

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DEVRE TEORİSİ

Ders Notu

BİR FAZLI SİSTEMLERDE GÜÇ

(ÇÖZÜMLÜ ÖRNEKLER)

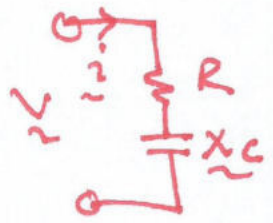
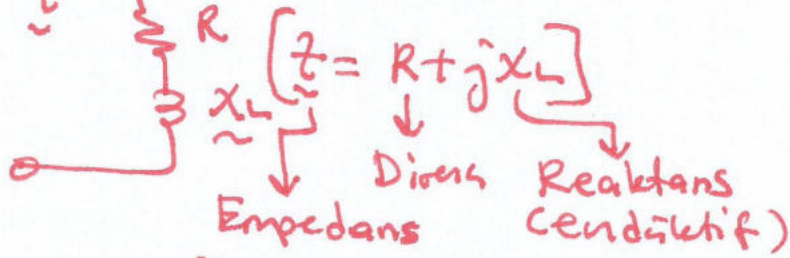
Doç. Dr. Recep YUMURTACI - Doç. Dr. Ercan İZGİ

DEVRE TEORİSİ (SSH'de Güç-ENERJİ-KOMPARASYON)

1

BİLGİ : $\tilde{i} = |\tilde{i}| \angle \theta_i$ [ÖZET]

$\tilde{V} = |\tilde{V}| \angle \theta_v$



$$\tilde{S} = \tilde{V} \times \tilde{I}^* = |\tilde{V}| |\tilde{I}| \angle \theta_v - \theta_i$$

$$= |\tilde{V}| |\tilde{I}| \angle \varphi \text{ (faz açısı)}$$

$$\tilde{S} = |\tilde{V}| |\tilde{I}| \cdot \cos \varphi + j |\tilde{V}| |\tilde{I}| \cdot \sin \varphi$$

[Kompleks Güç
VA, kVA, -]

P (Aktif Güç)
[W, kW, -]

+ j

Q [VAR, kVAR, -]

$$P = R \cdot |\tilde{i}|^2$$

$$Q = X \cdot |\tilde{i}|^2$$

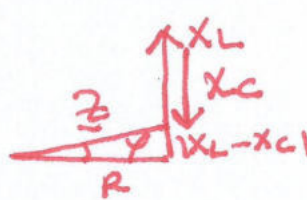
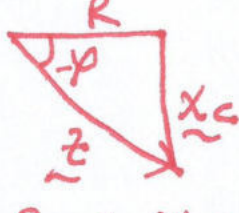
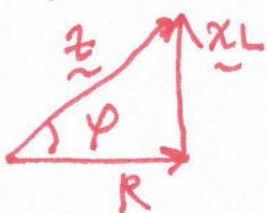
$$|S| = |Z| \cdot |\tilde{i}|^2$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

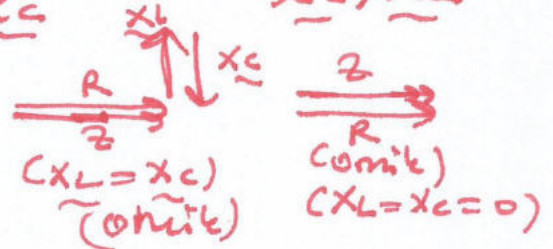
$|S| = |\tilde{V}| \cdot |\tilde{I}|$ [VA]
(Görünür (Zähir) Güç)

$\cos \varphi$ [Güç Faktörü]

Empedans Üçgeni



$\tilde{Z} = R + j(X_L - X_C)$ $\tilde{Z} = R + j(X_L - X_C)$
 $X_L > X_C$ $X_C > X_L$



$\tilde{Z} = R + jX_L$
(endüktif)

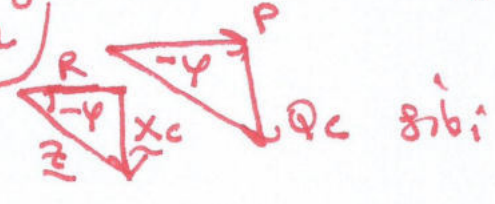
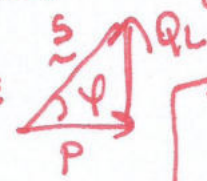
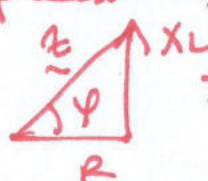
$\tilde{Z} = R - jX_C$
(kapasitif)

$\tilde{Y} = \frac{1}{\tilde{Z}} = G + jB$

Admitans (Güç İletkenliği) Süseptans

Güç Üçgeni (Empedans üçgeni ile aynı özellikler taşır)

R varsa P var
 X_L varsa Q_L var
 X_C varsa Q_C var
 R, X varsa S var



KOMPARASYON

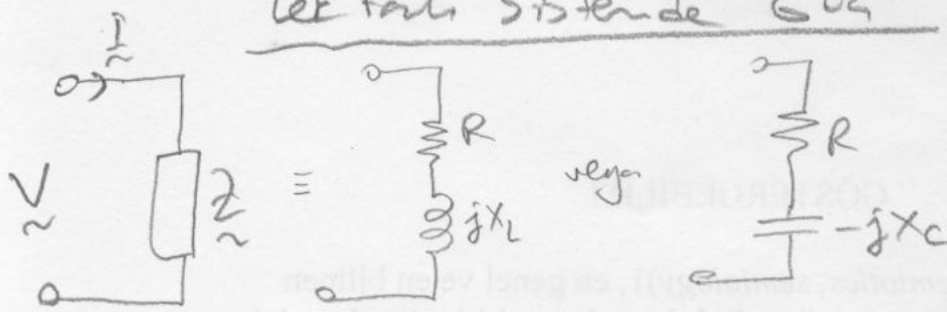
$Q_C = P * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$
(Gereklili kondensatör gücü)
Yükse paralel bağlanır. $\cos \varphi_2 = 1$ ise tam komparasyon denir.

