

ÖRNEK 2.5

Etiket değerleri 18 kV, 500 MVA olan bir generatörün bu değerleri baz alındığında per-unit cinsinden $X'' = 0,25$ olduğuna göre; 20 kV, 100 MVA yeni baz değerleri için X'' reaktansının per-unit cinsinden değerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Verilen değerler (2.55) denkleminde yerlerine konursa,

$$\text{Yeni } X'' = 0,25 \left(\frac{18}{20}\right)^2 \left(\frac{100}{500}\right) = 0,0405 \text{ p.u.}$$

olarak bulunur. Veya generatör etiket değerlerine göre verilen per-unit cinsinden reaktans, gerçek reaktans değerine dönüştürülür ve yeni baz değerlerine göre hesaplanan baz empedansa bölünerek aynı sonuç elde edilir.

$$\text{Yeni } X'' = \frac{0,25 (18^2/500)}{20^2 / 100} = 0,0405 \text{ p.u.}$$

ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER

Bakulmuş

2.1. Gerilim ve akımın ani değerleri sırasıyla

$$v = 141,4 \sin (\omega t + 30^\circ) \text{ V} \quad \text{ve} \quad i = 11,31 \cos (\omega t - 30^\circ) \text{ A}$$

olarak verildiğinde;

- Gerilim ve akımın maksimum değerlerini bulunuz.
- Gerilim ve akımın efektif değerlerini bulunuz.
- Gerilimi referans alarak fazör diagramını çiziniz ve devrenin endüktif veya kapasitif olduğunu söyleyiniz.

ÇÖZÜM:

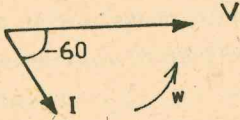
$$\begin{aligned} \text{a) } V_{\max} &= 141,4 \text{ V} \\ I_{\max} &= 11,31 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{b) } |V| = \frac{141,4}{\sqrt{2}} = 100 \text{ V}$$

$$|I| = \frac{11,31}{\sqrt{2}} = 8 \text{ A}$$

$$\text{c) } V = 100 \angle 0^\circ = 100 + j 0 \text{ V}$$

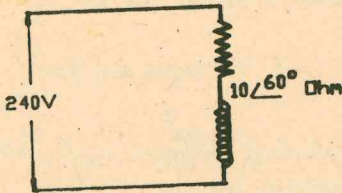
$$I = 8 \angle -60^\circ = 4 - j 6,93 \text{ A}$$



I akımı V geriliminden geri olduğundan devre endüktiftir.

2.2. Seri empedansı $10 \angle 60^\circ \Omega$ olan bir a.c. devresine 240 V gerilim uygulandığında devrenin R, X, P, Q ve güç faktörünü bulunuz.

ÇÖZÜM:



$$Z = R + j X$$

$$Z = 10 \cos 60^\circ + j 10 \sin 60^\circ$$

$$R = 10 \cos 60^\circ = 5 \Omega$$

$$X = 10 \sin 60^\circ = 8,66 \Omega$$

$$I = \frac{240 \angle 0^\circ}{10 \angle 60^\circ} = 24 \angle -60^\circ \text{ A}$$

$$P = R I^2 = 5 (24)^2 = 2880 \text{ W}$$

$$Q = X I^2 = 8,66 (24)^2 = 4988 \text{ VAR}$$

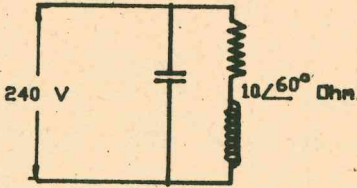
$$\text{Güç faktörü} = \cos \tan^{-1} \frac{Q}{P} = \cos \tan^{-1} \frac{4988}{2880} = 0,50$$

veya

$$\text{Güç faktörü} = \cos \tan^{-1} \frac{X}{R} = \cos \tan^{-1} \frac{8,66}{5} = 0,50$$

2.3. Problem 2.2 deki devreye 1250 VAR'lık bir kondansatör paralel olarak bağlandığında P,Q ve Güç faktörünü bulunuz.

ÇÖZÜM :



Kondansatör bağlanmadan önce

$$P = 2880 \text{ W}$$

$$Q = 4988 \text{ VAR}$$

olarak hesaplanmıştır. 1250 VAR kondansatör bağlandığında devrenin reaktif gücü

$$Q = 4988 - 1250 = 3738 \text{ VAR}$$

olur. Yeni güç faktörü ise

$$\cos \theta = \cos \tan^{-1} \frac{Q}{P} = \cos \tan^{-1} \frac{3738}{2880} = 0,61$$

2.4. Bir fazlı devreden 10 MW lık bir güç 0,6 Endüktif güç faktörü ile çekildiğine göre

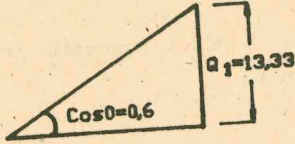
a) Devrenin güç üçgenini çiziniz

b) Güç faktörünü 0,85'e çıkarmak için devreye paralel bağlanacak

kondansatörün reaktif gücünü hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

a)

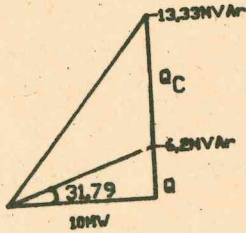


$$\cos \theta_1 = \frac{P_1}{S_1}$$

$$S_1 = \frac{P_1}{0,6} = \frac{10}{0,6}$$

$$Q_1 = S \cdot \sin \theta_1 = \frac{10}{0,6} \cdot 0,8 = 13,33 \text{ MVar}$$

b)



$$\theta_2 = \cos^{-1} 0,85 = 31,79^\circ$$

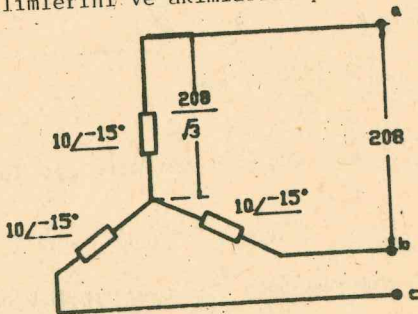
$$\tan \theta_2 = \frac{Q}{P}$$

$$Q = P \tan \theta_2$$

$$= 10 \tan 31,79 = 6,2 \text{ MVar}$$

$$Q_C = -(Q_1 - Q) = -(13,33 - 6,2) = -7,13 \text{ MVar}$$

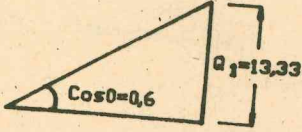
2.5. Kol empedansları $10 \angle -15^\circ \Omega$ olan Y bağlı dengeli bir yük 208 V'luk hat gerilimi ile beslendiğine göre, V_{ca} gerilimini referans seçerek hat ve faz gerilimlerini ve akımlarını polar formda hesaplayınız.



kondansatörün reaktif gücünü hesaplayınız

Çözüm:

a)



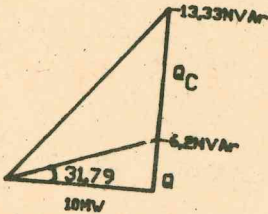
$$\frac{210^\circ}{210^\circ} = 120 \angle 210^\circ \text{ V} \Rightarrow V_{en} = 120 \angle -30^\circ$$

$$\frac{1}{3} \frac{90^\circ}{90^\circ} = 120 \angle 90^\circ \text{ V} \Rightarrow V_{bn} = 120 \angle 90^\circ$$

$$Q_1 = S \cdot \sin \theta_1 = \frac{10}{0,6} \cdot 0,8 = 13,33$$

$$\frac{1}{3} \frac{330^\circ}{330^\circ} = 120 \angle 330^\circ \text{ V} \Rightarrow V_{an} = 120 \angle 120^\circ$$

b)



$$225^\circ \text{ A}$$

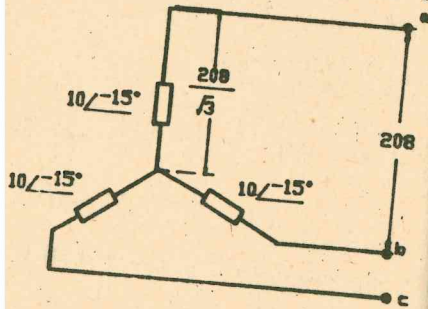
$$15^\circ \text{ A}$$

$$-15^\circ \text{ A}$$

$$Q_c = -(Q_1 - Q) = -(13,33 - 6,2) = -7,13$$

empedansları $10 \angle -15^\circ \Omega$ olan Y bağımlı ile beslendiğine göre, V_{ca} gerilimlerini ve akımlarını polar for

stemde Y.bagl ı empedansların herbiri $10 \angle 30^\circ$ k tariflendiğine göre polar formda I_{cn} 'i bu



$$\angle -60^\circ \text{ V}$$

$$= 24 \angle -90^\circ \text{ A}$$

ÖRNEK 2.5

Etiket değerleri 18 kV, 500 MVA olan bir generatörün bu değerleri baz alındığında per-unit cinsinden $X'' = 0,25$ olduğuna göre; 20 kV, 100 MVA yeni baz değerleri için X'' reaktansının per-unit cinsinden değerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Verilen değerler (2.55) denkleminde yerlerine konursa,

$$\text{Yeni } X'' = 0,25 \left(\frac{18}{20} \right)^2 \left(\frac{100}{500} \right) = 0,0405 \text{ p.u.}$$

olarak bulunur. Veya generatör etiket değerlerine göre verilen per-unit cinsinden reaktans, gerçek reaktans değerine dönüştürülür ve yeni baz değerlerine göre hesaplanan baz empedansa bölünerek aynı sonuç elde edilir.

$$\text{Yeni } X'' = \frac{0,25 (18^2 / 500)}{20^2 / 100} = 0,0405 \text{ p.u.}$$

ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER

Belirlenmiştir

2.1. Gerilim ve akımın ani değerleri sırasıyla

$$v = 141,4 \sin (\omega t + 30^\circ) \text{ V} \quad \text{ve} \quad i = 11,31 \cos (\omega t - 30^\circ) \text{ A}$$

olarak verildiğinde;

- Gerilim ve akımın maksimum değerlerini bulunuz.
- Gerilim ve akımın efektif değerlerini bulunuz.
- Gerilimi referans alarak fazör diagramını çiziniz ve devrenin endüktif veya kapasitif olduğunu söyleyiniz.

ÇÖZÜM:

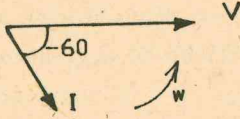
$$\begin{aligned} \text{a) } V_{\max} &= 141,4 \text{ V} \\ I_{\max} &= 11,31 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{b) } |V| = \frac{141,4}{\sqrt{2}} = 100 \text{ V}$$

$$|I| = \frac{11,31}{\sqrt{2}} = 8 \text{ A}$$

$$\text{c) } V = 100 \angle 0^\circ = 100 + j 0 \text{ V}$$

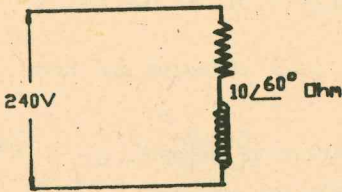
$$I = 8 \angle -60^\circ = 4 - j 6,93 \text{ A}$$



I akımı V geriliminden geri olduğundan devre endüktiftir.

2.2. Seri empedansı $10 \angle 60^\circ \Omega$ olan bir a.c. devresine 240 V gerilim uygulandığında devrenin R, X, P, Q ve güç faktörünü bulunuz.

