \text{ p.u}$ alınacaktır.

Görüm 5 -

$$X_{S1} = 0,1 \cdot \left(\frac{11}{11} \right)^2 \cdot \frac{100}{40} = j 0,25 \text{ p.u}$$

$$X_{S2} = 0,12 \cdot \left(\frac{22}{22} \right)^2 \cdot \frac{100}{20} = j 0,6 \text{ p.u}$$

$$X_{TL1} = 0,15 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{100}{50} = j0,3 \text{ p.u.}$$

$$X_{TL2} = 0,09 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{100}{30} = j0,3 \text{ p.u.}$$

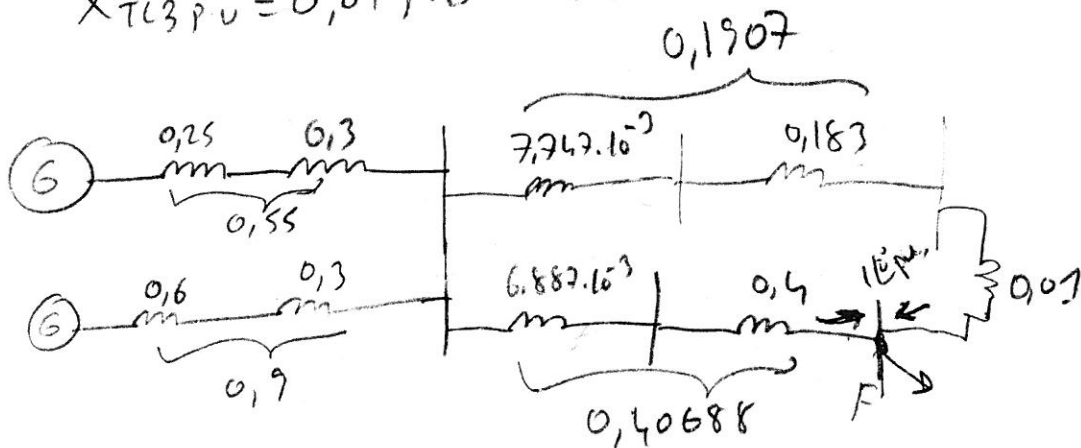
$$X_{TL3} = 0,11 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{100}{60} = j0,183 \text{ p.u.}$$

$$X_{TL4} = 0,02 \cdot \left(\frac{132}{132} \right)^2 \cdot \frac{100}{5} = j0,4 \text{ p.u.}$$

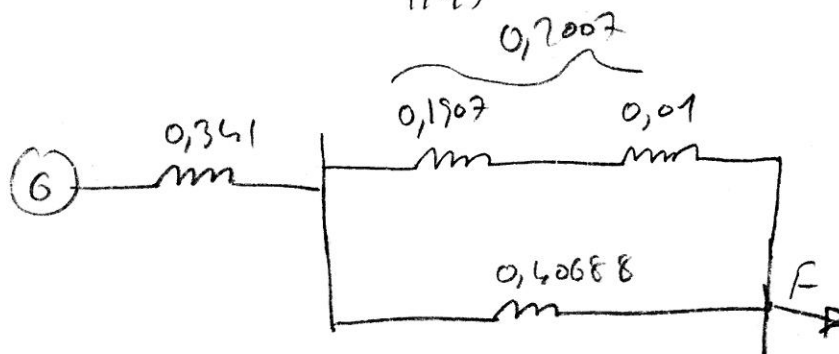
$$X_{TL1} = \frac{132^2}{100} = 174,24 \Omega \quad X_{PUT1} = \frac{j1,35}{174,24} = j7,747 \cdot 10^3 \text{ p.u.}$$

$$X_{TL2} = \frac{j1,2}{174,24} = j6,887 \cdot 10^3 \text{ p.u.}$$

$$X_{TL3 \text{ p.u.}} = 0,01 \text{ p.u.}$$



$$0,55 // 0,9 = \frac{0,495}{1,45} = j0,341 \text{ p.u.}$$



$$0,2007 // 0,40688 = \frac{0,0816}{0,60758} = 0,1343 \text{ p.u.}$$

$$X = 0,341 + 0,1343 = 0,4753 \text{ p.u}$$

8

$$I_{BA2} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 33 \cdot 10^3} = 1749,54 \text{ A}$$

$$I_{p.u} = \frac{1 \angle 0^\circ}{j0,4753} = -j2,1039 \text{ p.u}$$

$$I_g = 3,68 \text{ kA}$$

$$S_{sgg} = \sqrt{3} \cdot 33 \cdot 3,68 = 210 \text{ MVA}$$