$\cos \varphi_1, \cos \varphi_2$ ve φ için $\varphi = \arccos(\cos \varphi)$

$\varphi_C = \omega \cdot C \cdot V^2 \Rightarrow C = \frac{\varphi_C}{\omega \cdot V^2}$

Gereklili değeri

Tek fazlı Sistemlerde Güç

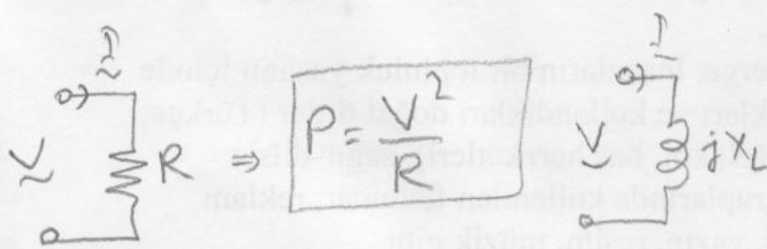


Bir kompleks sayı ile 1 eşleşimin çarpımı modülünün karesine eşittir
 $Z = r e^{j\theta}$
 $Z \cdot Z^* = r e^{j\theta} \cdot r e^{-j\theta} = r^2 e^{j0} = r^2$
 $(Z \cdot Z^*) = r^2$

$$S = \underline{V} \cdot \underline{I} = (\underline{Z} \cdot \underline{I}) \cdot \underline{I} = \underline{Z} \cdot \underline{I}^2 = (R + jX) \underline{I}^2 = \underbrace{R \underline{I}^2}_P + j \underbrace{X \underline{I}^2}_Q$$

$$P = R \underline{I}^2 \quad Q = X \underline{I}^2$$

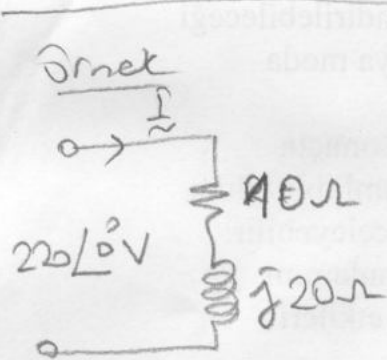
$$S = \underline{Z} \cdot \underline{I}^2 \rightarrow S = \underline{Z} \underline{I}^2$$



$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$Q = \frac{V^2}{X_L} = \frac{V^2}{\omega L}$$

$$\varphi = -\frac{V^2}{X_C} \quad Q = V^2 \omega C$$



Örnek 1

$$Z = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22,36 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{22,36} = 9,84 A$$

$$P = R \underline{I}^2 = 10 \cdot 9,84^2 = 968 W$$

$$Q = X_L \underline{I}^2 = 20 \cdot 9,84^2 = 1936 VAR$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{968^2 + 1936^2} = 2165 VA$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{Q}{P}\right) = \arctan\left(\frac{1936}{968}\right)$$

$$\varphi = 63,43^\circ \quad \cos \varphi = 0,447$$

Örnek 1

$$\underline{Z} = \sqrt{10^2 + 20^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{20}{10}\right) = 22,36 \angle 63,43^\circ \Omega$$

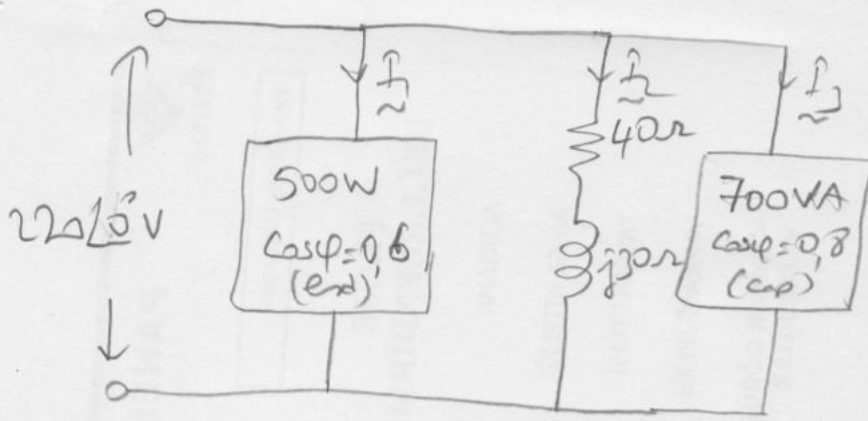
$$\underline{I} = \frac{V}{Z} = \frac{220 \angle 0^\circ}{22,36 \angle 63,43^\circ} = 9,84 \angle -63,43^\circ A$$

$$S = \underline{V} \cdot \underline{I}^* = 220 \angle 0^\circ \cdot 9,84 \angle +63,43^\circ = 2165 \angle 63,43^\circ VA$$

$$\underline{S} = P + jQ = 2165 (\cos 63,43^\circ + j \sin 63,43^\circ) = (968 + j1936) VA$$

$$P = 968 W, \quad Q = 1936 VAR, \quad S = 2165 VA, \quad \cos \varphi = \cos 63,43^\circ = 0,447$$

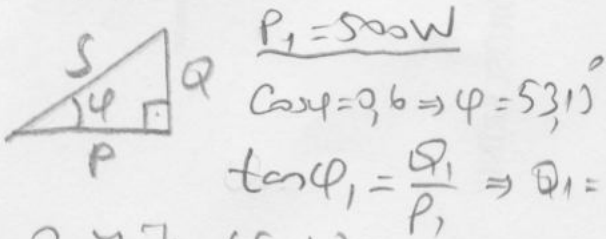
Örnek (Bar-fark sisteminde güç ve empedans) (2)



- Kaynaktan çekilen toplam güç hesaplayınız (ST=?, PT=?, QT=?)
- Kaynaktan çekilen toplam etkin hesaplayınız (Fazla robak)
- Kaynak uçlarından geçen eşdeğer empedansı hesaplayınız
- Kaynak uçlarına göre güç faktörünü 0,98 yapmak için gereken eleman değerini hesaplayınız

Gözm

1. yük (End)



2. yük (End)

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \Omega \quad I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ A}$$

$$S_2 = V \cdot \underline{I_2}^* = Z_2 \cdot \underbrace{\underline{I_2} \cdot \underline{I_2}^*}_{I_2^2} = Z_2 \cdot I_2^2 = (40 + j30) \cdot 4,4^2 = (774,4 + j580,8) \text{ VA}$$

$$P_2 = 774,4 \text{ W}$$

$$Q_2 = 580,8 \text{ VAR}$$

3. yük (Cap)

$$S_3 = 700 \text{ VA}$$

$$\cos \phi_3 = 0,8 \text{ (Cap)}$$

$$\phi_3 = -36,87^\circ$$

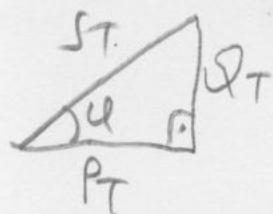
Cap.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_3 = S_3 \cos \phi_3 = 700 \cdot 0,8 = \underline{560 \text{ W}} \\ Q_3 = S_3 \sin \phi_3 = 700 \cdot (-0,6) = \underline{-420 \text{ VAR}} \end{array} \right.$$

Toplam güç

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 500 + 774,4 + 560 = \underline{1834,4 \text{ W}}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 666,7 + 580,8 - 420 = \underline{827,5 \text{ VAR}}$$



$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{1834,4^2 + 827,5^2} = 2012,4 \text{ VA} \quad (3)$$

$$\cos \phi_T = \frac{P_T}{S_T} = \frac{1834,4}{2012,4} = 0,911 \Rightarrow \phi_T = 24,35^\circ$$

b) Akımın efektif değeri $I_T = \frac{S_T}{V} = \frac{2012,4}{220} = 9,15 \text{ A}$
 Fazör olarak $\underline{I}_T = ?$