ÇÖZÜM:



$$Z = R + j X$$

$$Z = 10 \cos 60^\circ + j 10 \sin 60^\circ$$

$$R = 10 \cos 60^\circ = 5 \Omega$$

$$X = 10 \sin 60^\circ = 8,66 \Omega$$

$$I = \frac{240 \angle 0^\circ}{10 \angle 60^\circ} = 24 \angle -60^\circ \text{ A}$$

$$P = R I^2 = 5 (24)^2 = 2880 \text{ W}$$

$$Q = X I^2 = 8,66 (24)^2 = 4988 \text{ VAR}$$

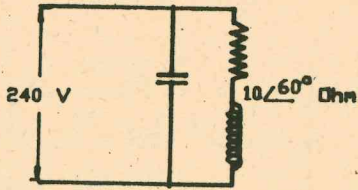
$$\text{Güç faktörü} = \cos \tan^{-1} \frac{Q}{P} = \cos \tan^{-1} \frac{4988}{2880} = 0,50$$

veya

$$\text{Güç faktörü} = \cos \tan^{-1} \frac{X}{R} = \cos \tan^{-1} \frac{8,66}{5} = 0,50$$

2.3. Problem 2.2 deki devreye 1250 VAR'lık bir kondensatör paralel olarak bağlandığında P.Q ve Güç faktörünü bulunuz.

ÇÖZÜM :



Kondansatör bağlanmadan önce

$$P = 2880 \text{ W}$$

$$Q = 4988 \text{ VAR}$$

olarak hesaplanmıştır. 1250 VAR kondansatör bağlandığında devrenin reaktif gücü

$$Q = 4988 - 1250 = 3738 \text{ VAR}$$

olur. Yeni güç faktörü ise

$$\cos \theta = \cos \tan^{-1} \frac{Q}{P} = \cos \tan^{-1} \frac{3738}{2880} = 0,61$$

2.4. Bir fazlı devreden 10 MW lık bir güç 0,6 Endüktif güç faktörü ile çekildiğine göre

a) Devrenin güç üçgenini çizin

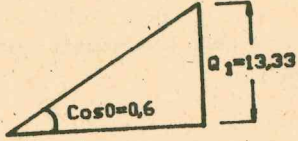
b) Güç faktörünü 0,85'e çıkarmak için devreye paralel bağlanacak

kondansatörün reaktif gücünü hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

a)

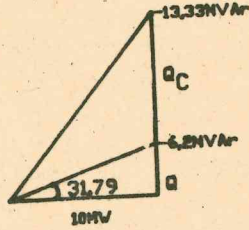
$$\cos \theta_1 = \frac{P_1}{S_1}$$



$$S_1 = \frac{P_1}{0,6} = \frac{10}{0,6}$$

$$Q_1 = S \cdot \sin \theta_1 = \frac{10}{0,6} \cdot 0,8 = 13,33 \text{ MVar}$$

b)



$$\theta_2 = \cos^{-1} 0,85 = 31,79^\circ$$

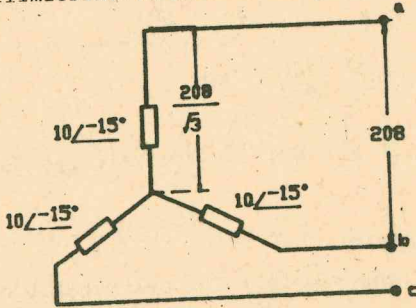
$$\tan \theta_2 = \frac{Q}{P}$$

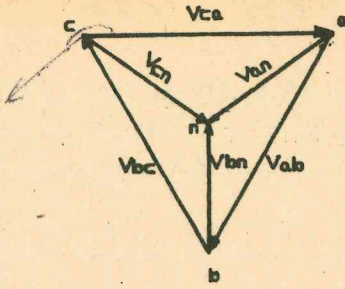
$$Q = P \tan \theta_2$$

$$= 10 \tan 31,79 = 6,2 \text{ MVar}$$

$$Q_c = -(Q_1 - Q) = -(13,33 - 6,2) = -7,13 \text{ MVar}$$

2.5. Kol empedansları $10 \angle -15^\circ \Omega$ olan Y bağlı dengeli bir yük 208 V'luk hat gerilimi ile beslendiğine göre, V_{ca} gerilimini referans seçerek hat ve faz gerilimlerini ve akımlarını polar formda hesaplayınız.





$$V_{ca} = 208 \angle 0^\circ \text{ V} ; V_{an} = 208/\sqrt{3} \angle 210^\circ = 120 \angle 210^\circ \text{ V} \Rightarrow V_{cn} = 120 \angle -30^\circ$$

$$V_{ab} = 208 \angle 240^\circ \text{ V} ; V_{bn} = 208/\sqrt{3} \angle 90^\circ = 120 \angle 90^\circ \text{ V} \Rightarrow V_{bn} = 120 \angle 90^\circ$$

$$V_{bc} = 208 \angle 120^\circ \text{ V} ; V_{cn} = 208/\sqrt{3} \angle 330^\circ = 120 \angle 330^\circ \text{ V} \Rightarrow V_{an} = 120 \angle 210^\circ$$

$$I_a = \frac{V_{an}}{Z} = \frac{120 \angle 210^\circ}{10 \angle -15^\circ} = 12 \angle 225^\circ \text{ A}$$

$$I_b = \frac{V_{bn}}{Z} = \frac{120 \angle 90^\circ}{10 \angle -15^\circ} = 12 \angle 105^\circ \text{ A}$$

$$I_c = \frac{V_{cn}}{Z} = \frac{120 \angle -30^\circ}{10 \angle -15^\circ} = 12 \angle -15^\circ \text{ A}$$

2.6. Üç-fazlı dengeli bir sistemde Y.bağlı empedansların herbiri $10 \angle 30^\circ \Omega$ dur. $V_{bc} = 416 \angle 90^\circ \text{ V}$ olarak tariflendiğine göre polar formda I_{cn} 'i bulunuz.

ÇÖZÜM :

$$V_{cn} = \frac{416}{\sqrt{3}} \angle -60^\circ = 240 \angle -60^\circ \text{ V}$$

$$I_{cn} = \frac{V_{cn}}{Z} = \frac{240 \angle -60^\circ}{10 \angle 30^\circ} = 24 \angle -90^\circ \text{ A}$$

2.7. Fazlar arası gerilimi 440 V olan 15 HP'lık üç fazlı bir motor tam yükte % 90 randıman ve % 80 endüktif (geri) güç faktörü ile çalıştırılmaktadır. Motorun hattın çektiği akımı, aktif ve reaktif güçleri hesaplayınız.

ÇÖZÜM :

1 HP = 746 W olduğuna göre, motorun çektiği akım

$$|I| = \frac{\text{Motorun Gücü}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\theta \cdot \eta} = \frac{15 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 20,39 \text{ A}$$

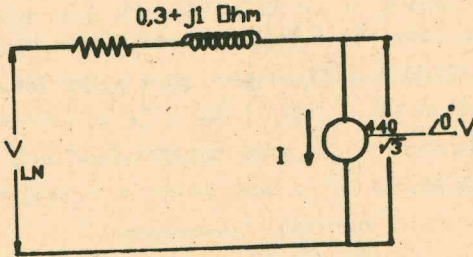
Aktif ve Reaktif güçler ise

$$P = \sqrt{3} V_{LL} \cdot I_L \cdot \cos\theta = \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 20,39 \cdot 0,8 = 12,341 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{3} V_{LL} \cdot I_L \cdot \sin\theta = \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 20,39 \cdot 0,6 = 9,324 \text{ kVAr}$$

2.8. Problem 2.7'deki motoru besleyen üç fazlı dengeli hattın hat empedansları $0,3 + j1 \Omega$ ve motor uçlarındaki gerilim 440 V olduğuna göre besleme noktasında gerilimi hesaplayınız.

ÇÖZÜM :



Motor uçlarındaki faz-nötr gerilimi referans alınırsa

$$\frac{440}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 254 \angle 0^\circ \text{ V}$$

Polar formda daha önce hesaplanan akım ise,

$$I = 20,39 \angle -36,9^\circ \text{ A}$$

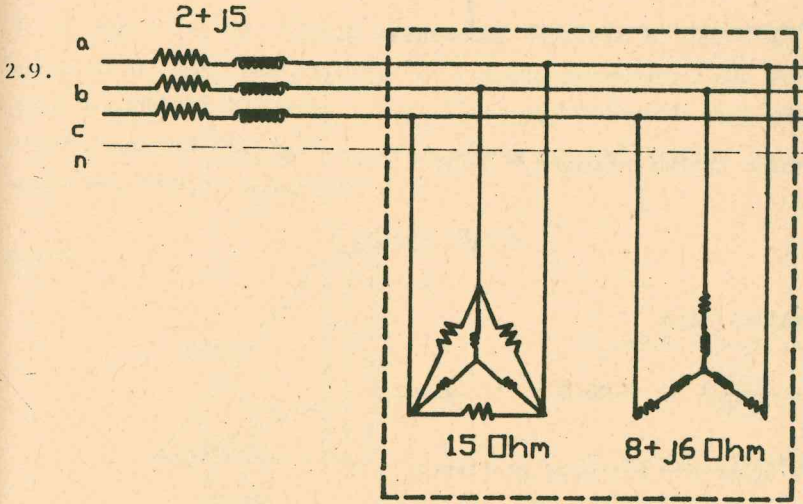
olur. Buna göre besleme noktasında faz-nötr gerilimi:

$$V_{LN} = 254 \angle 0^\circ + (0,3+j1)(16,31-j12,23) = 271,1 + j12,64$$

Fazlar arası gerilim ise

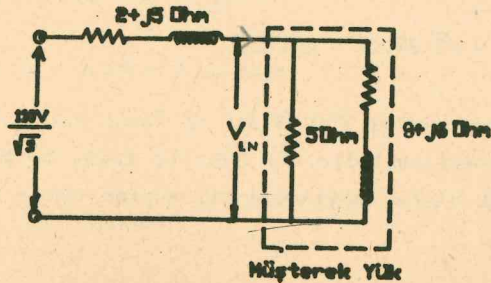
$$|V_{LL}| = \sqrt{3} (271,1+j12,64) = 470 \text{ V}$$

bulunur.



Yükler üç fazlı 110 V'luk kaynakla beslendiğine göre kaynaktan çekilen akım ve yük uçlarında fazlar arası gerilimi hesaplayınız.

ÇÖZÜM :



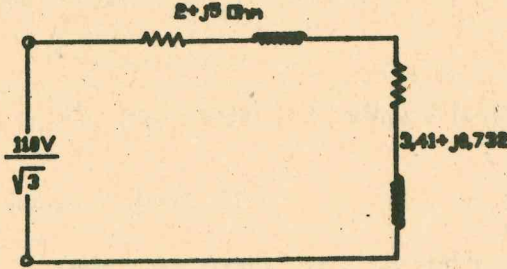
Δ yük eşdeğer Y çevrilirse

Y kollarının herbirinin empedansı = $15/3 = 5\Omega$ olur.

$$\text{Müşterek yükün eşdeğer empedansı} = \frac{5(8 + j6)}{5 + 8 + j6}$$

$$= 3,41 + j0,732 = 3,49 \angle 121\Omega$$

Yeni durumda eşdeğer devre



Kaynak uçlarında toplam empedans = $2 + j5 + 3,41 + j0,732$

$$= 7,88 \angle 46,65\Omega$$

Kaynaktan çekilen akım

$$|I| = \frac{110/\sqrt{3}}{7,88} = 8,06 \text{ A}$$

Müşterek yük uçlarında faz nötr gerilimi:

$$|V_{LN}| = 8,06 \cdot 3,49 = 28,13 \text{ V}$$

Yük uçlarında faz-faz gerilimi

$$|V_{LL}| = \sqrt{3} \cdot 28,13 = 48,72 \text{ V}$$

2.10. 440 V'luk hattan 250 kW'lık üç fazlı güç 0,707 geri (endüktif) güç faktörü ile çekilmektedir. Bu yüke üç fazlı 60 kVA'lık bir kondansatör grubu paralel olarak bağlandığında toplam akımı ve sonuç güç faktörünü bulunuz.

Kondansatör bağlanmadan önce akım

$$|I| = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 52,5 \text{ A}$$

Kondansatörler bağlandıktan sonra akım

$$|I| = \frac{|14,14 + j6,85| \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 41,2 \text{ A}$$

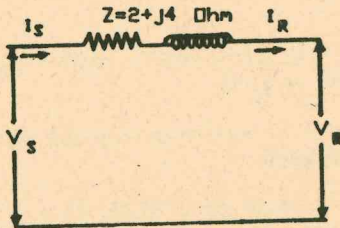
bulunur. Kondansatörlerin bağlanması halinde şebekeden çekilen akımın azaldığını ve dolayısıyla ödenecek aktif ücretin düşeceği sonucuna varılır. Diğer taraftan hattın enerji iletim kapasitesi de arttırılmış olmaktadır.

