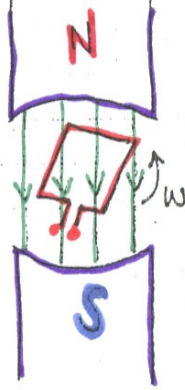
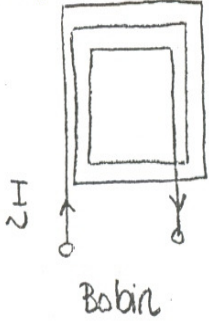


= 3 FAZLI SİSTEMLER =

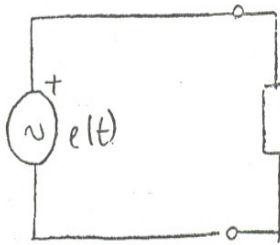
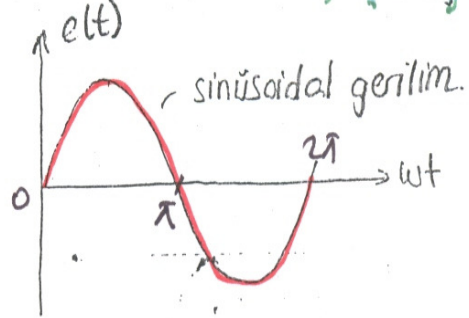
Bir fazlı AC gerilimin elde edilmesi



Bobinde endüklenen gerilim

$$e(t) = E_m \sin \omega t = \sqrt{2} \cdot E \sin \omega t$$

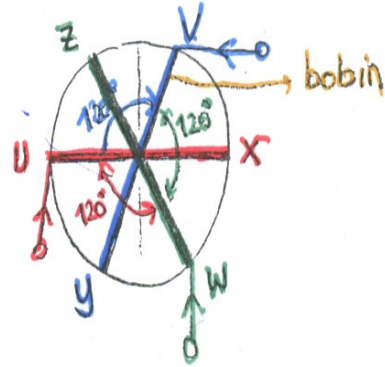
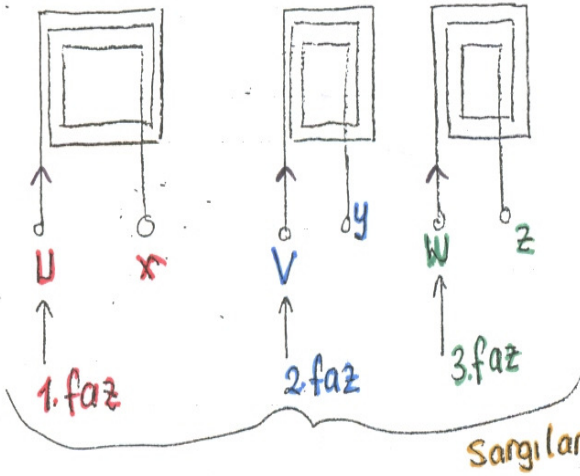
E, efektif değer



1 fazlı alternatif akım devresi

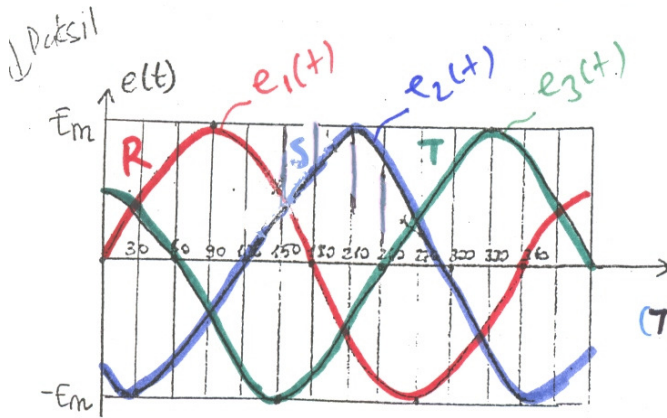
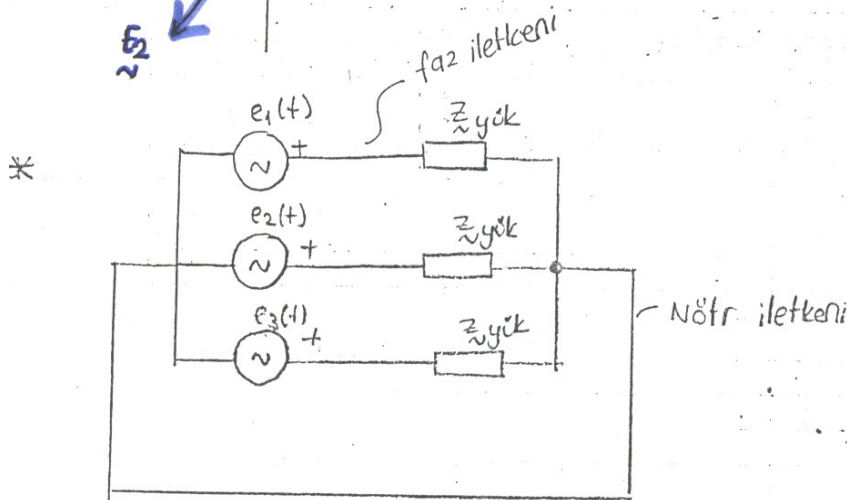
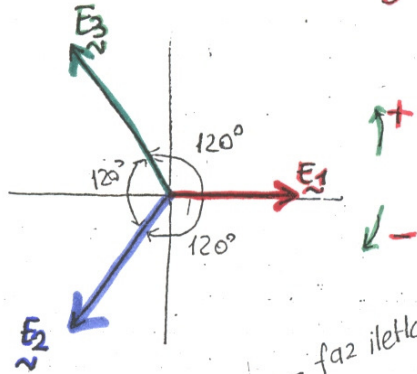
3 fazlı gerilim elde etmek için 120° aralıklarla yerleştirilmiş 3 adet bobin kullanılır.

3 adet özdeş bobin



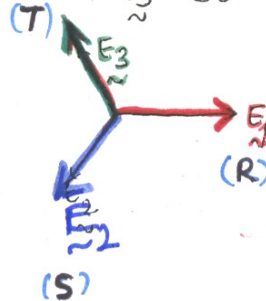
Bobinler 120° aralıklarla yerleştirilince elde edilen gerilimler arasında da 120° faz farkı vardır.

1. bobin gerilimi : $e_1(t) = E_m \cdot \sin \omega t$ Fazör dönüşümü $\rightarrow E_1 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ$ R. fazı gerilim
2. " " : $e_2(t) = E_m \cdot \sin (\omega t - 120^\circ)$ $\rightarrow E_2 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle -120^\circ$ S. fazı gerilim
3. " " : $e_3(t) = E_m \cdot \sin (\omega t + 120^\circ)$ $\rightarrow E_3 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle 120^\circ$ T. fazı gerilim



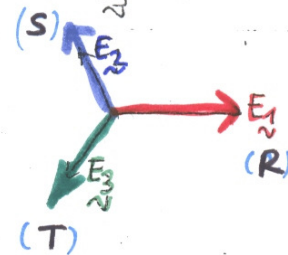
Doğru sistem

$$\begin{aligned} E_1 &= E e^{j0^\circ} \\ E_2 &= E e^{-j120^\circ} \\ E_3 &= E e^{j120^\circ} \end{aligned}$$