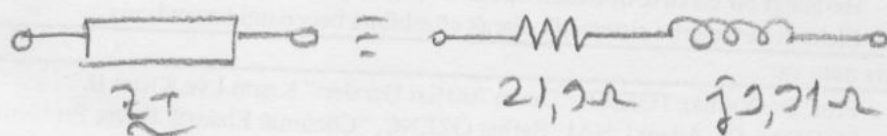
$$\underline{S}_T = \underline{V} \cdot \underline{I}_T^* \Rightarrow \underline{I}_T^* = \frac{\underline{S}_T}{\underline{V}} = \frac{2012,4 \angle 24,35^\circ}{220 \angle 0^\circ} = 9,15 \angle 24,35^\circ$$

$$\underline{I}_T = 9,15 \angle -24,35^\circ \text{ A}$$

$$c) \underline{Z}_T = \frac{\underline{V}}{\underline{I}_T} = \frac{220 \angle 0^\circ}{9,15 \angle -24,35^\circ} = 24,04 \angle 24,35^\circ$$

(veya $\underline{S}_T = \underline{Z}_T \cdot \underline{I}_T^2 \Rightarrow \underline{Z}_T = \frac{\underline{S}_T}{\underline{I}_T^2} = \frac{2012,4 \angle 24,35^\circ}{9,15^2} = 24,04 \angle 24,35^\circ$)

$$\underline{Z}_T = 24,04 (\cos 24,35^\circ + j \sin 24,35^\circ) = (21,9 + j9,91) \Omega$$



d) $P_T = 1834,4 \text{ W}$

$$\cos \phi_T = \cos \phi_1 = 0,911 \Rightarrow \phi_1 = 24,35^\circ$$

$$\cos \phi_2 = 0,98 \Rightarrow \phi_2 = 11,48^\circ$$

Yük endüktif olduğundan yük üzerine C bağlanacak.

$$Q_C = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$Q_C = 1834,4 (\tan 24,35^\circ - \tan 11,48^\circ)$$

$$Q_C = 457,6 \text{ VAR}$$

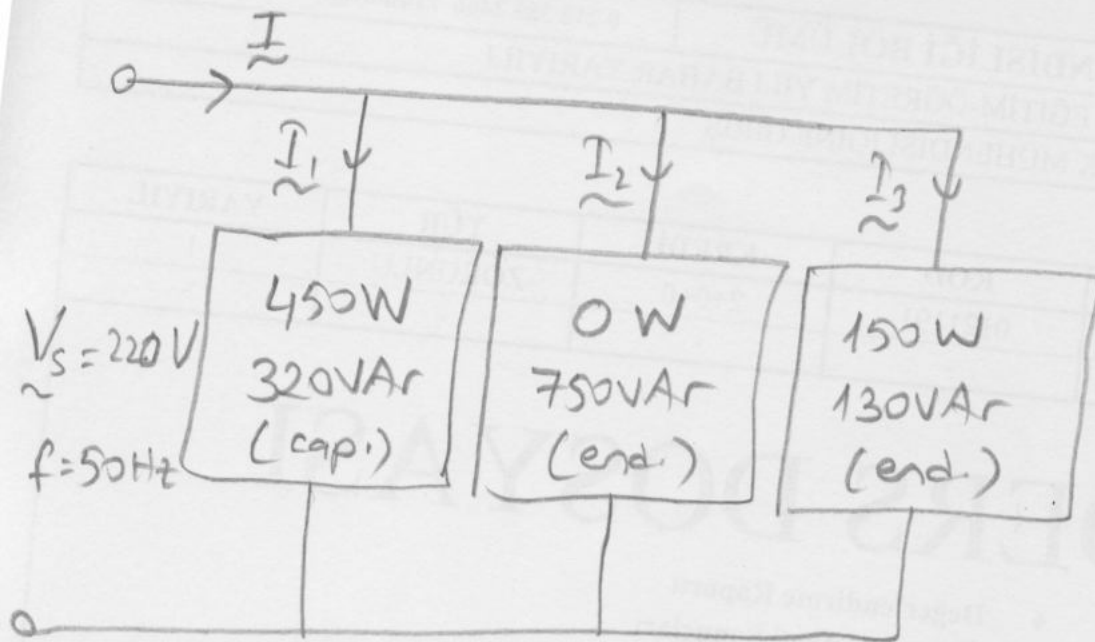
→ $Q_C = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{X_C} = \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}} \Rightarrow Q_C = V^2 \omega C$

$$C = \frac{Q_C}{V^2 \omega} = \frac{457,6}{220^2 \cdot 2\pi \cdot 50} \Rightarrow C = 3 \cdot 10^{-5} \text{ F}$$

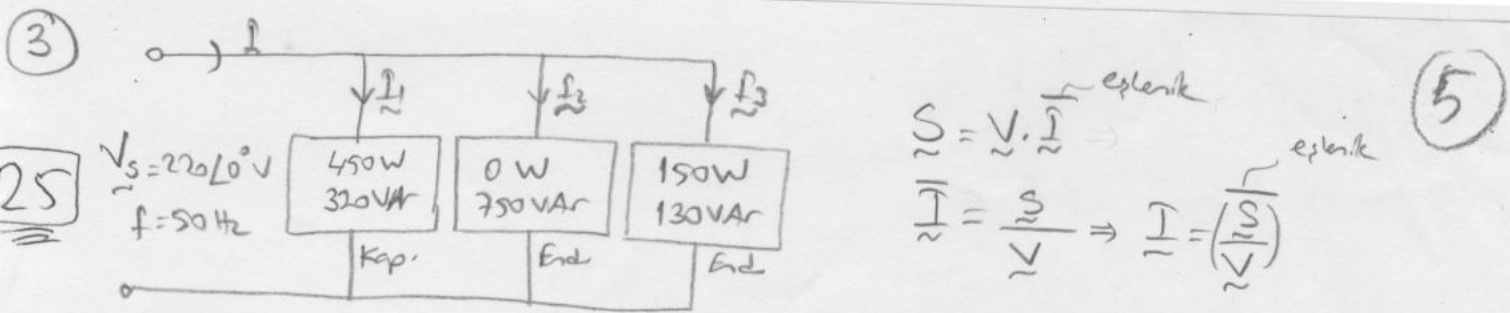
$$\underline{C = 30 \mu\text{F}}$$

Örnek

4



- Şekildeki devrede I_1 , I_2 , I_3 ve I akımlarını (fazör olarak) hesaplayınız.
- Şebekeden çekilen toplam aktif, reaktif ve görünür güçleri, güç katsayısını hesaplayınız.
- Güç katsayısını $0,95$ yapmak için şebeke girişine bağlanması gereken kondansatörün gücü ve kapasitesi hesaplayınız.