2.12. Aşağıdaki basit devrede $V_R = 120 \angle 0^\circ$ V olduğuna göre aşağıdaki değerler için V_S 'i hesaplayınız ve her durum için fazör diyagramını çizin.

a) $I_R = 10 \angle 0^\circ$ A

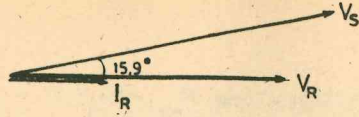
b) $I_R = 10 \angle -90^\circ$ A

c) $I_R = 10 \angle 90^\circ$ A

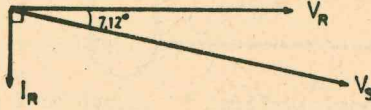


ÇÖZÜM:

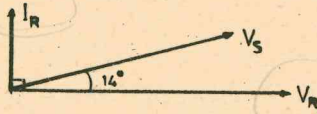
$$\begin{aligned} \text{a) } V_S &= V_R + Z I_R = 120 \angle 0^\circ + (2+j4) 10 \angle 0^\circ \\ &= 120 + 20 + j40 \\ &= 145,6 \angle 15,94^\circ \text{ V} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{b) } V_S &= V_R + Z I_R = 120 \angle 0^\circ + 4,47 \angle 63,43^\circ \cdot 10 \angle -90^\circ \\
 &= 120 \angle 0^\circ + 44,7 \angle -26,57^\circ \\
 &= 161,22 \angle -7,12^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$

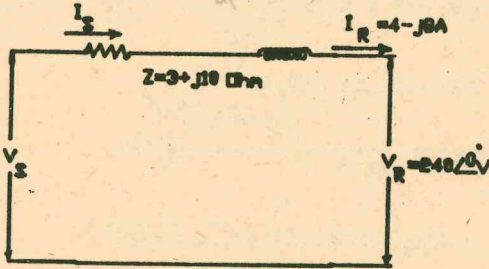


$$\begin{aligned}
 \text{c) } V_S &= V_R + Z I_R = 120 \angle 0^\circ + 4,47 \angle 63,43^\circ \cdot 10 \angle 90^\circ \\
 &= 120 \angle 0^\circ + 44,7 \angle 153,43^\circ \\
 &= 82,47 \angle 14^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$



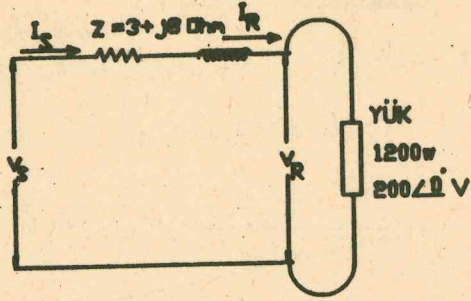
2.13. Şekildeki devrenin seri empedansı $Z = 3 + j10 \Omega$, hat sonu gerilimi $V_R = 240 \angle 0^\circ \text{ V}$ ve hat sonu akımı $I_R = 4 - j8 \text{ A}$ olduğuna göre hat başı gerilimi V_S 'i hesaplayınız.

ÇÖZÜM :



$$\begin{aligned}
 V_S &= V_R + Z I_R = 240 \angle 0^\circ + 10,44 \angle 73,3^\circ \cdot 8,94 \angle -63,43^\circ \\
 &= 240 + 93,33 \angle 9,87^\circ \\
 &= 332,32 \angle 2,75^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$

2.14.



Şekildeki devrede, hatbaşı gerilimi V_S ve hat başı gücü P_S 'i hat sonu güç faktörü

- a) $\cos \theta_R = 1$
- b) $\cos \theta_R = 0,6$ geri
- c) $\cos \theta_R = 0,6$ ileri

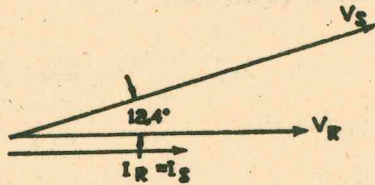
için ayrı ayrı hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$a) \quad I_R = \frac{P_R}{V_R \cdot \cos \theta_R} = \frac{1200}{200 \cdot 1} = 6 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\begin{aligned} V_S &= V_R + Z I_R = 200 \angle 0^\circ + 8,54 \angle 69,44^\circ \cdot 6 \angle 0^\circ \\ &= 200 + 51,24 \angle 69,44^\circ \\ &= 223,2 \angle 12,4^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

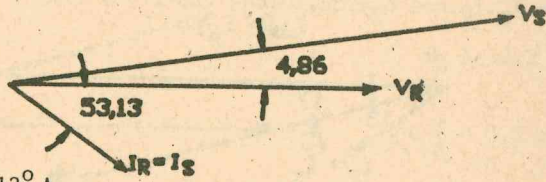
$$P_S = V_S I_S \cos \theta_S = 223,2 \cdot 6 \cdot \cos (12,41^\circ) = 1308 \text{ W}$$



b) $I_R = \frac{1200}{200 \cdot 0,6} = 10 \text{ A}$ $I_R = 10 \angle -53,13^\circ \text{ A}$

$$\begin{aligned} V_S &= V_R + Z I_R = 200 \angle 0^\circ + 8,54 \angle 69,44^\circ \cdot 10 \angle -53,13^\circ \\ &= 200 + 85,4 \angle 16,31^\circ \\ &= 282,98 \angle 4,86^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

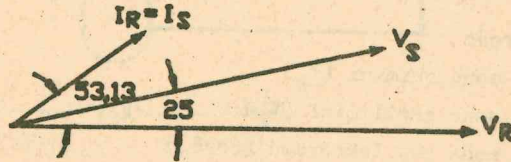
$P_S = V_S I_S \cos \theta_S = 282,98 \cdot 10 \cdot \cos(53,13^\circ + 4,86^\circ) = 1500 \text{ W}$



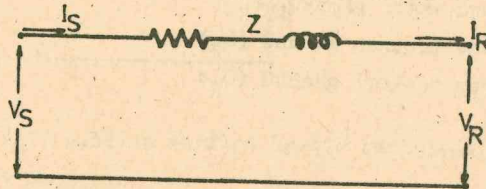
c) $I_R = 10 \angle 53,13^\circ \text{ A}$

$$\begin{aligned} V_S &= V_R + Z I_R = 200 + 8,54 \angle 69,44^\circ \cdot 10 \angle 53,13^\circ \\ &= 200 + 85,4 \angle 122,57^\circ \\ &= 170 \angle 25^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$P_S = V_S I_S \cos \theta_S = 170 \cdot 10 \cdot \cos(53,13^\circ - 25^\circ) = 1500 \text{ W}$



2.15.



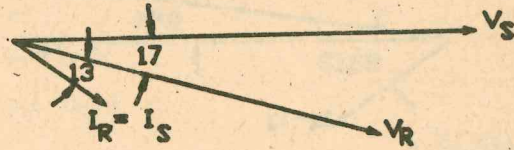
Şekildeki devrede hat başı gerilimi $V_S = 240 \angle 0^\circ \text{ V}$ ve hat başı akımı $I_S = 10 \angle -30^\circ \text{ A}$ olduğuna göre hat sonu gerilimi V_R ve hat sonu gücü P_R 'yi hesaplayınız. Hattın empedansı $Z = 3 + j8 \Omega$ dur.

ÇÖZÜM :

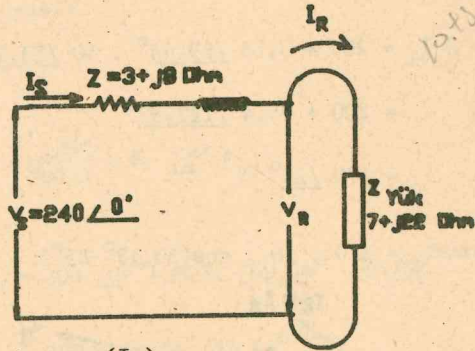
$$I_R = I_S$$

$$\begin{aligned} V_R &= V_S - Z I_S = 240 \angle 0^\circ - 8,54 \angle 69,44^\circ \cdot 10 \angle -30^\circ \\ &= 240 - 85,4 \angle 39,44^\circ \\ &= 182 \angle -17,3^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$$P_R = V_R \cdot I_R \cdot \cos \theta_R = 182 \cdot 10 \cdot \cos (30-17) = 1773 \text{ W}$$



2.16.



Şekildeki devrede

- Hat sonu akımını (I_R)
- Hat sonu gerilimini (V_R)
- Hat sonu güç faktörünü ($\cos \theta_R$)
- Hat sonu aktif gücünü (P_R)
- Hat sonu görünen gücünü (S_R)
- Hat sonu reaktif gücünü (Q_R)

hesaplayınız.

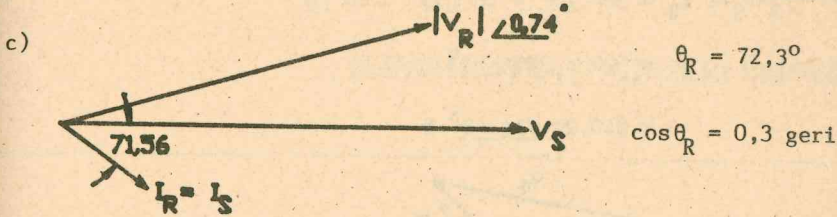
çözüm :

a) $I_S = I_R$

$$V_S = V_R + Z I_R = Z_{yük} \cdot I_R + Z I_R = (Z_{yük} + Z) \cdot I_R$$

$$I_R = \frac{V_R}{Z_{yük} + Z} = \frac{240 \angle 0^\circ}{3 + j8 + 7 + j22} = 7,59 \angle -71,56^\circ \text{ A}$$

b) $V_R = Z_{yük} \cdot I_R = 23 \angle 72,3^\circ \cdot 7,59 \angle -71,56^\circ = 174,57 \angle 0,74^\circ \text{ V}$

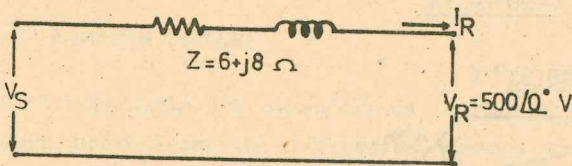


d) $P_R = V_R \cdot I_R \cos \theta_R = 174,57 \cdot 7,59 \cdot 0,3 = 397,5 \text{ W}$

e) $S_R = \frac{P_R}{\cos \theta_R} = \frac{397,5}{0,3} = 1325 \text{ VA}$

f) $Q_R = S_R \cdot \sin \theta_R = 1325 \cdot 0,95 = 1258,75 \text{ VAR}$

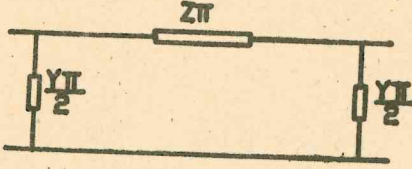
2.17



Yukarıdaki devrede V_S 'i aşağıda verilen herbir şart için ayrı ayrı analitik ve grafik olarak çözünüz.

ÖRNEK 5.19

Örnek 5.4'de tarif edilen iletim hattı için eşdeğer π devresi sabitlerini hesaplayınız.



$$Z_{\pi} = Z_C \sinh \gamma x = Z \cdot \frac{\sinh \gamma x}{\gamma x}$$

$$\frac{Y_{\pi}}{2} = \frac{1}{Z_C} \tanh \frac{\gamma x}{2} = \frac{Y}{2} \frac{\tanh \frac{\gamma x}{2}}{\frac{\gamma x}{2}}$$

ÖRNEK: Örnek 5.6'da hesaplanan değerler kullanılırsa,

$$Z_{\pi} = Z \frac{\sinh \gamma x}{\gamma x}$$

$$Z_{\pi} = 143,3 \angle 75,96^{\circ} \cdot \frac{0,357 \angle 83,27^{\circ}}{0,366 \angle 83^{\circ}}$$

$$= 141,5 \angle 76,2^{\circ} \quad \Omega$$

$$\frac{Y_{\pi}}{2} = \frac{\cosh \gamma x - 1}{Z_C \sinh \gamma x}$$

$$\frac{Y_{\pi}}{2} = \frac{0,935 + j 0,0158 - 1}{394 \angle -7,02^{\circ} \cdot 0,359 \angle 83,27^{\circ}}$$

$$\frac{Y_{\pi}}{2} = 446 \cdot 10^{-6} \angle 89,7^{\circ}$$

Siemens

ttı
kü-
ye-
bulunur.

Eşdeğer Π devre sabitleri:

$$Z_{\Pi} = Z_c \cdot \sinh \gamma l$$

$$Z_{\Pi} = 405 \angle -5,9^\circ \cdot 0,449 \angle 84,5^\circ$$

$$Z_{\Pi} = 182 \angle 78,6^\circ \quad \Omega$$

$$\frac{Y_{\Pi}}{2} = \frac{1}{Z_c} \cdot \frac{\cosh \gamma l - 1}{\sinh \gamma l}$$

$$\frac{Y_{\Pi}}{2} = \frac{1}{405 \angle -5,9^\circ} \cdot \frac{0,895 \angle 1,38^\circ - 1}{0,449 \angle 84,5^\circ}$$

$$\frac{Y_{\Pi}}{2} = \frac{0,8947 + j 0,0216 - 1}{182 \angle 78,6^\circ}$$

$$\frac{Y_{\Pi}}{2} = \frac{0,107 \angle 168,4^\circ}{182 \angle 78,6^\circ}$$

$$\frac{Y_{\Pi}}{2} = 0,000588 \angle 89,8^\circ \quad \text{Siemens}$$

Nominal Π devre sabitleri:

$$Z = z \cdot l = 225 \cdot 0,841 \angle 78,2^\circ = 189 \angle 78,2^\circ \quad \Omega$$

$$\frac{Y}{2} = \frac{y \cdot l}{2} = 225 \cdot \frac{5,12 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ}{2}$$

$$= 0,000575 \angle 90^\circ \quad 1/\Omega$$

Sonuçlardan görüldüğü gibi 225 mil uzunluğundaki bir uzun iletim hattı için nominal Π ve eşdeğer Π devre sabitleri arasındaki fark oldukça küçüktür. Çok hassas sonuçlar istenmediği zamanlarda eşdeğer Π devresi yerine nominal Π devresi bu tip mesafeler için kullanılabilir.