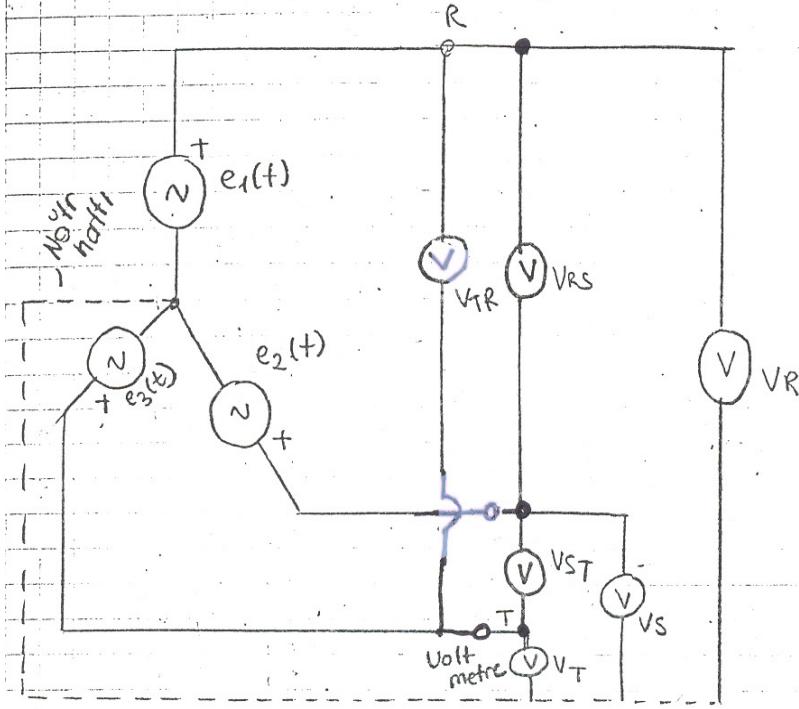
Ters sistem

$$\begin{aligned} E_1 &= E e^{j0^\circ} \\ E_2 &= E e^{j120^\circ} \\ E_3 &= E e^{-j120^\circ} \end{aligned}$$



Doğru sistemde faz sırası : R $\rightarrow$ S $\rightarrow$ T
Ters " " " : R $\rightarrow$ T $\rightarrow$ S

Kaynakların Yıldız Bağlanması



$\left. \begin{matrix} \tilde{V}_R \\ \tilde{V}_S \\ \tilde{V}_T \end{matrix} \right\}$ Faz-nötr gerilimleri

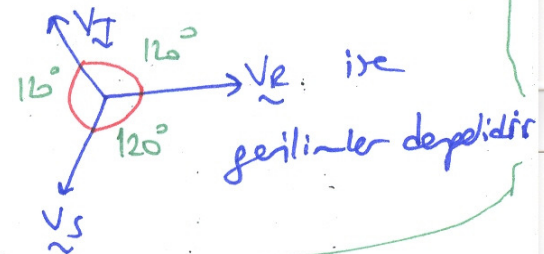
$\left. \begin{matrix} \tilde{V}_{RS} \\ \tilde{V}_{ST} \\ \tilde{V}_{TR} \end{matrix} \right\}$ Fazlar arası gerilimler

$$\left. \begin{aligned} \tilde{V}_R &= \tilde{E}_1 = E \angle 0^\circ = E e^{j0^\circ} \\ \tilde{V}_S &= \tilde{E}_2 = E \angle -120^\circ = E e^{-j120^\circ} \\ \tilde{V}_T &= \tilde{E}_3 = E \angle 120^\circ = E e^{j120^\circ} \end{aligned} \right\}$$

3 fazlı sistemde faz-nötr gerilimleri

NOT: Faz nötr gerilimlerinin efektif değerleri eşit ve faz gerilimleri aralarında 120° faz farkı varsa 3 faz gerilimleri **DENGELİDİR** denir. Yani,

$$|\tilde{V}_R| = |\tilde{V}_S| = |\tilde{V}_T| = E \text{ ve}$$



a operatörü

$$a = 1 \angle 120^\circ \text{ veya } a = 1 \cdot e^{j120^\circ}$$

$$j = 1 \angle 90^\circ = 1 \cdot e^{j\pi/2}$$

$$-j = 1 \angle -90^\circ = 1 \cdot e^{-j\pi/2}$$

$$a = 1 \cdot e^{j120^\circ} = 1 \cdot (\cos 120^\circ + j \sin 120^\circ)$$

$$a = 1 \cdot e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = 1 \cdot e^{j240^\circ} = 1 \cdot (\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ)$$

$$a^2 = 1 \cdot e^{j240^\circ} = 1 \cdot e^{-j120^\circ} = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} a^2 &= 1 \cdot e^{-j120^\circ} = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \end{aligned} \right\}$$

$$a^2 = \bar{a}$$

$$a^3 = (e^{j120^\circ})^3 = e^{j360^\circ} = 1 \cdot (\cos 360^\circ + j \sin 360^\circ) = 1$$

$$a^3 = 1$$

$$a^{3+P} = a^3 \cdot a^P \Rightarrow \boxed{a^{3+P} = a^P}$$

$$1 + a + a^2 = ?$$

$$1 + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 0$$

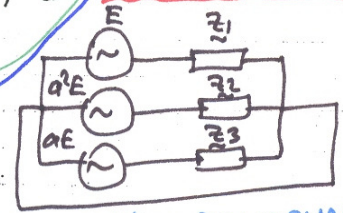
$$\boxed{1 + a + a^2 = 0} \text{ Çok önemli!}$$

$$\left. \begin{aligned} \underline{\underline{V_R}} &= E e^{j0^\circ} = E \\ \underline{\underline{V_S}} &= E e^{-j120^\circ} = a^2 E \\ \underline{\underline{V_T}} &= E e^{j120^\circ} = a E \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned} \underline{\underline{V_R}} + \underline{\underline{V_S}} + \underline{\underline{V_T}} &= E + a^2 E + a E \\ &= E (1 + a^2 + a) = 0 \end{aligned}$$

$$\boxed{\underline{\underline{V_R}} + \underline{\underline{V_S}} + \underline{\underline{V_T}} = 0}$$

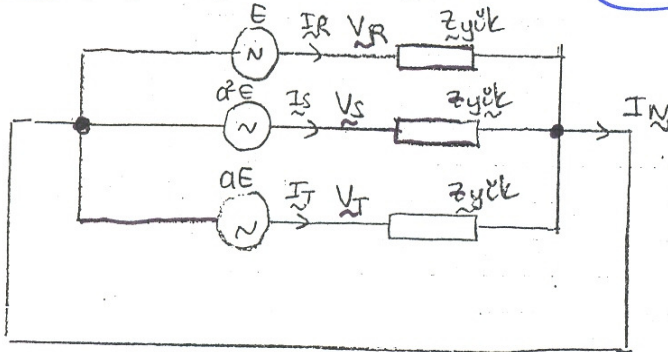
Dengeli sistemde



DENGELİ YÜKLER

$\underline{\underline{Z_1}} = \underline{\underline{Z_2}} = \underline{\underline{Z_3}} = \underline{\underline{Z_{yük}}}$ ise yükler DENGELİDİR

Örnek Dengeli gerilimler, dengeli yük.



$$\underline{\underline{I_R}} = \frac{\underline{\underline{V_R}}}{\underline{\underline{Z_{yük}}}} = \frac{E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}}$$

$$\underline{\underline{I_S}} = \frac{\underline{\underline{V_S}}}{\underline{\underline{Z_{yük}}}} = \frac{a^2 E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}}$$

$$\underline{\underline{I_T}} = \frac{\underline{\underline{V_T}}}{\underline{\underline{Z_{yük}}}} = \frac{a E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}}$$

$$\underline{\underline{I_N}} = \underline{\underline{I_R}} + \underline{\underline{I_S}} + \underline{\underline{I_T}}$$

$$\underline{\underline{I_N}} = \frac{E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}} + \frac{a^2 E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}} + \frac{a E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}}$$

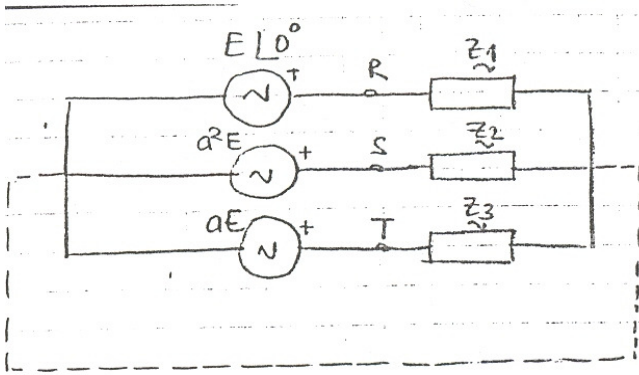
$$\underline{\underline{I_N}} = \frac{E}{\underline{\underline{Z_{yük}}}} (1 + a^2 + a)$$

$$\boxed{\underline{\underline{I_N}} = 0}$$

DENGELİ SİSTEMDE

NÖTR HATTINDAN AKIM AKMAZ

DENGELİ SİSTEMDE NÖTR KABLOSU KULLANILMAYABİLİR.