a) $\tilde{S}_1 = 450 - j320 = 552,17 \angle -35,42^\circ \text{ VA} \Rightarrow \tilde{I}_1 = \left(\frac{\tilde{S}_1}{\tilde{V}_s} \right) = \left(\frac{552,17 \angle -35,42^\circ}{220 \angle 0^\circ} \right)$

12) $\tilde{I}_1 = 2,5 \angle 35,42^\circ = (2,045 + j1,45) \text{ A}$

$\tilde{S}_2 = 0 + j750 = 750 \angle 90^\circ \text{ VA} \Rightarrow \tilde{I}_2 = \left(\frac{\tilde{S}_2}{\tilde{V}_s} \right) = \left(\frac{750 \angle 90^\circ}{220 \angle 0^\circ} \right)$

3) $\tilde{I}_2 = 3,41 \angle -90^\circ = -j3,41 \text{ A}$

$\tilde{S}_3 = 150 + j130 = 198,5 \angle 40,9^\circ \text{ VA} \Rightarrow \tilde{I}_3 = \left(\frac{\tilde{S}_3}{\tilde{V}_s} \right) = \left(\frac{198,5 \angle 40,9^\circ}{220 \angle 0^\circ} \right)$

3) $\tilde{I}_3 = 0,902 \angle -40,9^\circ = (0,6818 - j0,5909) \text{ A}$

$\tilde{I} = \tilde{I}_1 + \tilde{I}_2 + \tilde{I}_3 = 2,7273 - j2,5455$

3) $\tilde{I} \approx 2,73 - j2,55 = 3,73 \angle -43,02^\circ \text{ A}$

b) $\tilde{S}_T = P_T + jQ_T = 450 - j320 + j750 + 150 + j130 = (600 + j560) \text{ VA (End)}$

3)
 $\tilde{S}_T = 600 + j560 = 820,73 \angle 43,02^\circ$

$\tilde{S}_T = 820,73 \text{ VA}$
 $P_T = 600 \text{ W}$
 $Q_T = 560 \text{ VAR}$
 $\varphi = 43,02^\circ$

$\cos \varphi_1 = \frac{P_T}{\tilde{S}_T} = \frac{600}{820,73} \Rightarrow \boxed{\cos \varphi_1 = 0,731}$

c) $Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$ $\cos \varphi_2 = 0,95 \Rightarrow \varphi_2 = \cos^{-1}(0,95) = 18,2^\circ$

10) $Q_c = 600 (\tan 43,02^\circ - \tan 18,2^\circ) = 362,63 \text{ VAR} \Rightarrow \boxed{Q_c = 362,63 \text{ VAR}}$

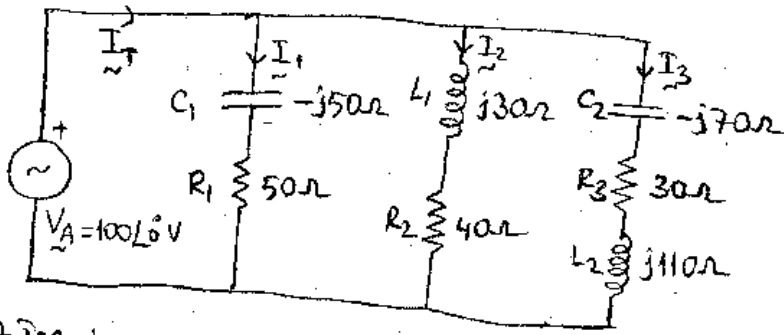
$Q_c = \omega C V_c^2 \Rightarrow C = \frac{Q_c}{\omega V_c^2} = \frac{362,63}{2\pi \cdot 50 \cdot 220^2} = 2,38 \cdot 10^{-5} \text{ F}$

$C = 2,38 \cdot 10^{-5} = 23,8 \cdot 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \boxed{C = 23,8 \text{ nF}}$ 5

NOT : Toplam akım ($\tilde{I}$), toplam kompleks güç ($\tilde{S}_T$) yardımıyla da bulunabilir.

$\tilde{S}_T = 820,73 \angle 43,02^\circ = \tilde{V}_s \cdot \tilde{I} \Rightarrow \tilde{I} = \frac{\tilde{S}_T}{\tilde{V}_s} = \frac{820,73 \angle 43,02^\circ}{220 \angle 0^\circ} = 3,73 \angle 43,02^\circ$

$\tilde{I} = 3,73 \angle 43,02^\circ \text{ A} \Rightarrow \boxed{\tilde{I} = 3,73 \angle -43,02^\circ \text{ A}}$ yukarıdakiyle aynı sonuç bulunur.



Çözüm:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = (50 - j50) \Omega$$

$$\underline{Z}_2 = R_2 + j\omega L_1 = (40 + j30) \Omega$$

$$\underline{Z}_3 = R_3 + j(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}) = 30 + j(110 - 70) = (30 + j40) \Omega$$

$$\underline{V}_A = 100 \angle 0^\circ = 100 \cdot (\cos 0^\circ + j \sin 0^\circ) = 100$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{V}_A}{\underline{Z}_1} = \frac{100}{50(1-j)} = \frac{2(1+j)}{2} = (1+j) \text{ A}$$

$$\underline{I}_1 = 1+j = \sqrt{1^2+1^2} / \arctan\left(\frac{1}{1}\right) = \sqrt{2} / 45^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{V}_A}{\underline{Z}_2} = \frac{100}{10(4+j3)} = \frac{10(4-j3)}{1.25} = \frac{8-j6}{5}$$

$$\underline{I}_2 = 1,6 - j1,2 = \sqrt{1,6^2+1,2^2} / \tan^{-1}\left(\frac{-1,2}{1,6}\right)$$

$$\underline{I}_2 = 1,6 - j1,2 \approx 2 / -37^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_3 = \frac{\underline{V}_A}{\underline{Z}_3} = \frac{100}{10(3+j4)} = \frac{10(3-j4)}{25}$$

$$\underline{I}_3 = \frac{6-j8}{5}$$

$$\underline{I}_3 = 1,2 - j1,6 = \sqrt{1,2^2+1,6^2} / \tan^{-1}\left(\frac{-1,6}{1,2}\right)$$

$$\underline{I}_3 = 1,2 - j1,6 \approx 2 / -53^\circ \text{ A}$$

$$\underline{I}_T = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3$$

$$\underline{I}_T = (1+j1) + (1,6-j1,2) + (1,2-j1,6)$$

$$\underline{I}_T = (1+1,6+1,2) + j(1-1,2-1,6)$$

$$\underline{I}_T = 3,8 - j1,8 = 4,2 / -25,3^\circ \text{ A}$$

a) $\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_3, \underline{I}_T, \underline{V}_{C1}, \underline{V}_{R1}$ ve $\underline{V}_{L2}$ büyüklüklerini hesaplayınız.