ÖRNEK

Örnek
hesapl

ÖRNEK:

ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER

5.2

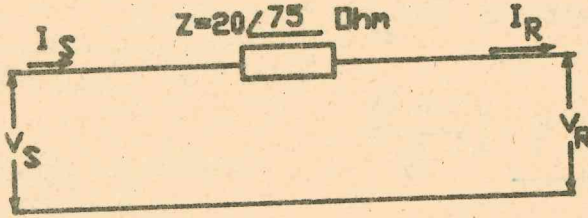
çiz

5.1. Seri empedansı $Z = 20 \angle 75^\circ \Omega$ olan tek fazlı bir iletim hattı devresinde hat sonu gerilimi V_R 'yi referans alarak aşağıdaki değerler için V_S 'i hesaplayınız.

- a) $V_R = 10000 \text{ V}$; $I_R = 150 \text{ A}$ $\cos\theta_R = 1$
 b) $V_R = 10000 \text{ V}$; $I_R = 200 + j100 \text{ A}$
 c) $V_R = 10000 \text{ V}$; $P_R = 2000 \text{ kW}$ $\cos\theta_R = 0,8$ geri

ÇÖZ

ÇÖZÜM:



$$\begin{aligned} \text{a) } V_S &= V_R + Z I_R = 10000 \angle 0^\circ + 20 \angle 75^\circ \cdot 150 \angle 0^\circ \\ &= 10000 + 3000 \angle 75^\circ \\ &= 11159,25 \angle 15^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } V_S &= V_R + Z I_R = 10000 \angle 0^\circ + 20 \angle 75^\circ \cdot 223,6 \angle 26,56^\circ \\ &= 10000 + 4472 \angle 101,56^\circ \\ &= 10103,24 \angle 25,69^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{c) } |I_R| = \frac{P_R}{|V_R| \cos\theta_R} = \frac{2000 \cdot 10^3}{10000 \cdot 0,8} = 250 \text{ A}$$

$$I_R = 250 \angle -36,86^\circ \text{ A}$$

$$\begin{aligned} V_S &= 10000 + 20 \angle 75^\circ \cdot 250 \angle -36,86^\circ \\ &= 10000 + 5000 \angle 38,14^\circ \\ &= 14270,6 \angle 12,49^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

5.2. Problem 5.1'deki devre için V_S 'i referans alarak fazör diyagramını çizin ve aşağıdaki şartların her biri için V_R 'yi hesaplayınız.

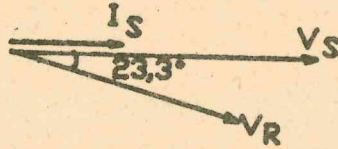
a) $V_S = 10000 \text{ V}$; $I_S = 200 \text{ A}$ $\cos\theta_S = 1$

b) $V_S = 15000 \text{ V}$; $I_S = 150 + j200 \text{ A}$

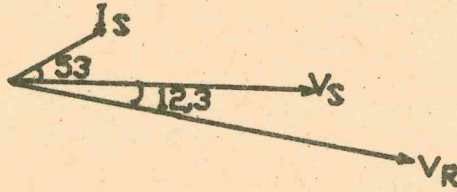
c) $V_S = 15000 \text{ V}$; $I_S = 250 \angle -30^\circ \text{ A}$

çözüm:

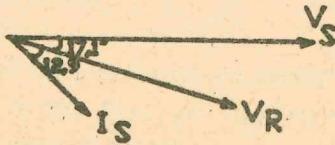
$$\begin{aligned} \text{a) } V_R &= V_S - ZI_S = 10000 - 20 \angle 75^\circ \cdot 200 \angle 0^\circ \\ &= 10000 - 4000 \angle 75^\circ \\ &= 9761,8 \angle -23,31^\circ \text{ V} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{b) } V_R &= V_S - ZI_S = 15000 - 20 \angle 75^\circ \cdot 250 \angle 53,13^\circ \\ &= 15000 - 5000 \angle 128^\circ \\ &= 18502,6 \angle -12,3^\circ \text{ V} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{c) } V_R &= V_S - ZI_S = 15000 - 20 \angle 75^\circ \cdot 250 \angle -30^\circ \\ &= 15000 - 5000 \angle 45^\circ \\ &= 11997,2 \angle -17,13^\circ \text{ V} \end{aligned}$$



5.3. 20 km uzunluğundaki kısa bir iletim hattının direnci $r=0,263\Omega/\text{km}$ -faz ve endüktif reaktansı $x=0,765 \Omega/\text{km}$ -fazdır. Hatta kaybolan aktif güç, hat sonu aktif gücünün % 10'unu ve hatbaşı gerilimi 33 kV, hatsonu güç faktörü 0,906 endüktif olarak verildiğine göre;

Hat sonu de
 $V_R = 15758 \angle 0^\circ \text{ V}$

- Hat sonu gerilimini
- Hat sonu akımını
- Hat sonu aktif ve reaktif güçlerini

hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad R &= r \cdot l = 0,263 \cdot 20 = 5,26\Omega \\ x &= x \cdot l = 0,765 \cdot 20 = 15,3\Omega \\ Z &= R + jx = 5,26 + j15,3 = 16,178 \angle 71^\circ \Omega \end{aligned}$$

$$0,1 P_R = 0,1 V_R \cdot I_R \cdot \cos\theta_R = R I_R^2$$

$$I_R = \frac{0,1 \cdot V_R \cdot \cos\theta_R}{R}$$

$$V_R = |V_R| \angle 0^\circ \text{ alınır } \cos\theta_R = 0,906; \theta_R = 25^\circ$$

$$I_R = |I_R| \angle -25^\circ \text{ olur.}$$

$$I_R = 0,1 \frac{V_R \cdot \cos\theta_R}{R} \angle -25^\circ = 0,1 \frac{0,906}{5,26} V_R \angle -25^\circ$$

$$I_R = 0,0172 V_R \angle -25^\circ$$

Hat başı gerilimi

$$V_S = \frac{33000}{\sqrt{3}} \angle 6^\circ = 19052 \angle 6^\circ$$

$$V_S = V_R + Z I_R$$

$$19052 \angle \delta = V_R + 16,179 \angle 71^\circ \cdot 0,0172 V_R \angle -25^\circ$$

$$19052 \angle \delta = V_R (1 + 0,278 \angle 46^\circ)$$

$$19052 \angle \delta = V_R (1 + 0,193 + j 0,1999)$$

$$V_R = \frac{19052}{1,193 + j 0,1999} \angle \delta = \frac{19052 \angle \delta}{1,209 \angle 9,5^\circ}$$

$$V_R = 15,758 \angle \delta - 9,5^\circ \quad \text{kV}$$

$$\delta - 9,5^\circ = 0^\circ ; \quad \delta = 9,5^\circ$$

$$V_R = 15,758 \angle 0^\circ \quad \text{kV}$$

b) $I_R = 0,0172 V_R \angle -25^\circ = 0,0172 \cdot 15,758 \angle -25^\circ = 271 \angle -25^\circ \text{ A}$

c) Hat sonu toplam aktif ve reaktif güçleri

$$3 V_R I_R^* = 3 \cdot 15,758 \angle 0^\circ \cdot 271 \angle 25^\circ = 12811254 \angle 25^\circ = 11,61 + j 5,41 \text{ MVA}$$

Buradan

Toplam aktif güç: 11,61 MW

Toplam reaktif güç: 5,41 MVar bulunur.

5.4. 20 km uzunluğunda üç fazlı kısa bir iletim hattının elektriksel hat sabitleri $r = 0,295 \Omega/\text{km-faz}$ ve $x = 0,557 \Omega/\text{km-faz}$ dır. Hat sonu faz-nötr gerilimi referans alınarak hatbaşı faz-nötr gerilimi $17321 \angle 3,5^\circ \text{ V}$ 'ta sabit ve hattın gerilim regülasyonu % 10 olarak verildiğine göre;

a) Hat sonu gerilimi

b) Hat sonu akımını

c) Hat sonu aktif ve reaktif güçlerini

d) Hat sonu ve hat başı güç faktörlerini hesaplayınız, sonuçları fazör diyagramı üzerinde gösteriniz.

ÇÖZÜM:

$$a) \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} = 0,10 \text{ buradan } |V_S| = 0,1 |V_R| + |V_R|$$

$$|V_R| = \frac{17321}{1,1} = 15746 \text{ V}$$

$$V_R = 15746 \angle 0^\circ \text{ V bulunur.}$$

$$b) \quad \vec{V}_S = \vec{V}_R + Z \vec{I}_R$$

$$17321 \angle 3,5^\circ = 15746 \angle 0^\circ + 20 (0,295 + j 0,557) \cdot \vec{I}_R$$

$$17289 + j 1057 - 15746 = 12,45 \angle 61,83^\circ \cdot \vec{I}_R$$

$$\vec{I}_R = \frac{1870 \angle 34,41^\circ}{12,45 \angle 61,83^\circ} = 150 \angle -27,42^\circ \quad A \text{ bulunur.}$$

c) Hat sonu toplam aktif ve reaktif güçleri:

$$3 \vec{V}_R \cdot \vec{I}_R^* = 3 \cdot 15746 \angle 0^\circ \cdot 150 \angle 27,42^\circ = 6289655 + j 3263033 \text{ MVA}$$

Toplam aktif güç : 6,29 MW

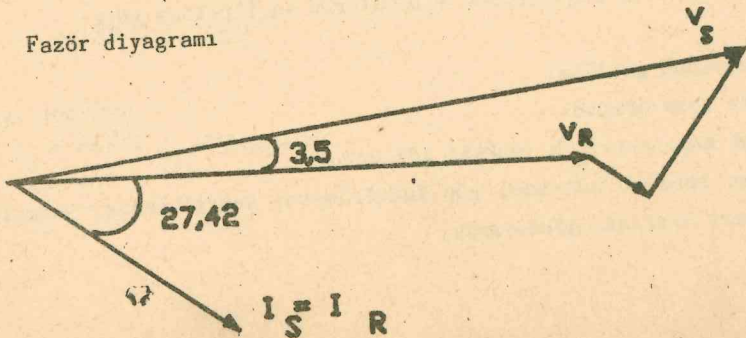
Toplam reaktif güç: 3,26 MVar

bulunur.

$$d) \quad \cos \theta_R = \cos^{-1} 27,42 = 0,887 \text{ geri}$$

$$\cos \theta_S = \cos^{-1} (27,42 + 3,5) = 0,857 \text{ geri olarak bulunur.}$$

e) Fazör diyagramı



5.5. 20 km uzunluğunda üç fazlı bir iletim hattının elektriksel hat sabitleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$r = 0,295 \, \Omega/\text{km-faz}$$

$$x = 0,557 \, \Omega/\text{km-faz}$$

İletim hattının randımanı % 95 olduğuna ve hat başı gerilimi 35 kV, hat sonu güç faktörü 0,9 geri olarak verildiğine göre;

- Hat sonu gerilimini
- Hat sonu akımını
- Hat sonunda aktif ve reaktif güçleri
- Hat başı güç faktörü açısını

hesaplayınız ve fazör diyagramını çiziniz.