Dengeli Sistem

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

$$\underline{\tilde{V}}_R = E \angle 0^\circ$$

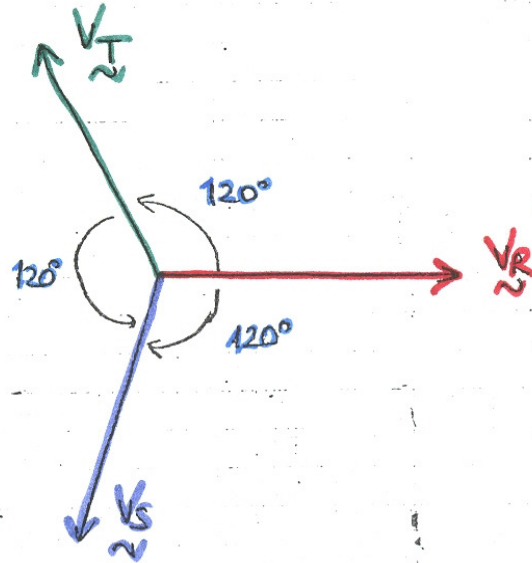
$$\underline{\tilde{V}}_S = a^2 E \angle -120^\circ$$

$$\underline{\tilde{V}}_T = a E \angle 120^\circ$$

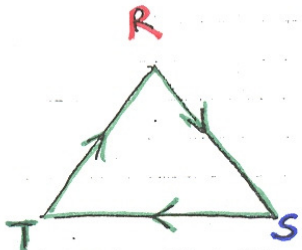
Gerilimler dengeli

$$\underline{\tilde{Z}}_1 = \underline{\tilde{Z}}_2 = \underline{\tilde{Z}}_3$$

Empedanslar eşit (dengeli)



Fazlararası Gerilimler



Faz sırası
(R-S-T)

$$\underline{\tilde{V}}_{RS}$$

$$\underline{\tilde{V}}_{ST}$$

$$\underline{\tilde{V}}_{TR}$$

Fazlararası gerilimler

$$\underline{\tilde{V}}_{RS} = \underline{\tilde{V}}_R - \underline{\tilde{V}}_S = E - a^2 E = (1 - a^2) E$$

$$\underline{\tilde{V}}_{RS} = \left(1 - \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\right) E = \left(\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) E$$

$$\underline{\tilde{V}}_{RS} = E \cdot \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} \angle \arctan\left(\frac{\sqrt{3}/2}{3/2}\right)$$

$$\underline{\tilde{V}}_{RS} = \sqrt{3} \cdot E e^{j30^\circ}$$

Faz-nötr gerilimi

Fazlar arası gerilim

$$\underline{\tilde{V}_R} = E \angle 0^\circ \rightarrow \underline{\tilde{V}_{RS}} = \sqrt{3} \cdot E \angle 30^\circ$$

etkettif değeri

etkettif değeri

* Fazlar arası gerilim, faz-nötr geriliminin $\sqrt{3}$ katıdır.

* Fazlar // gerilimin faz açısı, faz-nötr geriliminin faz açısından 30° ileridedir.

$$\underline{\tilde{V}_{ST}} = \underline{\tilde{V}_S} - \underline{\tilde{V}_T} = a^2 E - a E = (a^2 - a) E$$

$$\underline{\tilde{V}_{ST}} = \sqrt{3} \cdot E \cdot e^{-j90^\circ}$$

$$\underline{\tilde{V}_{TR}} = \underline{\tilde{V}_T} - \underline{\tilde{V}_R} = a E - E = (a - 1) E$$

$$\underline{\tilde{V}_{TR}} = \sqrt{3} \cdot E \cdot e^{j150^\circ}$$

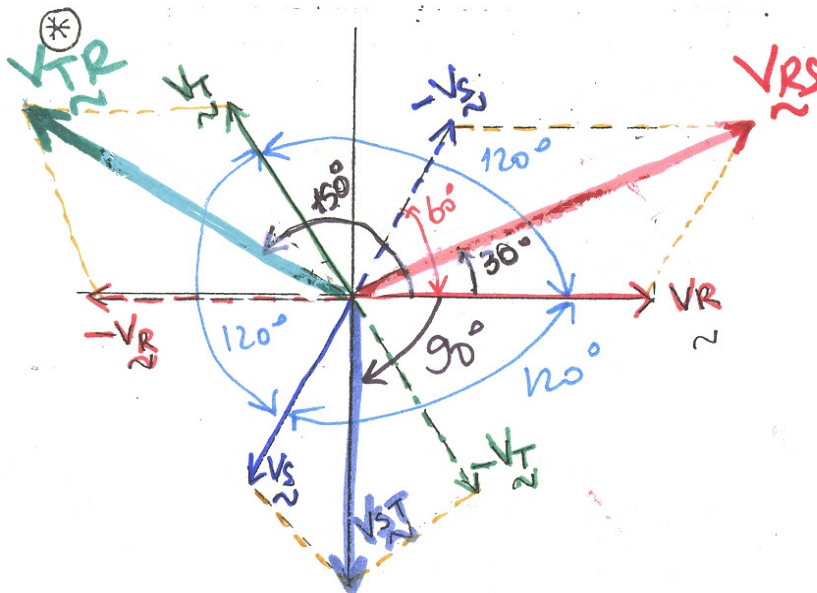
= Fazların gerilimlerinin geometrik olarak elde edilmesi =

Faz-nötr gerilimleri

$$\underline{\tilde{V}_R} = E \angle 0^\circ$$

$$\underline{\tilde{V}_S} = a^2 E = E \angle -120^\circ$$

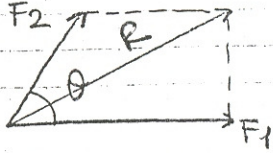
$$\underline{\tilde{V}_T} = a E = E \angle 120^\circ$$



$$\underline{\tilde{V}_{RS}} = \underline{\tilde{V}_R} + (-\underline{\tilde{V}_S})$$

$$|\underline{\tilde{V}_{RS}}| = ?$$

Kosinüs teoreminden

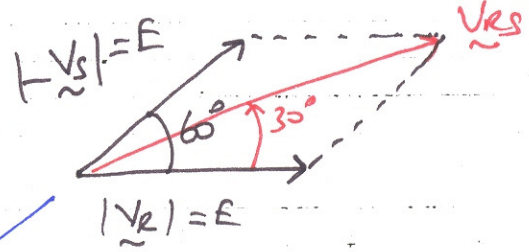


$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \theta$$

$$|V_{RS}|^2 = E^2 + E^2 + 2 E \cdot E \cos 60^\circ$$

$$|V_{RS}|^2 = 2E^2 + 2E^2 \frac{1}{2} = 3E^2$$

$$|V_{RS}| = \sqrt{3} \cdot E$$



$$- \underline{V_{RS} = \sqrt{3} \cdot E \angle 30^\circ}$$

$$- \underline{V_{ST} = V_S - V_T = \sqrt{3} \cdot E \angle -90^\circ}$$

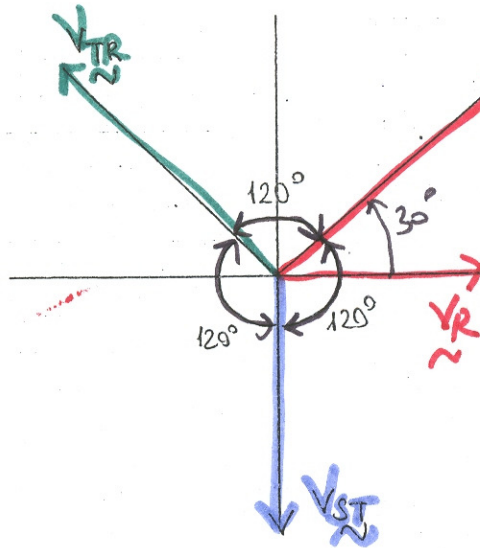
$$- \underline{V_{TR} = V_T - V_R = \sqrt{3} E \angle 150^\circ}$$