b) Devrenin fazör diyagramını çiziniz. (Yukarıda hesapladıklarınızı vektör diyagramında gösteriniz.)

c) Kaynaktan çekilen gücü hesaplayınız. Kaynak uçlarından görünen yükün endüktif mi yoksa kapasitif mi olduğunu belirleyiniz.

d) Kaynaktan çekilen gücün, devredeki R, L, C elemanların güçleri toplamına eşit olduğunu gösteriniz.

$$\underline{V}_{C1} = \underline{I}_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1} = \underline{I}_1 \cdot (-j50)$$

$$\underline{V}_{C1} = (1+j)(-j50) = -j50 + j^2 50$$

$$\underline{V}_{C1} = (50 - j50) \text{ Volt}$$

$$\underline{V}_{C1} = 50\sqrt{2} / \tan^{-1}\left(\frac{-50}{50}\right)$$

$$\underline{V}_{C1} = 50 - j50 = 50\sqrt{2} / -45^\circ \text{ V}$$

$$\underline{V}_{R1} = R_1 \cdot \underline{I}_1 = 50 \cdot (1+j) = 50 + j50$$

$$\underline{V}_{R1} = 50 + j50 = 50\sqrt{2} / 45^\circ \text{ V}$$

DİKKAT $\underline{V}_A = \underline{V}_{C1} + \underline{V}_{R1}$

$$100 = 50 - j50 + 50 + j50 = 100$$

(Sanuç doğru)

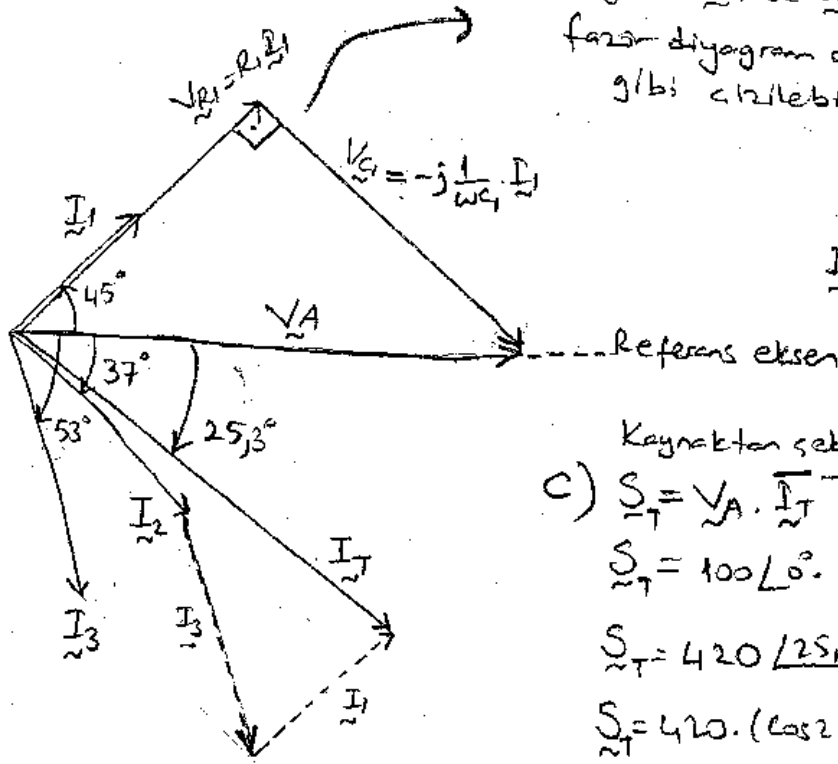
$$\underline{V}_{L2} = j\omega L_2 \cdot \underline{I}_3 = j110 \cdot 2 / -53^\circ$$

$$\underline{V}_{L2} = 110 \angle 90^\circ \cdot 2 / -53^\circ = 220 / 37^\circ \text{ Volt}$$

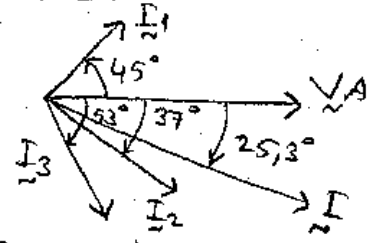
$$\underline{V}_{L2} = 220 \angle 37^\circ = 220(\cos 37^\circ + j \sin 37^\circ)$$

$$\underline{V}_{L2} = 220 \angle 37^\circ = (176 + j132) \text{ V}$$

b)



Eğer V_{C1} ve V_{B1} istermeseydi faz diyagramı daha basit olarak aşağıdaki gibi çizilebilirdi.



Kaynaktan çekilen güç

c) $S_T = V_A \cdot \bar{I}_T$ (eşlenik)
 $S_T = 100 \angle 0^\circ \cdot 4,2 \angle +25,3^\circ$ akım eşleniği alındı. açı (-25,3) idi + oldu.
 $S_T = 420 \angle 25,3^\circ \text{ VA}$

$$S_T = 420 \cdot (\cos 25,3 + j \sin 25,3)$$

$$S_T = 380 + j180 = P_T + jQ_T$$

$$P_T = 380 \text{ W (Aktif güç)}$$

$$Q_T = 180 \text{ VAR (Reaktif güç)}$$

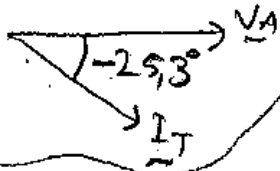
$Q_T > 0$ olduğu için yük endüktif yükler.

NOT: Kaynak uclarından geçenlerin yönünü

endüktif yük olduğuna kaynak gerilimine

(V_A) göre kaynaktan çekilen akımın ($\bar{I}_T$)

geri fazda olmasına bakarak da söyleyebiliriz



NOT: Devrede kaynaktan çekilen toplam aktif güç (P) dirençlerin güçleri toplamına, kaynaktan çekilen toplam reaktif güç de L ve C'lerin güçleri toplamına eşittir.

d) $P_T = P_1 + P_2 + P_3$ ve $Q_T = (Q_{L1} + Q_{L2}) + (Q_{C1} + Q_{C2})$

($P_T = 380 \text{ W}$ ve $Q_T = 180 \text{ VAR}$ bulundu)

$$\bar{I}_1 = \sqrt{2} \angle 45^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_2 = 2 \angle -37^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_3 = 2 \angle -53^\circ \text{ A}$$