ÇÖZÜM

$$a) \quad Z = 20(0,295 + j 0,557) = 12,45 \, /61,83^\circ \, \Omega$$

$$\text{İletim hattının randımanı } \eta = \frac{P_R}{R \cdot I_R^2 + P_R} = 0,95$$

$$P_R = 0,95 R \cdot I_R^2 + 0,95 P_R$$

$$0,05 P_R = 0,95 \cdot 20 \cdot 0,295 \cdot I_R^2$$

$$0,05 V_R \cdot I_R \cdot \cos \theta_R = 5,605 I_R^2$$

$$I_R = 0,008 \cdot V_R$$

$$\tilde{V}_R = |V_R| \, /0^\circ \text{ alınır, } I_R = |I_R| \, /-25,84^\circ \text{ olur.}$$

$$I_R = 0,008 \cdot V_R \, /+25,84$$

$$V_S = V_R + Z \cdot I_R \text{ denkleminde } V_S; V_S \, /\delta \text{ olarak tanımlanırsa,}$$

$$V_S \angle \delta = V_R + 12,45 \angle 61,83^\circ \cdot 0,008 \cdot V_R \cdot \angle -25,84^\circ$$

$$20207 \angle \delta = V_R + 0,0996 \cdot V_R \angle 35,99^\circ$$

$$20207 \angle \delta = (1 + 0,0996 \angle 35,99^\circ) \cdot V_R$$

$$20207 \angle \delta = (1 + 0,0805 + j 0,0585) V_R$$

$$20207 \angle \delta = 1,0821 \angle 3,1^\circ \cdot V_R$$

$$V_R = \frac{20207 \angle \delta}{1,082 \angle 3,1^\circ} = 18674 \angle -3,1^\circ \text{ V ; } V_R \text{ referans alındığından,}$$

$$V_R = 18674 \angle 0^\circ \text{ V ve } \delta - 3,1^\circ = 0 ; \delta = 3,1^\circ \text{ bulunur.}$$

b) Hat sonu akımı:

$$I_R = 0,008 \cdot V_R \cdot \angle -25,84^\circ = 0,08 \cdot 18674 \angle -25,84^\circ = 149,4 \angle -25,84^\circ$$

c) Hat sonunda toplam aktif ve reaktif güçler:

$$3V_R \cdot I_R^* = 3 \cdot 18674 \cdot 149,4 \angle 25,84^\circ = 8369687 \angle 25,84^\circ = 7532841 + j3648000$$

Buradan,

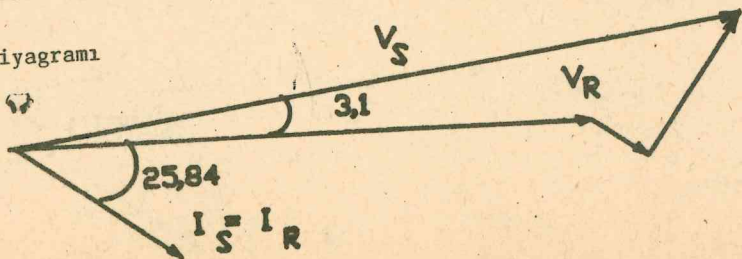
Toplam aktif güç : 7,53 MW

Toplam reaktif güç: 3,65 MVar bulunur.

d) Hat başı güç faktörü açısı:

$$\cos^{-1} (25,84^\circ + 3,1^\circ) = \cos^{-1} (28,94^\circ) = 0,875 \text{ geri (endüktif)}$$

Fazör diyagramı

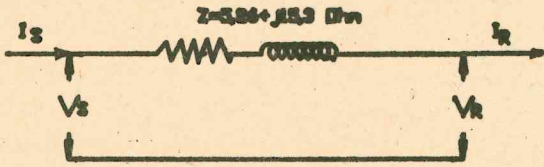


5.6. Kısa bir iletim hattının seri sabiti $Z=5,26+j15,3\Omega$ dur. İletim hattının hat başı ve hat sonu faz-nötr gerilimlerinin mutlak değerleri arasındaki oran 1,1 aralarındaki açı ise $3,5^\circ$ dir. Hat sonu gerilimi 30 kV olduğuna göre; (V_R referans alınacaktır.)

- Hat sonu akımını
- Seri empedans üzerinde düşen gerilimi ve bu gerilimin hat sonu gerilimi ile yaptığı açığı
- Hat sonu ve hat başı güç faktörü açılarını
- Hat sonundan çekilen aktif ve reaktif güçleri
- Hat başından gönderilen aktif ve reaktif güçleri
- Hatta kaybolan aktif ve reaktif güçleri
- Hattın randımanını

hesaplayınız ve fazör diyagramını çiziniz.

ÇÖZÜM



a)

$$V_R = |V_R| \angle 0^\circ = \frac{30000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$V_S = 1,1 |V_R| \angle 3,5^\circ \text{ V}$$

$$V_S = 1,1 \cdot \frac{30000}{\sqrt{3}} \cdot \angle 3,5^\circ \text{ V}$$

Diğer taraftan

$$V_S = V_R + Z \cdot I_R$$

$$\frac{33000}{\sqrt{3}} \angle 3,5^\circ = \frac{30000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ + 16,178 \angle 71^\circ \cdot I_R$$

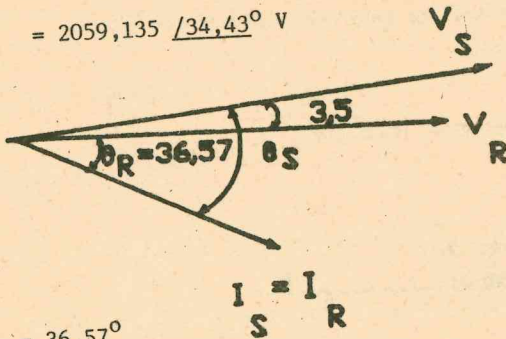
$$I_R = \frac{19075 \angle 3,5^\circ - 17341}{16,178 \angle 71^\circ} = \frac{19039,4 + j1164,5 - 17341}{16,178 \angle 71^\circ}$$

$$I_R = \frac{2059,277 \angle 34,43^\circ}{16,178 \angle 71^\circ} = 127,28 \angle -36,57^\circ \text{ A}$$

b)

$$\begin{aligned} Z \cdot I_R &= 16,178 \angle 71^\circ \cdot 127,28 \angle -36,57^\circ \\ &= 2059,135 \angle 34,43^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

c)



$$\theta_R = 36,57^\circ$$

$$\theta_S = \theta_R + 3,5^\circ = 36,57 + 3,5 = 40,07^\circ$$

d) Bir faza ait hat sonu kompleks gücü

$$\begin{aligned} V_R \cdot I_R^* &= 17341 \angle 0^\circ \cdot 127,28 \angle 36,57^\circ = 2207162,5 \angle 36,57^\circ \\ &= 1772637,4 + j 1315037,2 \end{aligned}$$

Buradan,

$$P_R = 1772,6374 \text{ kW}$$

$$Q_R = 1315,0372 \text{ KVar}$$

$$I_S = I_R = 127,28 \angle 36,6^\circ$$

e)

Bir faza ait hat başı kompleks gücü

$$\begin{aligned} V_S \cdot I_S^* &= 19075 \angle 3,5^\circ \cdot 127,28 \angle 36,57^\circ = 2427866 \angle 40,07^\circ \\ &= 1857945,2 + j 1562873,3 \end{aligned}$$

Buradan,

$$P_S = 1857,9452 \text{ kW}$$

$$Q_S = 1562,8733 \text{ KVar}$$

f)

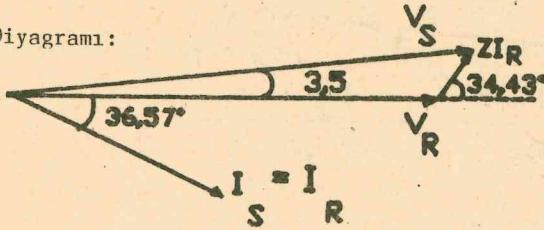
$$\text{Aktif güç kaybı} = P_S - P_R = 1857,9452 - 1772,6374 = 85,3078 \text{ kW}$$

$$\text{Reaktif güç kaybı} = Q_S - Q_R = 1562,8733 - 1315,0372 = 247,8361 \text{ KVar}$$

g) Hattın randımanı:

$$\eta = \% \frac{P_R}{P_S} \cdot 100 = \% \frac{1772,6374}{1857,9452} \cdot 100 = \% 95$$

Fazör Diyagramı:



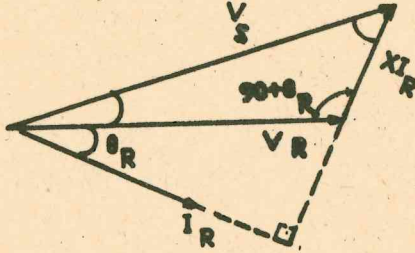
Not: Toplam güç ve güç kayıplarının bulunması istenirse yukarıdaki ifadeler 3 ile çarpılacaktır.

5.7. 20 km uzunluğunda 3 fazlı bir iletim hattının direnci ihmal ediliyor endüktif reaktansı ise $x = 0,5 \Omega/\text{km-faz}$ dır. Hat sonu faz-nötr gerilimi $V_R = 16000 \angle 0^\circ \text{ V}$, Hatbaşı faz-nötr gerilimi $V_S = |V_S| \angle 9^\circ \text{ V}$ ve hat sonu akımı $I_R = |I_R| \angle -37^\circ \text{ A}$ olarak verildiğine göre;

- Hat başı gerilimini
- Hat sonu akımını
- Hat sonu aktif ve reaktif güçlerini
- Hattın randımanını
- Yüzde gerilim regülasyonunu (Hat başı gerilimi hesaplanan değerinde sabit tutuluyor).

ÇÖZÜM

Çözüme fazör diyagramını çizerek başlayalım,



Elde edilen üçgene sinüs teoremi uygulanırsa,

$$\frac{|V_S|}{\sin(90^\circ + \theta_R)} = \frac{|X| |I_R|}{\sin \delta} = \frac{|V_R|}{\sin(90^\circ - \theta_R - \delta)}$$

$$\frac{|V_S|}{\sin(90^\circ + 37^\circ)} = \frac{|X| |I_R|}{\sin 9^\circ} = \frac{|V_R|}{\sin(90^\circ - 37^\circ - 9^\circ)}$$

$$\frac{|V_S|}{\sin 127^\circ} = \frac{0,5 \cdot 20 \cdot |I_R|}{\sin 9^\circ} = \frac{16000}{\sin 44^\circ}$$

a) Hat başı gerilimi:

$$|V_S| = \frac{16000}{\sin 44^\circ} \cdot \sin 127^\circ = 18394,9 \quad V$$

$$V_S = 18394,9 \angle 9^\circ \quad V$$

b) Hat sonu akımı:

$$\frac{10 I_R}{\sin 9^\circ} = \frac{16000}{\sin 44^\circ}$$

$$|I_R| = 16000 \cdot \frac{\sin 9^\circ}{\sin 44^\circ} = 360,3 \quad A$$

$$I_R = 360,3 \angle -37^\circ \quad A$$

c) Hat sonu toplam aktif ve reaktif güçleri:

$$\begin{aligned} 3V_R I_R^* &= 3.16000 \angle 0^\circ \cdot 360,3 \angle 37^\circ \\ &= 3.5764800 \angle 37^\circ \\ &= 13811922 + j 10408030 \end{aligned}$$

Buradan,

Toplam aktif güç: 13811,922 kW

Toplam reaktif güç: 10408,030 KVAr bulunur.

d) Hattın randımanı direnç ihmal edildiğinden %100 olur.

$$\begin{aligned} \text{e) Yüzde gerilim regülasyonu} &= \frac{|V_{R,NL}| - |V_{R,FL}|}{|V_{R,FL}|} \cdot 100 \\ &= \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} \cdot 100 \\ &= \frac{18394,9 - 16000}{16000} \cdot 100 \\ &= \% 14,96 \end{aligned}$$

2.Çözüm yolu;

$$V_S \angle 9^\circ = V_R \angle 0^\circ + X I_R$$

$$|V_S| \cos 9^\circ + j |V_S| \sin 9^\circ = |V_R| + |X| |I_R| \cos 53^\circ + j |X| |I_R| \sin 53^\circ$$

$$|V_S| \cdot \cos 9^\circ = |V_R| + |X| |I_R| \cos 53^\circ$$

$$|V_S| \cdot \sin 9^\circ = |X| |I_R| \cdot \sin 53^\circ$$

Bu elde edilen iki denklemden V_S ve I_R çözülür.

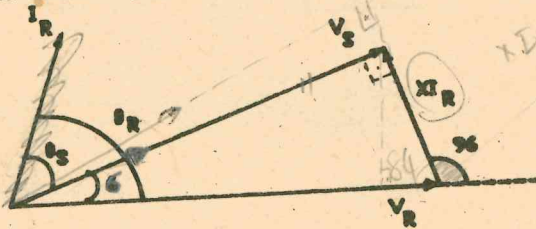
5.8. 20 km uzunluğunda 3 fazlı kısa bir iletim hattının direnci ihmal ediliyor. Endüktif reaktansı ise $x=0,765 \Omega/\text{km-fazdır}$. Hat sonu faz-nötr gerilimi $V_R=15758 \angle 0^\circ \text{ V}$, hat başı faz-nötr gerilimi $V_S = |V_S| \angle 6^\circ \text{ V}$ ve reaktans üzerinde düşen gerilimin referans ile yaptığı açı 96° olduğuna göre;

- Hat başı gerilimini
- Hat sonu akımını ve referans ile yaptığı açığı
- Hat başı akımını ve referans ile yaptığı açığı
- Hat sonu aktif ve reaktif güçlerini
- Yüzde gerilim regülasyonunu

hesaplayınız ve fazör diyagramını çiziniz.