Sonuçlar

$$V_{RS} = \sqrt{3} E \angle 30^\circ$$

$$V_{ST} = \sqrt{3} E \angle -90^\circ$$

$$V_{TR} = \sqrt{3} E \angle 150^\circ$$



$$\underline{V_R = E \angle 0^\circ}$$

$$V_{ST} = a^2 V_{RS}$$

$$V_{TR} = a \cdot V_{RS}$$

⊙ Faz-nötr gerilimleri dengeli ise fazlar arası gerilimler dengelidir.

Sonuç

R_0

S_0

T_0

N_0

U

V

V : Faz-nötr geriliminin efektif değeri
 U : Fazlar arası " " " " }

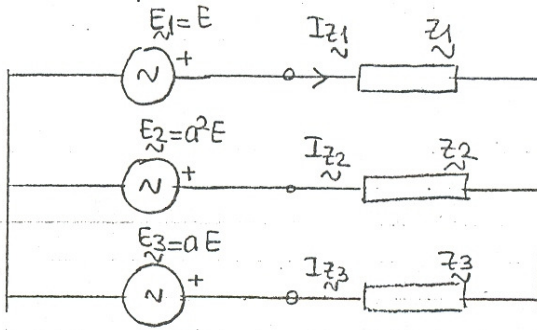
$$U = \sqrt{3} \cdot V$$

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

Faz-Faz geriliminin efektif değeri

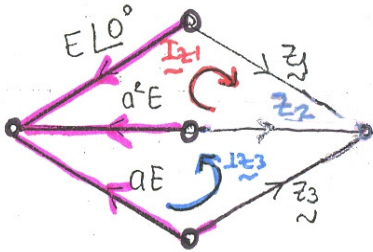
Faz-nötr geriliminin efektif değeri

Örnek



$$I_{Z1}, I_{Z2}, I_{Z3} = ?$$

Yükler dengesiz



KAY ile çözelim.

$$\begin{bmatrix} (Z_1 + Z_2) & Z_2 \\ Z_2 & (Z_2 + Z_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{Z1} \\ I_{Z3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E \\ a^2 E \\ a E \end{bmatrix}$$

... I_{Z1} ve I_{Z3} bulunur.

Eğer $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ ise sistem dengelidir.

$$* I_{Z1} = \frac{V_R}{Z} = \frac{E}{Z}, \quad I_{Z2} = \frac{V_S}{Z} = \frac{a^2 E}{Z} = a^2 I_{Z1}$$

$$I_{Z3} = \frac{V_T}{Z} = \frac{a E}{Z} = a \cdot I_{Z1}$$

$$\underline{I_{z1}} = \frac{\underline{E}}{\underline{z_1}}$$

$$\underline{I_{z2}} = a^2 \underline{I_{z1}}$$

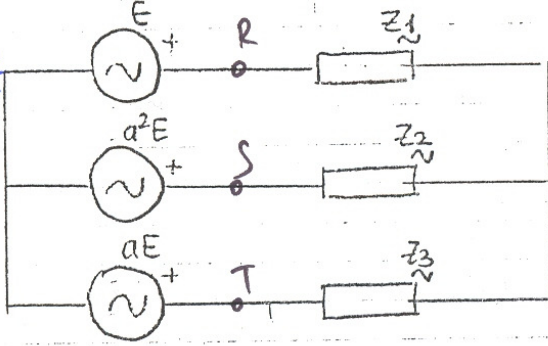
$$\underline{I_{z3}} = a \underline{I_{z1}}$$

3 fazlı sistemde

Gerilimler ve yük empedansları dengeli ise akımlar da dengelidir.

~ DENGESİZ SİSTEM ~

Örnek



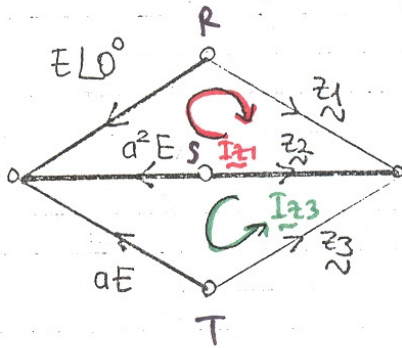
$$E = 120V$$

$$\underline{z_1} = 5 e^{j45^\circ} \Omega$$

$$\underline{z_2} = 6 e^{j30^\circ} \Omega$$

$$\underline{z_3} = 6 e^{j0^\circ} \Omega$$

Empedansların, gerilim ve akımlarını bulunuz



KAY ile çözüm

$$\begin{bmatrix} \underline{z_1} + \underline{z_2} & \underline{z_2} \\ \underline{z_2} & \underline{z_2} + \underline{z_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{I_{z1}} \\ \underline{I_{z3}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-a^2) E \\ (a-a^2) E \end{bmatrix}$$

$$\underline{z_1} = 5 \angle 45^\circ = 5 (\cos 45^\circ + j \sin 45^\circ) = \frac{5}{\sqrt{2}} (1+j) \Omega$$

$$\underline{z_2} = 3 (\sqrt{3} + j) \Omega$$

$$\underline{z_3} = 6 \Omega$$

$$\underline{V_{ks}} = (1-\alpha^2)E = \sqrt{3} \cdot E \cdot e^{j30^\circ}$$

İşlemleri kolaylaştırmak için e^{j0° alınıyor (şart değil) $\Rightarrow \underline{V_{ks}} = \sqrt{3}E e^{j0^\circ}$

... .. ara işlemlerden sonra,

$$\underline{I_{z1}} = 26,5 e^{j117^\circ}$$

$$\underline{I_{z2}} = -\underline{I_{z1}} - \underline{I_{z3}} = 15,45 e^{-j25^\circ}$$

$$\underline{I_{z3}} = 23,2 e^{j261^\circ}$$

bulunur.

- R 0

S 0

T 0

N 0

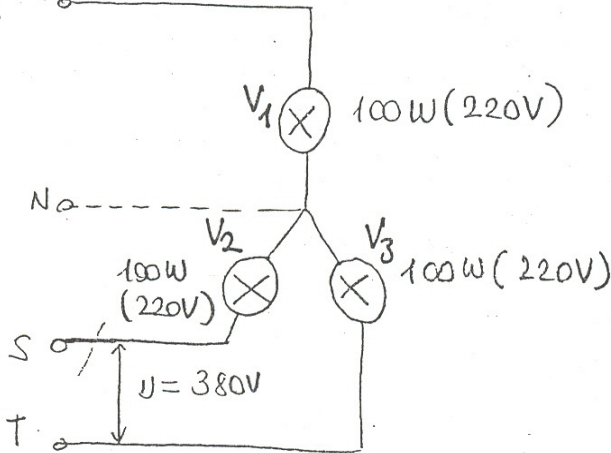
Türkiyede alçak ger. şebekesinde;

$U = 380V$ (Fazlar arası gerilim)

$V = \frac{U}{\sqrt{3}} = 220V$ (Faz-nötr gerilimi)

NOT: Dengeli yüklerde nötr hattından akım geçmez, nötr hattı kullanılmayabilir (Özellikle 3 fazlı motorlar için) Ancak yükler aydınlatma yükleri ise (lambalar) genellikle 3 fazlı yük dengesizdir. Dengeli bile olsa nötr hattı kullanılır.