$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 50 \cdot 2^2 = 100 \text{ W}$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 40 \cdot 2^2 = 160 \text{ W}$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_3^2 = 30 \cdot 2^2 = 120 \text{ W}$$

$$P_1 + P_2 + P_3$$

$$= 380 \text{ W} = P_T = 380 \text{ W} \checkmark$$

$$Q_{L1} = X_{L1} \cdot I_2^2 = 30 \cdot 2^2 = 120 \text{ VAR}$$

$$Q_{L2} = X_{L2} \cdot I_3^2 = 110 \cdot 2^2 = 440 \text{ VAR}$$

$$Q_{C1} = -X_{C1} \cdot I_1^2 = -50 \cdot 2^2 = -100 \text{ VAR}$$

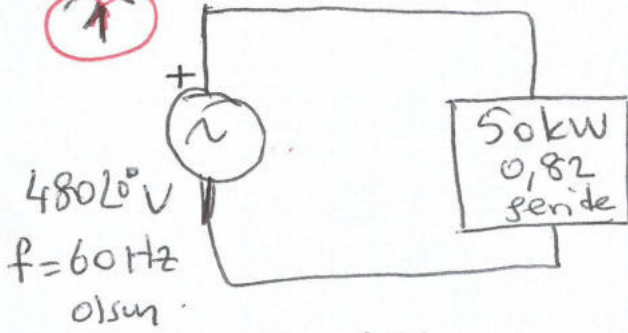
$$Q_{C2} = -X_{C2} \cdot I_2^2 = -70 \cdot 2^2 = -280 \text{ VAR}$$

$$= 120 + 440 - (100 + 280) = 560 - 380 = 180 = Q_T$$

ΣQ

DİKKAT: Endüktif reaktif güç (+) işaretli, kondansatör reaktif güç (-) işaretlidir. (Birbirine terstir.)

Örnekler



- a) $\cos \phi_2 = 0,95$ için geride C , Q_C değeri bulun
- b) Kompansasyon öncesi ve sonrası hat akımları bulun
- c) Güç değerleri
- d) Yükün elektriksel eşdeğer parametreleri

a) $P = 50 \text{ kW}$ $|S| = \frac{P}{\cos \phi_1} = 60,97 \text{ kVA}$

$\cos \phi_1 = 0,82 \Rightarrow$

$\sin \phi_1 =$

$\phi_1 = \arccos(0,82) = 34,91^\circ$

$\cos \phi_2 = 0,95 \Rightarrow \phi_2 = 18,195^\circ$

$\tan \phi_1 \approx 0,7$ $\tan \phi_2 = 0,328$

$Q_C = P * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$

$Q_C = 50000(0,7 - 0,328) = 18600 \text{ VAR}$

$Q_C = \omega \cdot C \cdot V^2 \Rightarrow C = \frac{Q_C}{\omega \cdot V^2} = \frac{18600}{377 \cdot 480^2} \approx 214 \mu\text{F}$

b) $P = VI \cos \phi_1$ (önce)

$I = \frac{50000}{480 \cdot 0,82} \approx 127 \text{ A}$

$\underline{I} = 127 \angle -34,91^\circ \text{ A}$

(sonra)

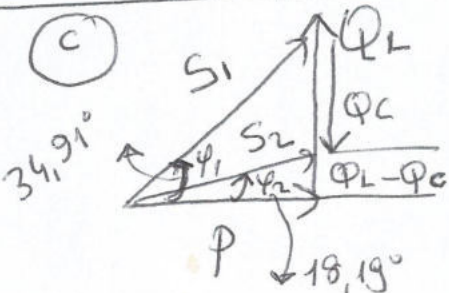
$P = VI \cos \phi_2$

$50000 = 480 \cdot I \cdot 0,95$

$I = \frac{50000}{480 \cdot 0,95} = 109,65 \text{ A}$

$\underline{I} = 109,65 \angle -18,19^\circ \text{ A}$

(c)



(d)

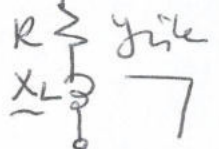
Yükün elektriksel eşdeğeri (R, X) aradık

$P = RI^2 = 50000 = R \cdot (127)^2$

$R = 3,1 \Omega$

$Q = XI^2 = 34880 = X \cdot (127)^2$

$X = 2,162 \Omega$



geride denek (endüktif) yani, akım geride gerilim açısından küçük (geride) $(\text{Endüktif güç denur})$



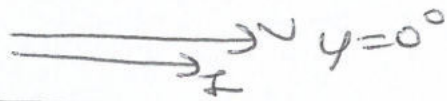
ileride denek (kapasitif)

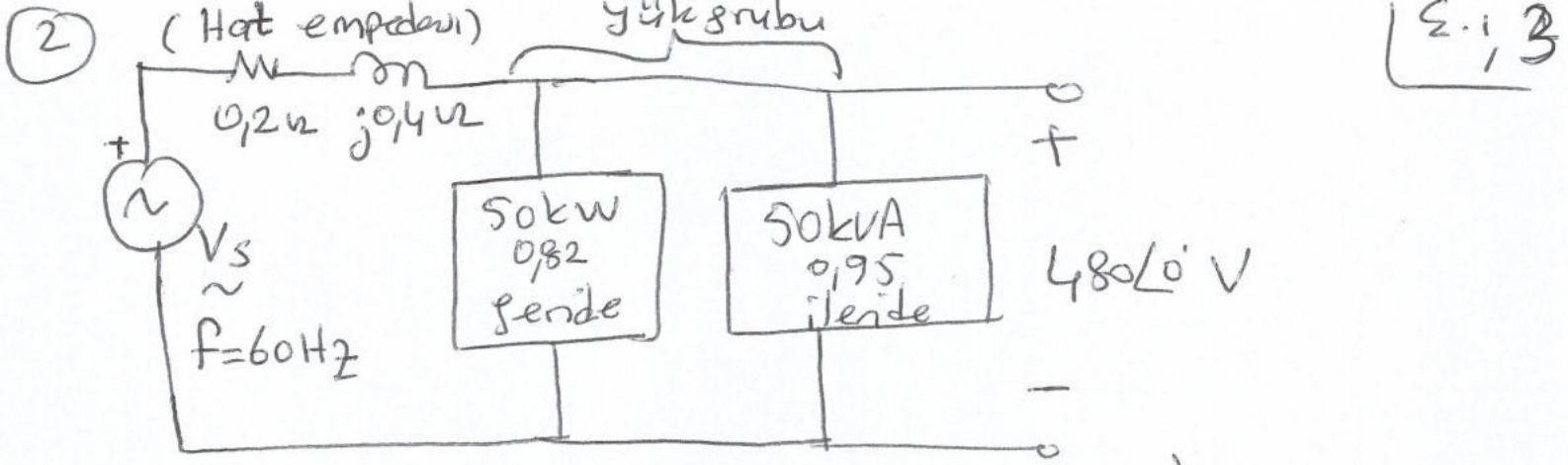
akım geride gerilim açısından ileride (daha büyük)



(kapasitif güç denur)

omik Sakına itz





- a) V_s gerilimini, güç katıgını ($\cos \phi$) bulunuy.
- b) $\cos \phi_b = 0,99$ (geride - yük sistemi için) olması için yükte bağlanması gereken C, Q_c değeri bulunuy.
- c) Kompansasyon öncesi ve sonrası için hat kayıplarını bulunuy.