ÇÖZÜM:

Çözüme fazör diyagramını çizerek başlayalım,



$$a) \quad |V_S| = |V_R| \cdot \cos 6^\circ = 15758 \cdot 0,9945 = 15671,6 \text{ V}$$

$$V_S = 15671,6 \angle 6^\circ \text{ V}$$

$$b) \quad V_S = V_R + X_L I_R$$

$$15671,6 \angle 6^\circ = 15758 \angle 0^\circ + 20 \cdot 0,765 \cdot I_R \angle 96^\circ$$

$$1024,3 \angle 6^\circ = 1029,9 \angle 0^\circ + I_R$$

$$I_R = 1018,7 + j107,06 - 1029,9$$

$$I_R = 11,2 + j107,06$$

$$I_R = 107,64 \angle 84^\circ \text{ A} \angle 6^\circ$$

c) Hat başı akımı:

$$I_S = I_R = 107,64 \angle 84^\circ \text{ A}$$

$$\theta_S = 84^\circ - 6^\circ = 78^\circ$$

d) $3 \cdot V_R \cdot I_R^* = 3 \cdot 15758 \angle 0^\circ \cdot 107,64 \angle -84^\circ$

$$= 5088573 \angle -84^\circ$$

$$= 531900,73 - j 5060697,6$$

Buradan,

Hat sonu toplam aktif gücü: 531,9 kW

Hat sonu toplam reaktif gücü: 5060,697 KVar bulunur.

e) Yüzde gerilim regülasyonu = $\frac{|V_S| - |V_R|}{|V_R|} \cdot 100$

$$= \frac{15671,6 - 15758}{15758} \cdot 100$$

$$= -\% 0,54$$

5.9. Üç fazlı kısa bir iletim hattında verilenler:

r : ihmal ediliyor

$x = 10 \Omega/\text{km-faz}$

$$V_R = 16000 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$V_S = |V_S| \angle 7^\circ \text{ V}$$

$$jX \cdot I_R = |X| |I_R| \angle 75^\circ \text{ V}$$

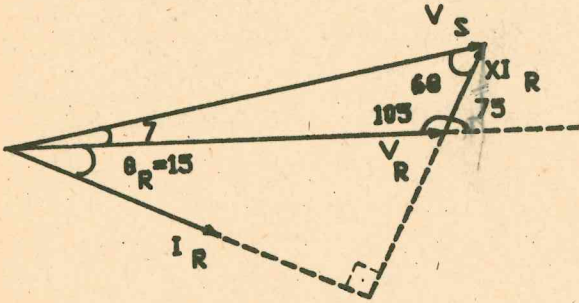
olduğuna göre;

a) Hat başı gerilimini

- b) Hat sonu akımını ve referans ile yaptığı açığı
 c) Hat başı akımını ve referans ile yaptığı açığı
 hesaplayınız ve fazör diyagramını çiziniz.

ÇÖZÜM:

Çözüme fazör diyagramını çizerek başlayalım,



Fazör diyagramından,

$$\theta_R = 15^\circ \text{ bulunur.}$$

$$a) \quad V_S \angle 7^\circ = V_R \angle 0^\circ + |X| |I_R| \angle 75^\circ$$

$$|V_S| \cos 7^\circ + j |V_S| \sin 7^\circ = |V_R| + |X| |I_R| \cos 75^\circ + j |X| |I_R| \sin 75^\circ$$

$$|V_S| \cos 7^\circ = |V_R| + |X| |I_R| \cos 75^\circ \quad (1)$$

$$|V_S| \sin 7^\circ = |X| |I_R| \sin 75^\circ \quad (2)$$

1.denklemden,

$$|V_S| 0,9925 = 16000 + 10.0,2588 |I_R|$$

2.denklemden,

$$|V_S| 0,1218 = 10.0,9659 |I_R|$$

$$|I_R| = 0,01261 |V_S|$$

Bu sonuç (1) denkleminde yerine konursa,

$$|V_S| 0,9925 = 16000 + 2,588 \cdot 0,01261 |V_S|$$

$$(0,9925 - 0,0326) |V_S| = 16000$$

$$|V_S| = \frac{16000}{0,9599}$$

$$|V_S| = 16668 \text{ V}$$

$$V_S = 16668 \angle 7^\circ \text{ V}$$

b) $|I_R| = 0,01261 |V_S|$

$$|I_R| = 0,01261 \cdot 16668$$

$$|I_R| = 210 \text{ A}$$

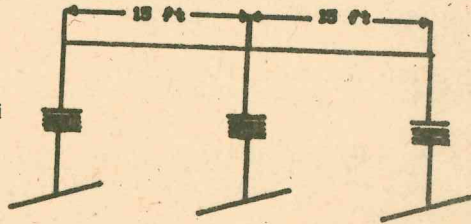
$$I_R = 210 \angle -15^\circ \text{ A}$$

c) $I_S = I_R = 210 \angle -15^\circ \text{ A}$

bulunur.

5.10. Üç fazlı bir iletim hattının uzunluğu 70 mil. İletken cinsi Ostrich olup tertibi şekildeki gibidir. Hat sonundan 230 kV gerilim altında 0,8 endüktif (geri) güç faktörü ile 60 MW güç çekilmektedir. Baz olarak 230 kV; 100 MVA'yı kullanarak per-unit cinsinden:

- Hat başı gerilimini
- Hat başı akımını
- Hat başı güç faktörünü
- Hat başı aktif gücünü



hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$\text{Baz empedans} = \frac{kV_B^2}{MVA_B} = \frac{230^2}{100} = 529 \, \Omega$$

Hat sonu akımı:

$$I_R = \frac{60.000}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,8} \angle -36,87^\circ = 188,3 \angle -36,87^\circ \text{ A} \quad (\theta_R = 36,87^\circ)$$

$$\text{Baz akım} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 251 \text{ A}$$

Buradan güç faktörü 0,8 geri olduğundan

$$I_R = \frac{188,3}{251} \angle -36,87^\circ = 0,75 \angle -36,87^\circ = 0,6 - j 0,45 \text{ p.u.}$$

$$V_R = \frac{230}{230} \angle 0^\circ = 1 \angle 0^\circ \text{ p.u.}$$

bulunur. Şimdi hat iletkenlerinin birim başına direncini, endüktif ve kapasitif reaktanslarını ekte verilen Tablo 1, 2 ve 3'ten bulalım.

Verilen tertip şekline göre iletkenler arasındaki geometrik ortalama değer

$$d_e = \sqrt[3]{15 \cdot 15 \cdot 30} = 18,9 \text{ ft.}$$

Tablo 1'den Ostrich için:

$$r = 0,3372 \, \Omega/\text{mil}$$

$$X_a = 0,458 \, \Omega/\text{mil.}$$

Tablo 2'den 18,9 ft için:

$$X_d = 0,3635 \, \Omega/\text{mil}$$

$$X = X_a + X_d = 0,458 + 0,3566 = 0,8146 \, \Omega/\text{mil}$$

Tablo 1'den Ostrich için:

$$X_a' = 0,1057 \text{ M}\Omega\text{-mil}$$

Tablo 3'den 18,9 ft için

$$X_d' = 0,0872 \text{ M}\Omega\text{-mil}$$

$$X_c = 0,1057 + 0,0872 = 0,1929 \text{ M}\Omega\text{-mil} \quad (B_c = 1/X_c)$$

Hat orta uzunlukta olduğundan nominal Π devresini kullanalım. Buradan,

$$Z = 70 (0,3372 + j 0,8146) = 61,7 \angle 67,5^\circ \Omega$$

$$\frac{Y}{2} = j \frac{70}{2} \cdot \frac{1}{X_c} \cdot 10^{-6} = \frac{70 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,1929} \angle 90^\circ = 181,44 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \text{ mho}$$

(Baz admitans, baz empedansının tersi olduğunu hatırlayarak)

Per-ünit cinsinden:

$$Z = \frac{61,7}{529} \angle 67,5^\circ = 0,1166 \angle 67,5^\circ \text{ p.u.}$$

$$\frac{Y}{2} = j 181,44 \cdot 10^{-6} \cdot 529 = 0,096 \angle 90^\circ \text{ p.u.}$$

Seri empedans üzerindeki akım:

$$= 0,75 \angle -36,87^\circ + 1,0 (j 0,096) = 0,6 - j 0,546 = 0,8112 \angle -42,3^\circ \text{ p.u.}$$

$$a) \quad V_S = 1,0 + 0,8112 \angle -42,3^\circ \cdot 0,1166 \angle 67,5^\circ = 1,086 \angle 2,125^\circ \text{ p.u.}$$

$$b) \quad I_S = 0,6 - j 0,546 + 1,086 \angle 2,125^\circ \cdot 0,096 \angle 90^\circ = 0,742 \angle -36,54^\circ \text{ p.u.}$$

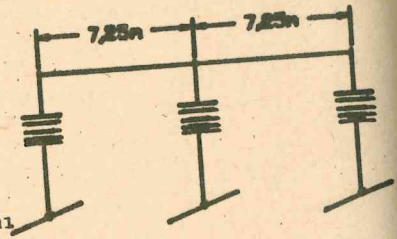
$$c) \quad \text{Hat başı güç faktörü : } \cos [2,125^\circ - (-36,54^\circ)] = 0,781$$

d) Hat başı aktif gücü = $|V_S| |I_S| \cdot \cos \theta_S = 1,086 \cdot 0,742 \cdot 0,781 = 0,6293 \text{ p.u}$

Gerçek değerler ise:

$$\begin{aligned} \text{Hat başı gerilimi} &= 1,086 \cdot 230 = 249,8 \text{ kV} \\ \text{Hat başı akımı} &= 0,742 \cdot 251 = 186,2 \text{ A} \\ \text{Hat başı aktif gücü} &= 0,6293 \cdot 100 = 62,93 \text{ MW} \end{aligned}$$

5.11. 60 Hz'lik tek devreli bir iletim hattının uzunluğu 370 km (230 mil) dir. İletken cinsi Rook olup tertibi şekildeki gibidir. Hat sonundan 215 kV gerilim altında % 100 güç faktörü ile 125 MW güç çekildiğine göre:



- Hat başı gerilimini
- Hat başı akımını
- Gerilim regülasyonunu
- Dalga boyunu ve propogasyon hızını

hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Önce hat iletkenlerinin km.faz başına veya mil-faz başına direncini, endüktif ve kapasitif reaktanslarını hesaplamamız gerekir. Bunu hesaplayabilmemiz için ekte verilen Tablo 1, 2 ve 3'ten istifade edeceğiz.

Verilen tertip şekline göre iletkenler arasındaki geometrik ortalama mesafe:

$$d_e = \sqrt[3]{23,8 \cdot 23,8 \cdot 47,6} \approx 30 \text{ ft.}$$

Tablo 1'den Rook için:

$$\begin{aligned} r &= 0,1603 \Omega/\text{mil} \\ X_a &= 0,415 \Omega/\text{mil} \end{aligned}$$

Tablo 2'den 30 ft için:

$$X_d = 0,4127 \Omega/\text{mil}$$

$$X = X_a + X_d = 0,415 + 0,4127 = 0,8277 \Omega/\text{mil}$$

Tablo 1'den Rook için:

$$X_a' = 0,0950 \text{ M}\Omega\text{-mil}$$

Tablo 3'den 30 ft için:

$$X_d' = 0,1009 \text{ M}\Omega\text{-mil}$$

$$X_c = X_a' + X_d' = 0,0950 + 0,1009 = 0,1959 \text{ M}\Omega\text{-mil}$$

$$B_c = 1/X_c$$

Buradan;

$$z = 0,1603 + j 0,8277 = 0,8431 \angle 79,04^\circ \Omega/\text{mil}$$

$$y = j(1/X_c) \cdot 10^{-6} = 5,105 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \text{ mho}/\text{mil}$$

$$\gamma l = \sqrt{yz} \cdot l = 230 \sqrt{0,8431 \cdot 5,105 \cdot 10^{-6}} \angle \frac{79,04^\circ + 90^\circ}{2}$$

$$= 0,4772 \angle 84,52^\circ = 0,0456 + j 0,4750$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{0,8431}{5,105 \cdot 10^{-6}}} \angle \frac{79,04^\circ - 90^\circ}{2} = 406,4 \angle -5,48^\circ \Omega$$

$$V_R = \frac{215 \cdot 000}{\sqrt{3}} = 124130 \angle 0^\circ \text{ V} \cdot (\text{faz-nötr})$$

$$I_R = \frac{125 \cdot 000}{\sqrt{3} \cdot 215} = 335,7 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\text{Cosh } \gamma l = \text{Cosh } 0,0456 \cdot \text{Cos } 0,475 + j \text{ Sinh } 0,0456 \cdot \text{Sin } 0,475^*$$

$$= 0,8902 + j 0,0209 = 0,8904 \angle 1,34^\circ$$

$$*0,475 \text{ rad} = 27,2^\circ$$

$$\begin{aligned}\sinh \gamma l &= \sinh 0,0456 \cdot \cos 0,475 + j \cosh 0,0456 \cdot \sin 0,475^* \\ &= 0,0405 + j 0,4578 = 0,4596 \angle 84,94^\circ\end{aligned}$$

a) Hat başı gerilimi:

$$\begin{aligned}V_S &= \cosh \gamma l \cdot V_R + Z_C \sinh \gamma l \cdot I_R \\ &= 124130 \cdot 0,8904 \angle 1,34^\circ + 335,7 \cdot 406,4 \angle -5,48^\circ \cdot 0,4596 \angle 84,94^\circ \\ &= 137851 \angle 27,77^\circ \text{ V}\end{aligned}$$

b) Hat başı akımı:

$$\begin{aligned}I_S &= \frac{\sinh \gamma l}{Z_C} \cdot V_R + \cosh \gamma l \cdot I_R \\ &= \frac{0,4596 \angle 84,94^\circ}{406,4 \angle -5,48^\circ} \cdot 124130 + 0,8904 \angle 1,34^\circ \cdot 335,7 \\ &= 332,27 \angle 26,33^\circ \text{ A}\end{aligned}$$