Örn:



Nötr hattı yok.

Sistem dengede

$$V_1 = V_2 = V_3 = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

ARIZA

S fazı iletkeni koptu

$V_2 = 0$ galısmaz

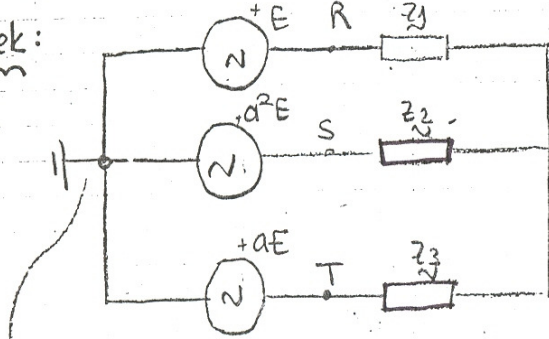
$$V_1 + V_3 = |V_{TR}| = 380V$$

$$V_1 = V_3 = \frac{380}{2} = 190V \text{ (Güç azalır)}$$

• Yeterli aydınlatma olmaz.

3 fazlı aydınlatma sistemlerinde en uygun seçim, mutlaka nötr hattı çekmektir.
(Nötr hattı çekmek.) Nötr hattı varsa 3 fazı kesilse bile $V_1 = 220V$,
 $V_2 = 220V$ olur. Normal aydınlatma yapılır.

Örnek:

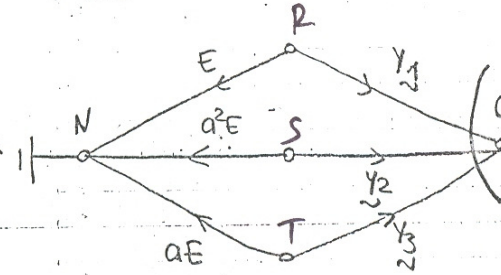


DÜĞY ile $V_0 = ?$ bulunuz.

$$\left. \begin{array}{l} \underline{V_R} = E \angle 0^\circ \\ \underline{V_S} = a^2 E \\ \underline{V_T} = a E \end{array} \right\} \text{Bilinmiyor } \underline{V_0} = ? \text{ Bilinmiyor.}$$

ref. alınarak

Devrenin grafi:



$$\left. \begin{array}{l} Y_1 = \frac{1}{Z_1} \\ Y_2 = \frac{1}{Z_2} \\ Y_3 = \frac{1}{Z_3} \end{array} \right\}$$

$$(\underline{Y_1} + \underline{Y_2} + \underline{Y_3}) \cdot \underline{V_0} = \begin{bmatrix} \underline{Y_1} & \underline{Y_2} & \underline{Y_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E \\ a^2 E \\ a E \end{bmatrix}$$

$$\underline{V_0} = \frac{\underline{Y_1} E + \underline{Y_2} a E + \underline{Y_3} a^2 E}{\underline{Y_1} + \underline{Y_2} + \underline{Y_3}}$$

⊗ Yüklere dengersiz ise ($\underline{Y_1} \neq \underline{Y_2} \neq \underline{Y_3}$)
 $V_0 \neq 0$

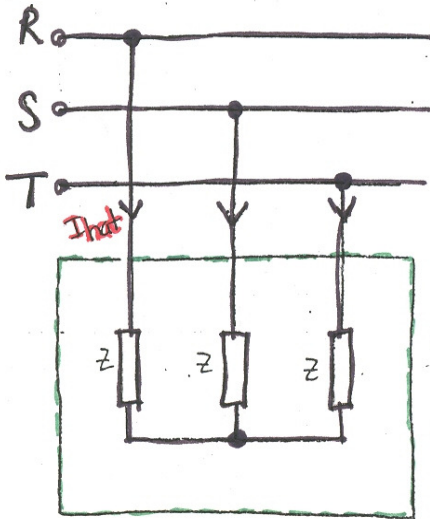
⊗ Yüklere dengeli ise

$$\underline{Y_1} = \underline{Y_2} = \underline{Y_3} = \underline{Y} \text{ olsun.}$$

$$\underline{V_0} = \frac{\underline{Y} \cdot E (1 + a + a^2)}{3 \underline{Y}} = 0$$

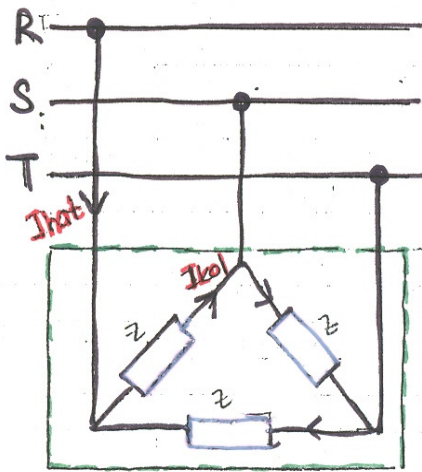
• Sonuç: Dengeli sistemde (gerilimler dengeli, yüklere dengeli) yüklerin yıldız noktasının gerilimi sıfırdır, yıldız noktası nötr noktası gibidir.

Hat Akımı, Kol Akımı Tanımı



3 fazlı
λ bağlı yük

Hat Akımı: Üç fazlı bir yükün sebekenin fazlarından geçtiği akıma denir.



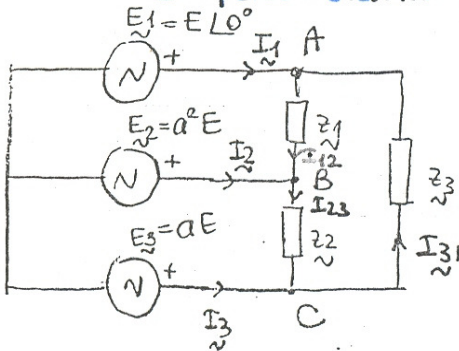
3 fazlı
Δ bağlı yük

Kol Akımı: Üçgen bağlı empedansların her birinden geçen akıma kol akımı denir.

λ bağlı yük: $\rightarrow I_{\text{hat } \lambda} = I_{\text{kol } \lambda}$

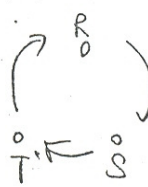
Δ bağlı yük: $\rightarrow I_{\text{hat } \Delta} \neq I_{\text{kol } \Delta}$

= Empedansların Δ (üçgen) bağlanması =



I_1, I_2, I_3 : Hat akımları

I_{12}, I_{23}, I_{31} : Kol akımları (sargı akımları)



$$\begin{aligned} V_{RS} &\rightarrow I_{12} \\ V_{ST} &\rightarrow I_{23} \\ V_{TR} &\rightarrow I_{31} \end{aligned}$$

Faz-nötr gerilimleri

$$\underline{\tilde{V}}_R = E \angle 0^\circ$$

$$\underline{\tilde{V}}_S = a^2 \underline{\tilde{V}}_R$$

$$\underline{\tilde{V}}_T = a \underline{\tilde{V}}_R$$

Fazlar arası gerilimler

$$\underline{\tilde{V}}_{RS} = \sqrt{3} E \angle 30^\circ$$

$$\underline{\tilde{V}}_{ST} = a^2 \underline{\tilde{V}}_{RS}$$

$$\underline{\tilde{V}}_{TR} = a \underline{\tilde{V}}_{RS}$$

$$\underline{\tilde{z}}_1 \text{ 'in akımı } \underline{\tilde{I}}_{12} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}}_1}$$

$$\underline{\tilde{z}}_3 \text{ 'ün akımı } \underline{\tilde{I}}_{31} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{TR}}{\underline{\tilde{z}}_3}$$

$$\underline{\tilde{z}}_2 \text{ nin akımı } \underline{\tilde{I}}_{23} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{ST}}{\underline{\tilde{z}}_2}$$