1. yük	2. yük	Σ
$P_1 = 50 \text{ kW}$ $ S_1 = \frac{50}{0,82} = 60,97 \text{ kVA}$ $\phi_1 = S_1 \cdot \sin \phi_1 = >$ $60,97 \cdot \sin(34,91)$ $Q_1 = 34,9 \text{ kVAR}$ (geride) (+)	$ S_2 = 50 \text{ kVA}$ $P_2 = 50 \times 0,95 = 47,5 \text{ kW}$ $\phi_2 = 18,19^\circ$ $\sin \phi_2 = 0,312$ $Q_2 = S_2 \cdot \sin \phi_2$ $= 50 \times 0,312 = 15,6 \text{ kVAR}$ ileride (-)	$\Sigma P = P_1 + P_2 = 97,5 \text{ kW}$ $\Sigma Q = 34,9 - 15,6$ $\Sigma Q = 19,3 \text{ kVAR}$ $\Sigma S = \Sigma P + j \Sigma Q$ $= 97,5 + j 19,3$ $= 99,39 \angle 11,2^\circ \text{ kVA}$ ϕ (yük ağısı) $\tan \phi_a = 0,198$
$V_s = Z_h \cdot I + 480 \angle 0^\circ$ $V_s = (0,2 + j0,4) \cdot (207,06 \angle -11,2^\circ) + 480 \angle 0^\circ$ $V_s = 541,68 \angle 7,77^\circ \text{ V}$	$\Sigma S = V \cdot I^*$ $I^* = \frac{99390 \angle 11,2^\circ}{480 \angle 0^\circ}$ $I = 207,06 \angle -11,2^\circ \text{ A}$ Kompansasyon öncesi ✗	$\cos \phi_b = 0,99$ $\phi_b = 8,1^\circ$ $\tan \phi_b = 0,142$
B) Yükleme için $Q_c = \Sigma P \cdot (\tan \phi_a - \tan \phi_b)$ $= 97500 \cdot (0,198 - 0,142)$ $Q_c = 5460 \text{ VAR} = W \cdot C \cdot V^2 = 377 \cdot C \cdot 480^2$ $C = \frac{5460}{377 \cdot 480^2} = 62,86 \mu\text{F}$		$Q_{\text{yeni}} = \Sigma Q - Q_c$ $= 19,3 - 5,46$ $= 13,84 \text{ VAR}$ → devanı ---

$$\underline{\sum S_{yik\ yem}} = \underline{\sum P + j \sum Q_{yem}} \quad | \underline{2.1} | \underline{4}$$

$$= 97,5 + j 13,84 = 98,477 \angle 8,1^\circ \text{ kVA}$$

$$\underline{\sum S_{yem}} = \underline{V} \times \underline{I_{yem}^*}$$

$$\underline{I_{yem}} = \frac{98477 \angle 8,1^\circ}{480 \angle 0^\circ} = 205,16 \angle 8,1^\circ \text{ A}$$

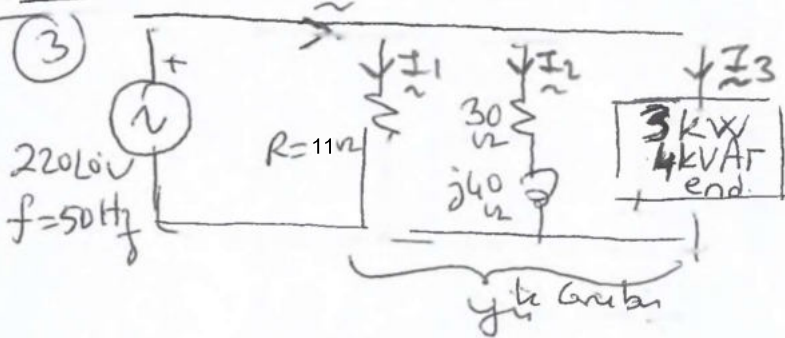
$$(\underline{I_{yem}} = 205,16 \angle -8,1^\circ \text{ A})$$

$$P_{\text{hat esli}} = R_{\text{hat}} \times |I_{\text{esli}}|^2 = (0,2) \times (207,06)^2 = 8575 \text{ W}$$

$$P_{\text{hat yem}} = R_{\text{hat}} \times |I_{\text{yem}}|^2 = (0,2) \times (205,16)^2 = 8418 \text{ W}$$

$$\text{fork k gupfiq} = 157 \text{ W} \quad [\text{kozarcimq}]$$

Örnek



a) yükün mba için
 $\underline{\sum P} \geq \underline{\sum Q}, \underline{\sum S}, \cos \varphi_1$
 $\tan \varphi_1 = ?$

b) $\cos \varphi_2$ -- 0,97 olması
 için gerekli CQC
 değeri nedir, bulunuy

a) $\underline{I_1} = \frac{220 \angle 0^\circ}{11} = 20 \angle 0^\circ \text{ A}$
 $P_1 = R \cdot |I_1|^2 = 11 \times 20^2 = 4,4 \text{ kW}$
 $Q_1 = 0 \text{ VAR}$

$$\underline{\sum P} = P_1 + P_2 + P_3 = 4400 + 580,8 + 3000 = 7980,8 \text{ W}$$

$$\underline{\sum Q} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 + 774,4 + 4000 = 4774,4 \text{ VAR}$$

$$\underline{\sum S} = \underline{\sum P} + j \underline{\sum Q} = 7980,8 + j 4774,4 \text{ VA}$$

$$\approx 9300 \angle 30,9^\circ \text{ VA}$$

$$\underline{I_2} = \frac{220 \angle 0^\circ}{50 \angle 53,1^\circ} = 4,4 \angle -53,1^\circ \text{ A}$$

$$P_2 = R |I_2|^2 = 580,8 \text{ W}$$

$$Q_2 = X |I_2|^2 = 774,4 \text{ VAR (+)}$$

$$\cos 30,9^\circ = 0,858$$

$$\tan 30,9^\circ = 0,598$$

$$\cos \varphi_2 = 0,97$$

$$\varphi_2 = \arccos(0,97)$$

$$= 14,07^\circ$$

$$P_3 = 3 \text{ kW}$$

$$Q_3 = 4 \text{ kVAR (end)}$$

$$Q_C = \underline{\sum P} \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$= 7980,8 (0,598 - 0,25)$$