Hat başında:

$$\begin{aligned}\text{Hat gerilimi (faz-faz)} &= \sqrt{3} \cdot 137,85 = 238,8 \text{ kV} \\ \text{Hat akımı} &= 332,3 \text{ A} \\ \text{Güç faktörü} &= \cos(27,78^\circ - 26,33^\circ) = 0,9997 \approx 1,0 \\ \text{Güç} &= \sqrt{3} \cdot 238,8 \cdot 332,3 \cdot 1,0 = 137,440 \text{ kW}\end{aligned}$$

c) Gerilim Regülasyonu:

$V_S = \cosh \gamma l \cdot V_R + Z_C \sinh \gamma l \cdot I_R$ ifadesinde yüksüz hal için $I_R = 0$ olacağından

$$V_R = \frac{V_S}{\cosh \gamma l} \text{ olur.}$$

Buradan,

$$\text{Yüzde gerilim regülasyonu} = \frac{\frac{137,85}{0,8904} - 124,13}{124,13} \cdot 100 = 24,7 \%$$

d) Dalga boyu ve propogasyon hızı

$$\beta = \frac{0,4750}{230} = 0,002065 \text{ rad/mil}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2}{0,002065} = 3043 \text{ mil}$$

$$\text{Propogasyon hızı} = f \cdot \lambda = 60 \cdot 3043 = 182\,580 \text{ mil/s}$$

5.12. Per-unit hesapları kullanarak problem 5.11'de hat başı gerilim ve akımını bulunuz.

ÇÖZÜM

Baz olarak 125 MVA ve 215 kV'tu seçersek,

$$\text{Baz empedans} = \frac{kV_B^2}{MVA_B} = \frac{215^2}{125} = 370 \, \Omega$$

$$\text{Baz akım} = \frac{125\,000}{\sqrt{3} \cdot 215} = 335,7 \text{ A}$$

Buradan,

$$Z_c = \frac{406,4 \angle -5,48^\circ}{370} = 1,098 \angle -5,48^\circ \text{ per-unit}$$

$$V_R = \frac{215}{215} = \frac{215/\sqrt{3}}{215/\sqrt{3}} = 1,0 \text{ per-unit}$$

Hat sonu faz-nötr gerilimini referans alırsak

$$V_R = 1,0 \angle 0^\circ \text{ per-unit (faz-nötr)}$$

Güç faktörü 1,0 olduğundan,

$$I_R = \frac{335,7 \angle 0^\circ}{335,7} = 1,0 \angle 0^\circ \text{ per-unit}$$

Güç faktörü 1,0'den küçük olsa idi, $I_R > 1$ olacaktı.

Hat başı gerilimi:

$$\begin{aligned} V_S &= \cosh \gamma l \cdot V_R + Z_c \sinh \gamma l \cdot I_R \\ &= 0,8904 \cdot 1,0 + 1,098 \angle -5,48^\circ \cdot 0,4596 \angle 84,94^\circ \cdot 1,0 \\ &= 1,1102 / 27,75^\circ \text{ per-unit} \end{aligned}$$

Hat başı akımı:

$$\begin{aligned} I_S &= \frac{\sinh \gamma l}{Z_c} \cdot V_R + \cosh \gamma l \cdot I_R \\ &= \frac{0,4596 \angle 84,94^\circ}{1,098 \angle -5,48^\circ} \cdot 1 \angle 0^\circ + 0,8904 \angle 1,34^\circ \cdot 1 \angle 0^\circ \\ &= 0,990 \angle 26,35^\circ \text{ per-unit.} \end{aligned}$$

Hat başında:

Hat geriliminin gerçek değeri (faz-faz) = $1,1102 \cdot 215 = 238,7 \text{ kV}$

Hat akımının gerçek değeri = $0,990 \cdot 335,7 = 332,3 \text{ A}$

Faz-faz gerilim bazı per-unit cinsinden gerilimin genliği ile çarpılırsa, faz-faz geriliminin genliği bulunur. Faz-nötr gerilim bazı per-unit cinsinden gerilim ile çarpılırsa, faz-nötr geriliminin genliği bulunacaktır. Sonuç olarak bütün büyüklükler per-unit cinsinden ifade edildikten sonra $\sqrt{3}$ faktörü hesaplara girmez.

5.13. 390 km uzunluğundaki bir iletim hattının hat sabitleri $x=0,41 \Omega/\text{km}$; $y = 2,96 \cdot 10^{-6} \text{ mho/km}$ 'dir. Hattın direnci endüktansından küçük olduğundan ihmal edilmiştir. Hat başı ve hat sonu gerilimleri mutlak değerce birbirine eşit ve 220 kV, arasındaki faz farkı 13° dir. Hattın toplam admitansının hat başında toplandığını kabul ederek:

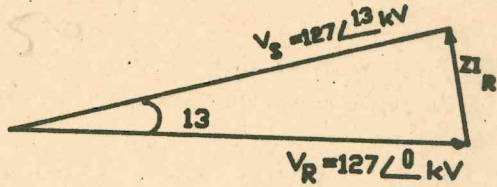
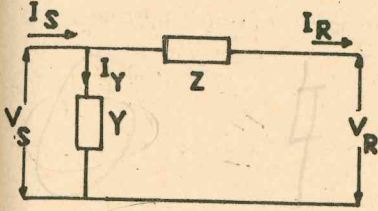
a)

- Hat sonundan çekilen akımı
- Hat sonu güç faktörü açısını
- Hat sonundan çekilen aktif ve reaktif güçleri
- Hat başı akımını
- Hat başı güç faktörü açısını
- Hat başından verilen aktif ve reaktif güçleri
- Hattaki toplam aktif ve reaktif güç kayıplarını

hesaplayınız ve fazör diyagramını çiziniz.

çözüm: *

Problemın çözümüne eşdeğer devreyi ve verilenlerle ilgili fazör diyagramını çizerek başlayalım,



$$|V_S| = |V_R| = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ kV}$$

$$V_R = 127 \angle 0^\circ \text{ kV referans alınır,}$$

$$V_S = 127 \angle 13^\circ \text{ kV olur.}$$

$$Z = (r + jx)\ell = j 0,41.390 = j159,9 \Omega$$

$$Y = y.\ell = j 2,96.10^{-6}.390 = j11,544.10^{-4} \text{ mho}$$

$$ZI_R = V_S - V_R = 127 \angle 13^\circ - 127 \angle 0^\circ = 28,75 \angle 96,5^\circ \text{ kV}$$

$$I_R = \frac{28,75 \angle 96,5^\circ}{159,9 \angle 90^\circ} = 179,8 \angle 6,5^\circ \text{ A}$$

b) $\theta_R = 6,5^\circ$

3) $3V_R I_R^* = 3.127 \angle 0^\circ \cdot 179,8 \angle -6,5^\circ = 68064 - j 7754,85$

Hat sonu aktif gücü = 68,0634 MW

Hat sonu reaktif gücü = -7,75485 MVar

d) $I_Y = V_S Y = 127000 \angle 13^\circ \cdot 11,544 \cdot 10^{-4} \angle 90^\circ = 146,6 \angle 103^\circ \text{ A}$

$I_S = I_R + I_Y = 179,8 \angle 6,5^\circ + 146,6 \angle 103^\circ = 218,74 \angle 48,24^\circ$

e) $\theta_S = 49 - 13 = 36^\circ$

f) $3 V_S I_S^* = 3.127 \angle 13^\circ \cdot 218,74 \angle -48,24^\circ = 68064 - j 48087,36 \text{ MVA}$

Hat başı aktif gücü = 68,064 MW

Hat başı reaktif gücü = -48,08736 MVar

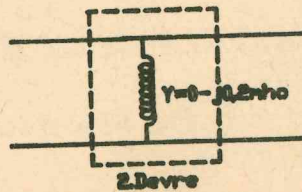
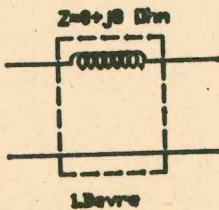
g) Aktif güç kaybı = 68,064 - 68,064 = 0
Reaktif güç kaybı = -48,08736 - (-7,75485) = -40,33 MVar

5.14. Problem 5.13'ü hattın toplam admitansının hat sonunda toplandığını kabul ederek çözünüz.

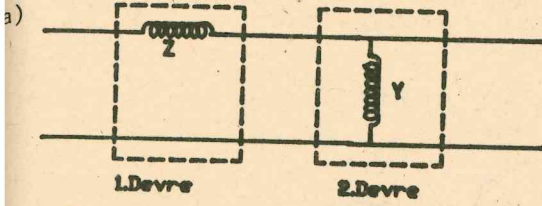
5.15. Şekilde gösterilen iki dört uçlu devre:

1. ve 2. devre seri bağlandığında
2. ve 1. devre seri bağlandığında
1. ve 2. devre paralel bağlandığında

elde edilecek eşdeğer devrenin ABCD sabitlerini hesaplayınız.



ÇÖZÜM:



1. devrede $V_S = V_R + Z I_R$

$$I_S = I_R$$

$$A_1 = 1, B_1 = Z, C_1 = 0, D_1 = 1$$

2. devrede $V_S = V_R$

$$I_S = Y V_R + I_R$$

$$A_2 = 1, B_2 = 0, C_2 = Y, D_2 = 1$$

değer devrenin

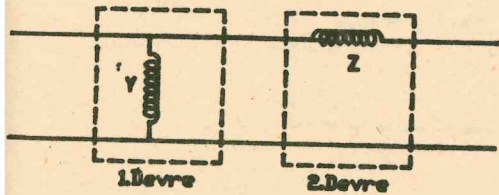
$$A = A_1 A_2 + B_1 C_2 = 1 \cdot 1 + Z \cdot Y = 1 + ZY$$

$$= 1 + (j8) (-j0,2) = 1 + 1,6 = 2,6$$

$$B = A_1 B_2 + B_1 D_1 = 1 \cdot 0 + Z \cdot 1 = Z = 0 + j8 \Omega$$

$$C = C_1 A_2 + D_1 C_2 = 0 \cdot 1 + 1 \cdot Y = Y = 0 - j0,2 \text{ mho}$$

$$D = C_1 B_2 + D_1 D_2 = 0 + 1 = 1$$



1. devrede $A_1 = 1, B_1 = 0, C_1 = Y, D_1 = 1$

2. devrede $A_2 = 1, B_2 = Z, C_2 = 0, D_2 = 1$

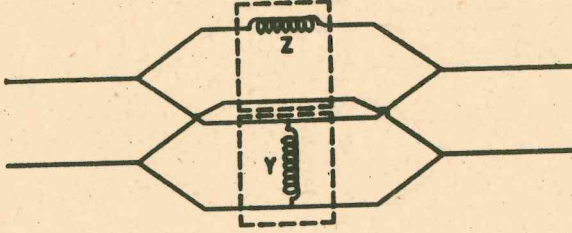
$$A = 1.1 + 0.0 = 1$$

$$B = 1.Z + 0.1 = Z = 0 + j8 \Omega$$

$$C = Y.1 + 1.0 = Y = 0 - j0.2 \text{ mho}$$

$$D = Y.Z + 1.1 = 1 + ZY = 1 + 1.6 = 2.6$$

c)