Sistem dengeli ise;

$$\underline{\tilde{z}}_1 = \underline{\tilde{z}}_2 = \underline{\tilde{z}}_3 = \underline{\tilde{z}} \text{ ise } \underline{\tilde{z}} = \underline{\tilde{z}} \angle \varphi$$

$$\underline{\tilde{I}}_{12} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}}} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}} \angle \varphi} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}}} \angle -\varphi \quad *$$

$$\underline{\tilde{I}}_{23} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{ST}}{\underline{\tilde{z}}} = \frac{a^2 \underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}} \angle \varphi} = a^2 \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}}} \angle -\varphi$$

$$= a^2 \underline{\tilde{I}}_{12} \quad *$$

$$\underline{\tilde{I}}_{31} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{TR}}{\underline{\tilde{z}}} = \frac{a \underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}} \angle \varphi} = a \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}}} \angle -\varphi$$

$$= a \underline{\tilde{I}}_{12} \quad *$$

❗ Sonuç

$$\underline{\tilde{I}}_{12} = \frac{\underline{\tilde{V}}_{RS}}{\underline{\tilde{z}}} \angle -\varphi$$

$$\underline{\tilde{I}}_{23} = a^2 \underline{\tilde{I}}_{12}$$

$$\underline{\tilde{I}}_{31} = a \underline{\tilde{I}}_{12}$$

= A düğümü için

$$\underline{\tilde{I}}_1 = \underline{\tilde{I}}_{12} - \underline{\tilde{I}}_{31} = \underline{\tilde{I}}_{12} - a \underline{\tilde{I}}_{12} = (1-a) \underline{\tilde{I}}_{12}$$

$$\underline{\tilde{I}}_1 = \left[1 - \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] \underline{\tilde{I}}_{12} = \sqrt{3} \cdot \underline{\tilde{I}}_{12} e^{-j30^\circ}$$

$$\boxed{\underline{\tilde{I}}_1 = \sqrt{3} \cdot \underline{\tilde{I}}_{12} e^{-j30^\circ}}$$

A bağlı yükün hat akımının ef. değeri kol akımının ef. değerin $\sqrt{3}$ katıdır ve hat akımının açısı

kol akımının açısından 30° geridir.

= B düğümü için.

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_{23} - \underline{I}_{12} = (a^2 - 1) \cdot \underline{I}_{12}$$

$$\boxed{\underline{I}_2 = a^2 \cdot \underline{I}_1}$$

= C düğümü için.

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_{31} - \underline{I}_{23} = (a^2 - a) \underline{I}_{12}$$

$$\boxed{\underline{I}_3 = a \cdot \underline{I}_1}$$

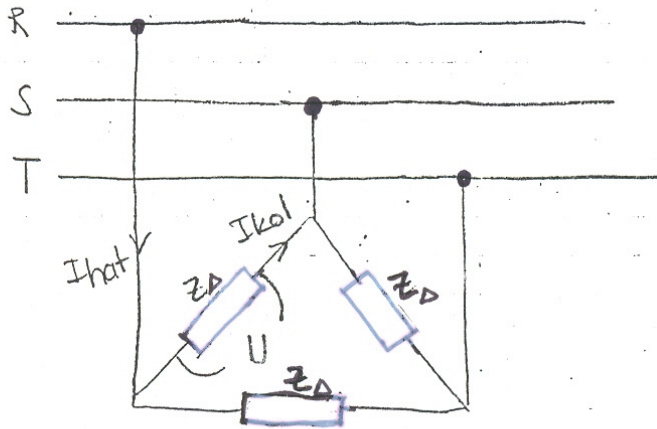
SONUÇ:

Δ bağlı yükse

$$\boxed{I_{\text{hat}\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{kol}\Delta}}$$

Pratik ispat (Dengeli sistemde)

Δ bağlı yük



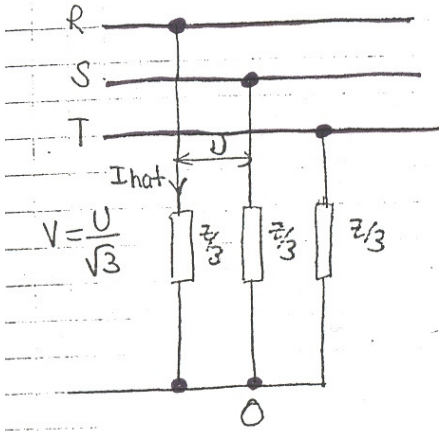
Δ bağlı empedansa uygulanan gerilim: U (Fazlararası gerilim)

$$\boxed{U = \sqrt{3} \cdot V} \quad \text{Faz nötr gerilimi}$$

$$I_{kd} = \frac{V_Z}{Z_D}$$

$$I_{kol} = \frac{U}{Z_D}$$

Δ bağlı empedansların $\lambda \rightarrow \Delta$ dönüşümü yapalım



$$Z_{\lambda} = \frac{Z_{\Delta} \cdot Z_{\Delta}}{3 Z_{\Delta}} = \frac{Z_{\Delta}}{3}$$

$$Z_{\lambda} = \frac{Z_{\Delta}}{3}$$

$$I_{hat} = \frac{U}{Z_{\lambda}} = \frac{U}{Z_{\Delta}/3} = 3 \cdot \frac{U}{Z_{\Delta}} = \sqrt{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}U}{Z_{\Delta}} \right) = \sqrt{3} \cdot \left(\frac{U}{Z_{\Delta}} \right) = \sqrt{3} \cdot I_{kol}$$

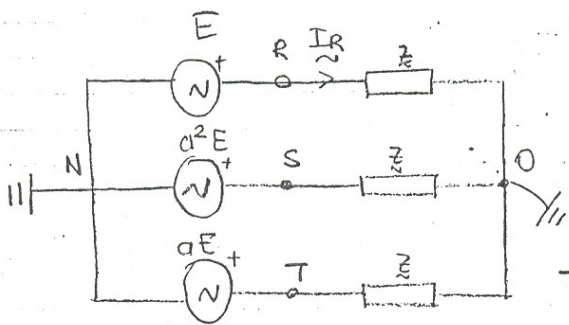
Δ bağlı yükte:

$$I_{hat} = \sqrt{3} \cdot I_{kol}$$

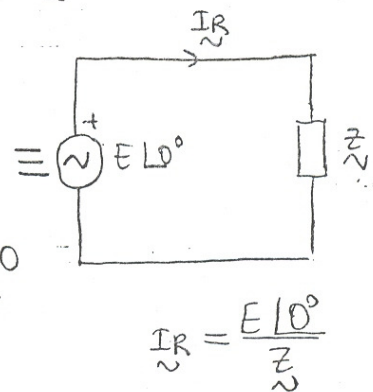
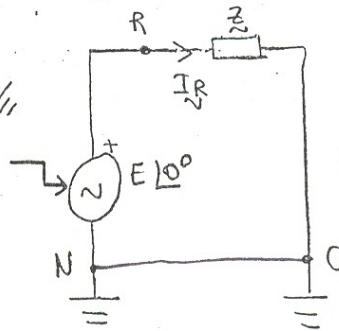
Dengeli (simetrik) durumda 3 fazlı sistemin

1 fazlı eşdeğeri

Üç fazlı dengeli sistemde hat akımlarının efektif değerleri birbirine eşittir ve akımlar arasında 120° faz farkı vardır. Gerilimler de aynı durumdadır. O halde 3-fazlı sistemi incelemek yerine bunun 1 fazlı eşdeğerini inceleyip 1 fazın akım ve gerilimlerini bulabiliriz. Diğer iki fazın akım ve gerilimlerini 120° kaydırarak bulabiliriz.