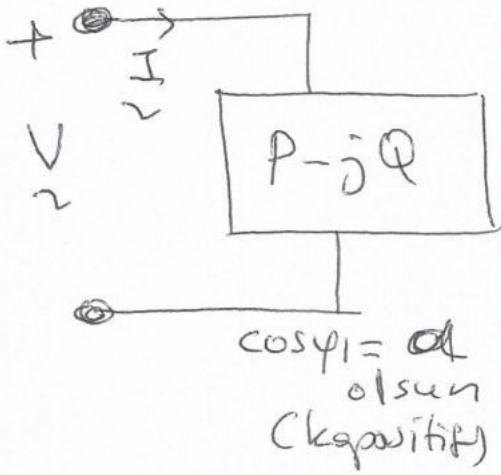
$$= 2777,3 \text{ VAR}$$

$$C = \frac{Q_C}{\omega V^2}$$

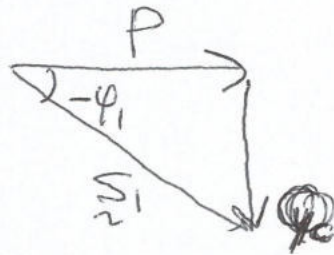
$$= \frac{2777,3}{2\pi \cdot 50^2} \approx 182 \mu\text{F}$$

Eğer kapasitif bir yük sistemi var ve endüktif yapılması isteniyorsa yaklaşık olarak şu şekilde yapılır:

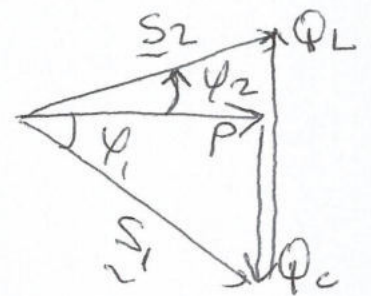
Görünüşü üzerinde gösterelim



Kapasitif yük görünüşü



Kompansasyon için L (bağlanmalı) Q_L eklenecek



$$Q_L - Q_C = P \times \tan \varphi_2$$

$$Q_L = Q_C + P \times \tan \varphi_2$$

$$Q_L = P \times \tan \varphi_1 + P \times \tan \varphi_2$$

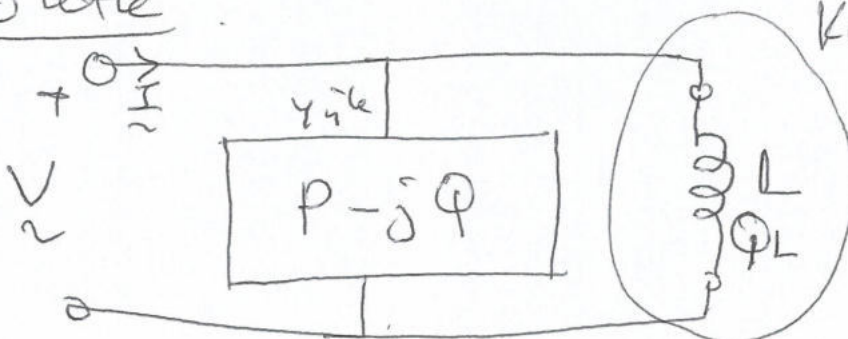
$$Q_L = P \times (\tan \varphi_1 + \tan \varphi_2)$$

$$\begin{aligned} \tan \varphi_1 &= \frac{Q_C}{P} \\ Q_C &= P \times \tan \varphi_1 \\ \tan \varphi_2 &= \frac{Q_L - Q_C}{P} \\ Q_L - Q_C &= P \times \tan \varphi_2 \end{aligned}$$

kapasitif yük sisteminde $\cos \varphi_1$ 'i endüktif $\cos \varphi_2$ 'ye getirmek için gerekli endüktif güç (Endüktans gücü)

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{V^2}{\omega \cdot L} \Rightarrow L = \frac{V^2}{\omega \cdot Q_L} \quad \text{endüktans değeri}$$

Örnek :

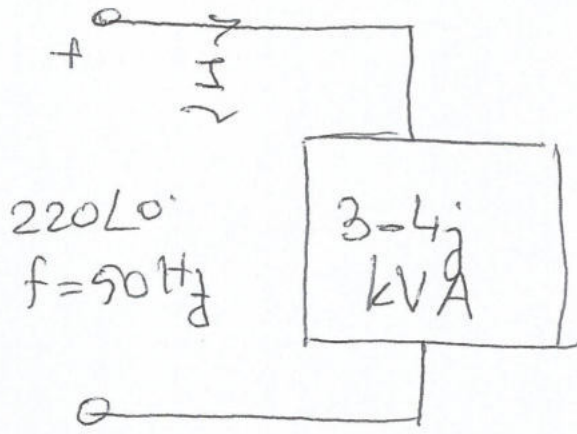


Kompansasyon sistemi

Y.G. hatlarında perilem yüklenmelerinde kullanılan ve reaktör olarak anılır.

Örnek (Kapasitif yük - Kompansasyonu)

(S. i. / 6)



verilen yük sisteminde;
a) ΣP , ΣQ , ΣS , $\cos \varphi_1$, $\tan \varphi_1 = ?$
b) $\cos \varphi_2$ 'yi 0,99 (end) yapmak için yükte paralel bağlanması gereken elemanın değerini ve gücünü bulunuz

$$\Sigma P = 3 \text{ kW}$$

$$\Sigma Q = 4 \text{ kVAR (-)}$$

$$\underline{S} = 3 - j4 = 5 \angle -53,1^\circ \text{ kVA}$$

$$\tan \varphi_1 = \tan(53,1^\circ) = 1,33$$

$$\cos \varphi_2 = 0,99 \Rightarrow$$

$$\varphi_2 = 8,1^\circ$$

$$\tan \varphi_2 = \tan(8,1^\circ) = 0,142$$

(Kapasitif olduğu için endüktans bağlanmalıdır)

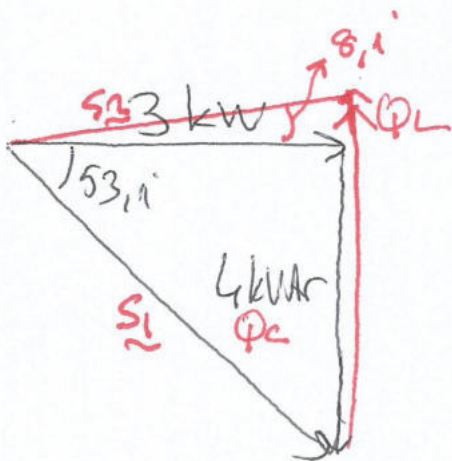
$$Q_L = \Sigma P * (\tan \varphi_1 + \tan \varphi_2)$$

$$= 3000 * (1,33 + 0,142)$$

$$Q_L = 4,416 \text{ kVAR (end.)}$$

$$L = \frac{\sqrt{2}}{\omega * Q_L} = \frac{220^2}{314 * 4416}$$

$$L = 34,9 \text{ mH}$$



$$Q_L = |Q_c| + |Q_L - Q_c|$$

$$P \tan \varphi_1 + P \tan \varphi_2$$

$$P * (\tan \varphi_1 + \tan \varphi_2)$$

Σ ide
 Σ ediri

(S. i.)