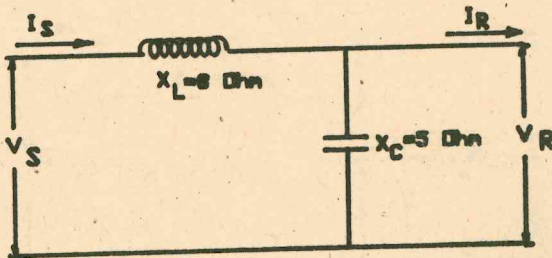
$$A = \frac{A_1 B_2 + A_2 B_1}{B_1 + B_2} = \frac{1.0 + 1.Z}{Z + 0} = 1$$

$$B = \frac{B_1 B_2}{B_1 + B_2} = \frac{Z.0}{0+Z} = 0$$

$$C = C_1 + C_2 + \frac{(A_1 - A_2)(D_2 - D_1)}{B_1 + B_2} = 0 + Y + \frac{(1 - 1)(1 - 1)}{0 + Z} = Y$$

$$D = \frac{B_2 D_1 + B_1 D_2}{B_1 + B_2} = \frac{1.0 + Z.1}{Z + 0} = 1$$

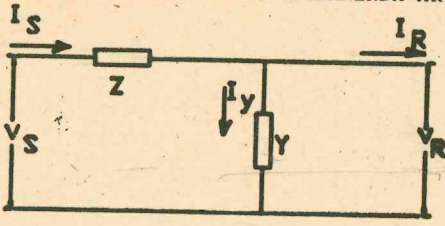
5.16. Şekildeki devrede ABCD sabitlerini hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

$$Z = 0 + jX_L = 0 + j8 \Omega$$

$$Y = 0 + j \frac{1}{X_C} = 0 + j \frac{1}{5} = 0 + j0.2 \text{ mho}$$



$$I_S = I_Y + I_R = YV_R + I_R$$

$$V_S = V_R + Z I_S = V_R + Z (YV_R + I_R)$$

$$= V_R + ZYV_R + ZI_R = (1 + ZY) V_R + Z I_R$$

$$V_S = (1 + ZY) V_R + Z I_R$$

$$I_S = YV_R + I_R$$

$$A = 1 + ZY = 1 + j8 \cdot j0,2 = 1 - 1,6 = -0,6$$

$$B = Z = j8 \, \Omega$$

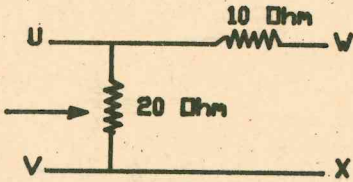
$$C = Y = j0,2 \text{ mho}$$

$$D = 1$$

17. Şekildeki devrede

- a) UV giriş ve WX çıkış
- b) WX giriş ve U.V çıkış

oları kabul ederek ABCD sabitlerini hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

$$UV\text{-giriş} \rightarrow V_S, I_S$$

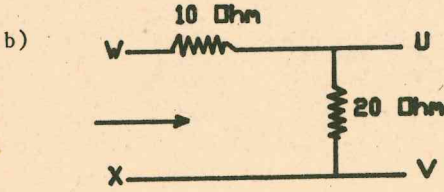
$$WX\text{-çıkış} \rightarrow V_R, I_R$$

$$V_S = V_R + 10 I_R$$

$$I_S = \frac{V_S}{20} + I_R = \frac{V_R + 10 I_R}{20} + I_R =$$

$$= \frac{V_R}{20} + 0,5 I_R + I_R = 0,05 V_R + 1,5 I_R$$

$$A = 1, B = 10, C = 0,05, D = 1,5$$



WX → giriş , V_S , I_S

UV → çıkış , V_R , I_R

$$I_S = \frac{V_R}{20} + I_R = 0,05 V_R + I_R$$

$$V_S = V_R + 10 I_S = V_R + 10 \left(\frac{V_R}{20} + I_R \right) = 1,5 V_R + 10 I_R$$

$$I_S = 0,05 V_R + I_R$$

$$A = 1,5, B = 10, C = 0,05, D = 1 \text{ bulunur.}$$

$$Z_1 \text{ ve } Z_2 \text{ paralel bağlı } Z_P = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(0+j60)(0+j30)}{0+j60+0+j30} = j20 \Omega$$

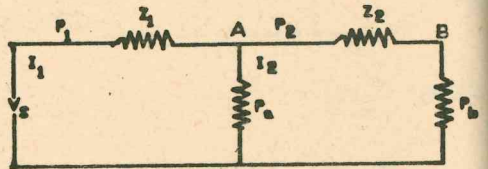
$$Z_P \text{ ve } Z_3 \text{ seri bağlı } Z = Z_P + Z_3 = j20 + 0 - j15 = j5 \Omega \text{ bulunur.}$$

5.18. Şekildeki merdiven devrede:

$$V_S = 5000 \text{ V}$$

$$P_t = 600 \text{ kW } \cos \theta_t = 0,8 \text{ geri}$$

$$Z_1 = 4 \angle 70^\circ \Omega$$



$$P_2 = 400 \text{ kW } \cos\theta_2 = 0,707 \text{ geri}$$

$$Z_2 = 2,5 \angle 60^\circ \Omega$$

olduğuna göre A ve B noktalarındaki gerilimi hesaplayınız.

ÖZÜM:

aynakta

$$I_1 = \frac{P}{V_S \cos\theta_t} = \frac{600000}{5000 \cdot 0,8} = 150 \text{ A}$$

referans alınır

$$V_S = 5000 \angle 0^\circ \text{ V} \quad I_1 = 150 \angle -37^\circ \text{ A}$$

$$I_1 Z_1 = 150 \angle -37^\circ \cdot 4 \angle 70^\circ = 600 \angle 33^\circ \text{ V}$$

$$V_A = V_S - I_1 Z_1 = 5000 \angle 0^\circ - 600 \angle 33^\circ$$

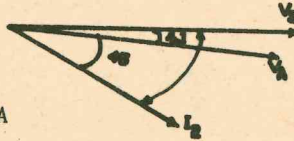
$$= 4500 \angle -4,1^\circ \text{ V}$$

noktasında

$$I_2 = \frac{P_2}{V_2 \cos\theta_2} = \frac{400000}{4500 \cdot 0,707} = 125 \text{ A}$$

$$V_A = 4500 \angle -4,1^\circ \text{ V olduğundan}$$

$$I_2 = 125 \angle -4,5^\circ - 4,1^\circ = 125 \angle -49^\circ \text{ A}$$



$$Z_2 I_2 = 2,5 \angle 60^\circ \cdot 125 \angle -49^\circ = 312,5 \angle 11^\circ \text{ V}$$

$$V_B = V_A - I_2 Z_2 = 4500 \angle -4,1^\circ - 312,5 \angle 11^\circ$$

$$= 4488 - j321 - 306,7 - j59,6$$

$$= 4198,5 \angle -5,2^\circ \text{ V}$$

5.19. Tek devreli 60 Hz Üç-fazlı iletim hattının uzunluğu 150 mil'dir. Hat sabitleri $r = 0,1858 \Omega/\text{mil}$, $L = 2,60 \text{ mH}/\text{mil}$ ve $C = 0,012 \mu\text{F}/\text{mil}$ olduğuna ve hat sonundan 138 kV gerilim altında 0,85 geri (endüktif) güç faktörü ile 50 MVA güç çekildiğine göre:

- A, B, C ve D sabitlerini
- Hat başı gerilimini
- Hat başı akımını
- Hat başı güç faktörünü
- Hat başı aktif gücünü
- Hattaki aktif güç kaybını
- Hattın verimini
- Yüzde gerilim regülasyonunu
- Yüksüz halde hat başı şarj akımını
- Hat başı gerilimi sabit tutulduğunda yüksüz halde hat sonu gerilimindeki artışı

hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$z = 0,1858 + j 2\pi \cdot 60 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} = 0,9977 \angle 79,27^\circ \Omega/\text{mil}$$

$$y = j2\pi \cdot 60 \cdot 0,012 \cdot 10^{-6} = 4,5239 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \text{ mho}/\text{mil}$$

$$\gamma = \sqrt{yz} = \sqrt{4,5239 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \cdot 0,9977 \angle 79,27^\circ} = 0,002144 \angle 84,63^\circ$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{0,9977 \angle 79,27^\circ}{4,5239 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ}} = 469,62 \angle -5,37^\circ \Omega$$

$$V_R = \frac{138000}{\sqrt{3}} = 79674,34 \angle 0^\circ \text{ V} \text{ . referans alınırsa}$$

$$\gamma l = 0,002144 \angle 84,63^\circ \cdot 150 = 0,0301 + j 0,3202$$

$$I_R = \frac{50 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 138 \cdot 10^3} = 209,18 \angle -31,8^\circ \text{ A bulunur.}$$

a) A, B, C ve D sabitleri:

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Cosh} \gamma \ell = \text{Cosh}(\alpha + j\beta)\ell = 1/2 (e^{\alpha\ell} e^{j\beta\ell} + e^{-\alpha\ell} e^{-j\beta\ell}) \\
 &= 1/2 (e^{\alpha\ell/\beta\ell} + e^{-\alpha\ell} \frac{-\beta\ell}{\beta\ell}) = 1/2 (e^{0,0301} \cdot e^{0,3202} + e^{-0,0301} \cdot e^{-0,3202}) \\
 &= 1/2 (e^{0,0301} \angle 18,35^\circ + e^{-0,0301} \angle -18,35^\circ) \\
 &= 1/2 (1,0306 \angle 18,35^\circ + 0,9703 \angle -18,35^\circ) \\
 &= 0,9496 + j 0,0095 = 0,9497 \angle 0,57^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \text{Sinh} \gamma \ell = Z_c [1/2 (e^{\alpha\ell} \cdot e^{j\beta\ell} - e^{-\alpha\ell} \cdot e^{-j\beta\ell})] \\
 &= 1/2 Z_c (e^{\alpha\ell} \angle \beta\ell - e^{-\alpha\ell} \angle -\beta\ell) \\
 &= 1/2 \cdot 469,62 \angle -5,37^\circ (e^{0,0301} e^{j0,3202} - e^{-0,0301} e^{-j0,3202}) \\
 &= 234,81 \angle -5,37^\circ (1,0306 \angle 18,35^\circ - 0,9703 \angle -18,35^\circ) \\
 &= 234,81 \angle -5,37^\circ (0,0572 + j0,6300) = 148,54 \angle 79,44^\circ \Omega
 \end{aligned}$$

$$C = \frac{\text{Sinh} \gamma \ell}{Z_c} = \frac{1}{469,62 \angle -5,37^\circ} \cdot 0,3163 \angle 84,81^\circ = 0,00067 \angle 90,18^\circ \text{ mho}$$

$$D = A = \text{Cosh} \gamma \ell = 0,9497 \angle 0,57^\circ$$

b)

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0,9497 \angle 0,57^\circ & 148,54 \angle 79,44^\circ \\ 0,00067 \angle 90,18^\circ & 0,9497 \angle 0,57^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 79674,34 \angle 0^\circ \\ 209,18 \angle -31,8^\circ \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Hat başı gerilimi:

$$V_S = 0,9497 \angle 0,57^\circ \cdot 79674,34 \angle 0^\circ + 148,54 \angle 79,44^\circ \cdot 209,18 \angle -31,8^\circ$$

$$= 99470,05 \angle 13,79^\circ \text{ V}$$

Fazlar arası gerilim : $\sqrt{3} \cdot 99470,05 = 172282,18 \text{ V}$.

c) Hat başı akımı:

$$I_S = 0,00067 \angle 90,18^\circ \cdot 79674,34 \angle 0^\circ + 0,9497 \angle 0,57^\circ \cdot 209,18 \angle -31,8^\circ$$

$$= 176,8084 \angle -16,3^\circ \text{ A}$$

d) Hat başı güç faktörü : $\cos \theta_S = \cos(13,79^\circ + 16,3^\circ) = 0,8653$

$$e) \text{ Hat başı aktif gücü: } \sqrt{3} \cdot V_{S(LL)} \cdot I_S \cdot \cos \theta_S$$

$$= \sqrt{3} \cdot 172282,18 \cdot 176,8084 \cdot 0,8653$$

$$= 45,65446 \text{ kW}$$

$$f) \text{ Hat sonu aktif gücü} = \sqrt{3} V_{R(LL)} \cdot I_R \cdot \cos \theta_R$$

$$= \sqrt{3} \cdot 138 \text{ 000} \cdot 209,18 \cdot 0,85$$

$$= 42,499 \text{ kW}$$

Buradan aktif güç kaybı = $45,65446 - 42,499 = 3155,46 \text{ kW}$

$$g) \text{ Hattın verimi } \eta = \frac{42,499}{45,65446} \cdot 100 = \% 93,1$$

$$h) \text{ Yüzde gerilim regülasyonu: } \frac{99470,05 - 79674,34}{79674,34} \cdot 100 = 24,9 \%$$

İLETİM HATLARINDA AKIM VE GERİLİM MÜNASEBETLERİ

i) Yüksüz halde hat başındaki şarj akımı:

Verilen iletim hattını orta uzunlukta kabul edersek hat nominal Π devresi ile çözülebileceğinden,

$$\text{Şarj akımı: } I_C = 1/2 Y V_S = 339,2925 \cdot 10^{-6} \cdot 99470,05 \angle 103,79^\circ$$

$$I_C = 33,75 \angle 103,79^\circ \text{ A}$$

j) Yüksüz halde hat sonunda gerilimdeki artış :

$$V_R = V_S - Z I_C = 99470,05 \angle 13,79^\circ - 149,66 \angle 79,22^\circ \cdot 33,75 \angle 103,79^\circ$$

$$= 104436,74 \angle 13,27^\circ \text{ V}$$

$$\text{Fazlar arası gerilim ise } = \sqrt{3} \cdot 104436,74 = 180889,74 \text{ V}$$

$$\text{Hat sonundaki gerilim artışı } = 180889,74 - 138000 = 42889,74 \text{ V}$$

bulunur.