$V_N = 0$ (Referans)
Dengeli sistemde $V_0 = 0$



$I_{\hat{R}}$ bulunduktan sonra

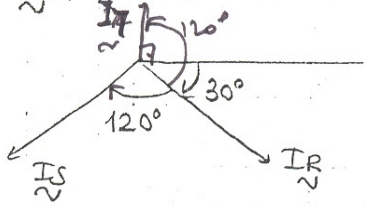
$$I_{\hat{S}} = a^2 I_{\hat{R}} = 1 \angle -120^\circ \cdot I_{\hat{R}}$$

$$I_{\hat{T}} = a I_{\hat{R}} = 1 \angle 120^\circ \cdot I_{\hat{R}} \text{ olarak kolayca bulunur.}$$

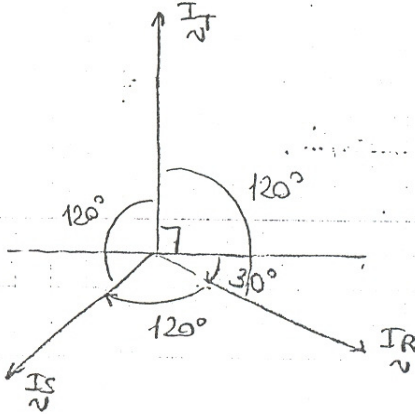
205

Örn: $I_R = 100 \angle -30^\circ$ olsun

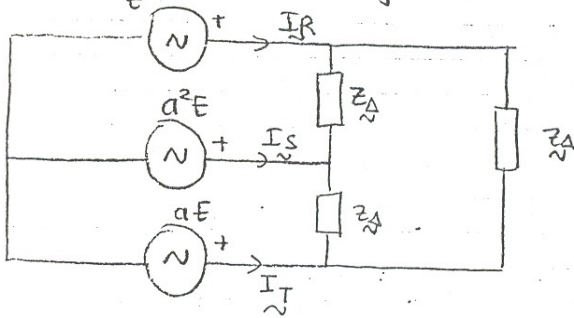
$$I_S = 1 \angle -120^\circ \cdot 100 \angle -30^\circ = 100 \angle -150^\circ$$



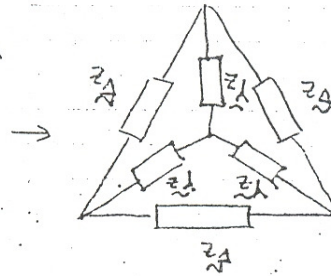
$$I_T = a \cdot I_R = 1 \angle 120^\circ \cdot 100 \angle -30^\circ = 100 \angle 90^\circ$$



Yükler Δ bağlı ise bir faz eş değer devresi



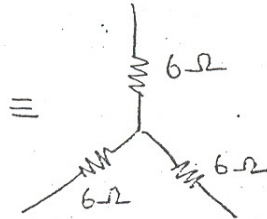
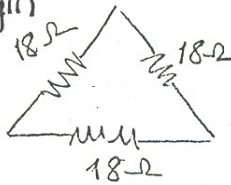
Δ bağlı yük λ a dönüştürülür.



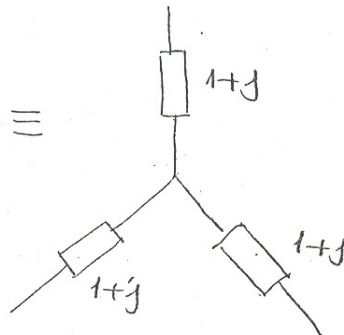
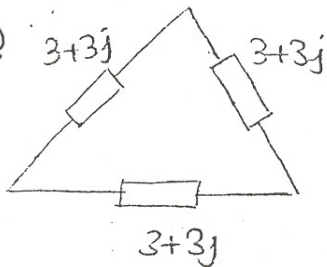
$$Z_\lambda = \frac{Z_A \cdot Z_B}{3 Z_C} = \frac{Z_A}{3}$$

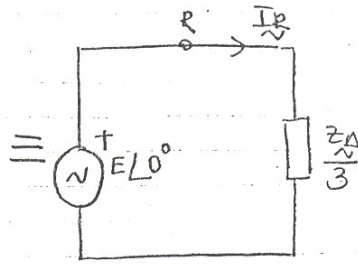
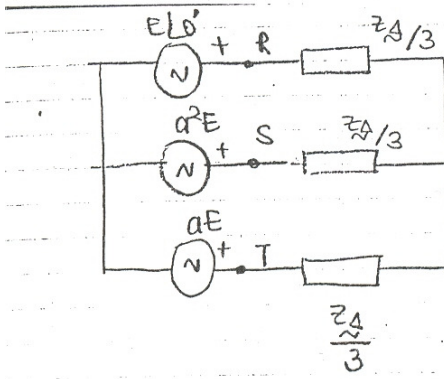
Örneğin

①



②





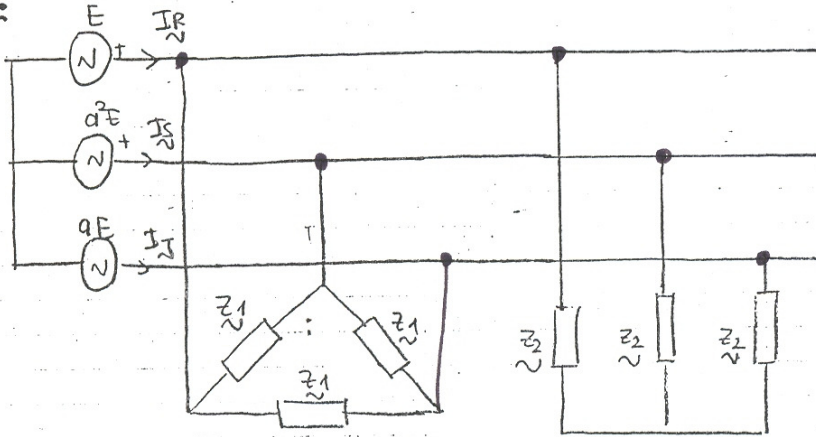
$$\underline{I}_R = \frac{\underline{V}_R}{\underline{Z}_1} = \frac{E \angle 0^\circ}{\frac{Z_\Delta}{3}}$$

$$\underline{I}_R = 3 \cdot \frac{E}{Z_\Delta}$$

$$\underline{I}_S = a^2 \underline{I}_R$$

$$\underline{I}_J = a \underline{I}_R$$

Örnek:



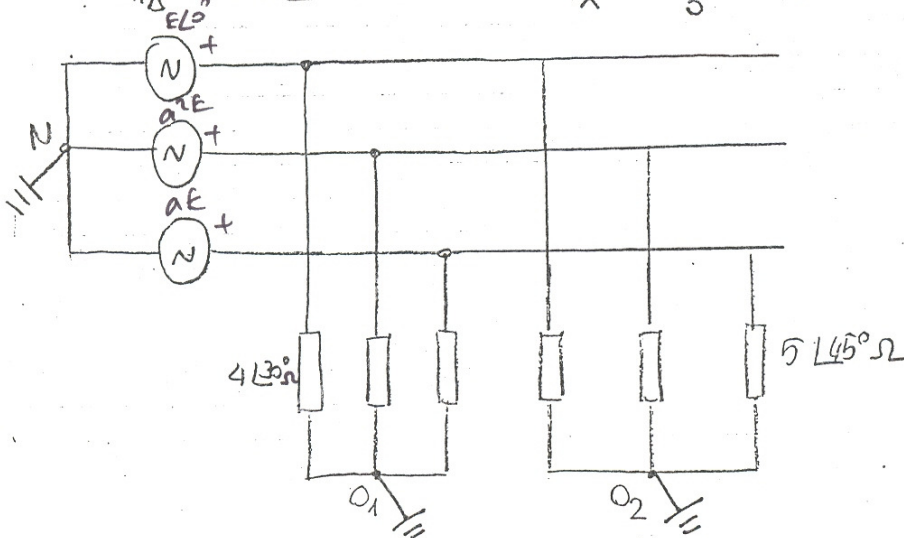
$$\underline{Z}_1 = 12 \cdot e^{j30^\circ} \Omega$$

$$\underline{Z}_2 = 5 \cdot e^{j45^\circ} \Omega$$

Fazlararası gerilim
380V. Hat akımlarını
bulunuz.

Üçgen bağlı empedansı λ 'a dönüştürelim.

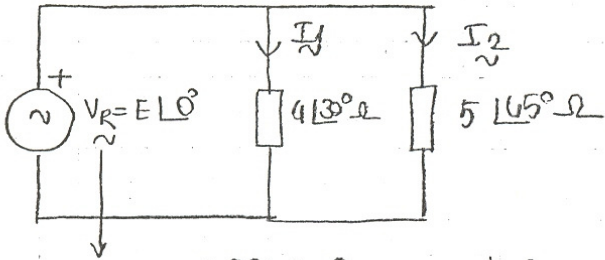
$$\underline{Z}_{1\Delta} = 12 \angle 30^\circ \Omega \Rightarrow \underline{Z}_{1\lambda} = \frac{Z_{1\Delta}}{3} = 4 \angle 30^\circ \Omega$$



Sistem dengeli olduğu için

$$\underline{V}_N = \underline{V}_{O1} = \underline{V}_{O2} = 0$$

* 1 faz eşdeğeri



$$\underline{V}_R = \frac{380}{\sqrt{3}} \underline{10^\circ} = 220 \underline{0^\circ} \text{ volt}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{V}_R}{Z_1}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{220 \underline{0^\circ}}{4 \underline{30^\circ}} = 55 \underline{-30^\circ} \text{ A}, \underline{I}_2 = \frac{220 \underline{0^\circ}}{5 \underline{45^\circ}} = 44 \underline{-45^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_R = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \dots =$$

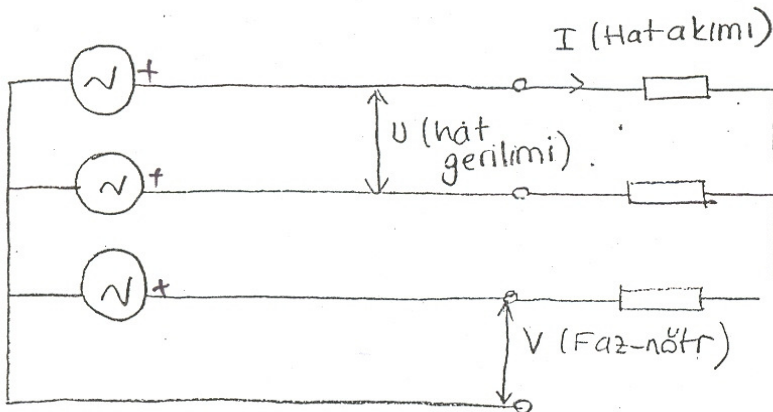
$$\underline{I}_R = 98,23 \underline{-37^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_S = a^2 \underline{I}_R = 1 \underline{-120^\circ} \cdot 98,23 \underline{-37^\circ}$$

$$\underline{I}_S = 98,23 \underline{-157^\circ} \text{ A}$$

$$\underline{I}_T = a \cdot \underline{I}_R = 1 \underline{120^\circ} \cdot 98,23 \underline{-37^\circ}$$

$$\underline{I}_T = 98,23 \underline{83^\circ} \text{ A}$$



$\underline{U}$: Hat gerilimi ($\underline{V}_H$)

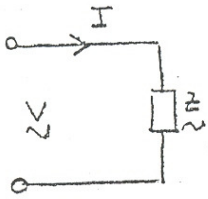
$\underline{I}$: Hat akımı ($\underline{I}_H$)

$\underline{U}$ hat gerilimi ($\underline{V}_H$)

208

3 FAZLI SİSTEMDE GÜÇ

1 fazlı sistemde:



$$\underline{S} = \underline{V} \cdot \underline{I}^*$$

$$\underline{Z} = Z \angle \varphi \text{ ise}$$

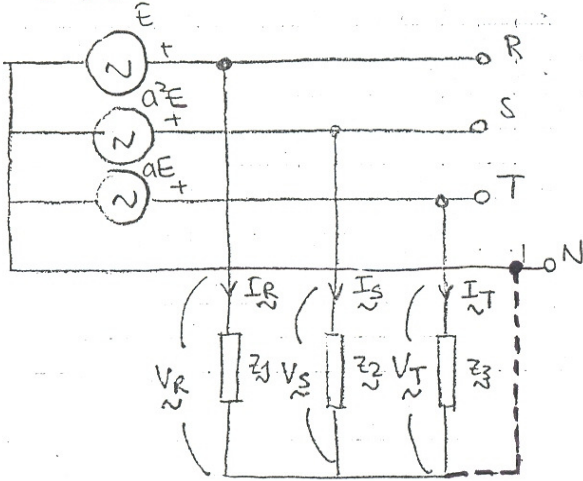
$$\underline{V} = V \angle 0^\circ$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{V}}{\underline{Z}} = \frac{V \angle 0^\circ}{Z \angle \varphi} = \left(\frac{V}{Z}\right) \angle -\varphi = I \angle -\varphi$$

$$\underline{S} = \underline{V} \cdot \underline{I}^*$$

$$\underline{S} = \underline{V} \cdot \underline{I}^* = V I \angle +\varphi = V I \cos \varphi + j V I \sin \varphi = P + jQ$$

~ 3 fazlı sistemde ~



Dengeli ve dengersiz sistemde

Kompleks güç (Her zaman geçerli)

$$\underline{S} = \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^* + \underline{V}_S \cdot \underline{I}_S^* + \underline{V}_T \cdot \underline{I}_T^*$$

Dengeli sistemde

$$\left. \begin{array}{l} \underline{V}_R = V_R \angle 0^\circ \\ \underline{V}_S = a^2 \underline{V}_R \\ \underline{V}_T = a \underline{V}_R \end{array} \right\} \begin{array}{l} \underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 = \underline{Z} = Z \angle \varphi \text{ olsun} \\ \underline{I}_R = \frac{\underline{V}_R}{\underline{Z}} = \frac{V_R \angle 0^\circ}{Z \angle \varphi} = I_R \angle -\varphi \end{array}$$

$$\underline{I}_R = I_R \angle -\varphi$$

$$\underline{I}_S = a^2 \underline{I}_R$$

$$\underline{I}_T = a \underline{I}_R$$

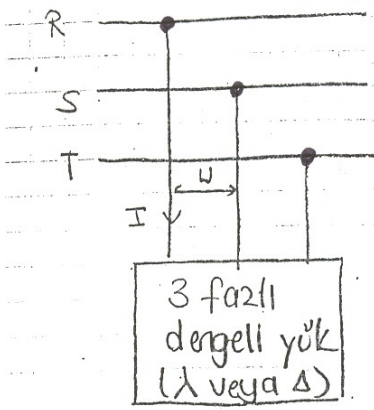
$$\underline{S} = \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^* + \underline{V}_S \cdot \underline{I}_S^* + \underline{V}_T \cdot \underline{I}_T^*$$

$$a = 1 \angle 120^\circ \Rightarrow \bar{a} = 1 \angle -120^\circ = a^2 \Rightarrow \boxed{\bar{a^2} = a} \quad \boxed{\bar{a} = a^2}$$

$$\underline{S} = \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^* + a^2 \underline{V}_R \cdot a^2 \underline{I}_R^* + a \underline{V}_R \cdot a \underline{I}_R^*$$

$$\underline{S} = \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^* + a^2 \underline{V}_R \cdot \underbrace{(\bar{a^2})}_{\bar{a}} \underline{I}_R^* + a \cdot V_R \cdot \underbrace{(\bar{a})}_{a^2} \underline{I}_R^*$$

$$\underline{S} = \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^* + \underbrace{(a^3)}_1 \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^* + \underbrace{(a^3)}_1 \underline{V}_R \cdot \underline{I}_R^*$$

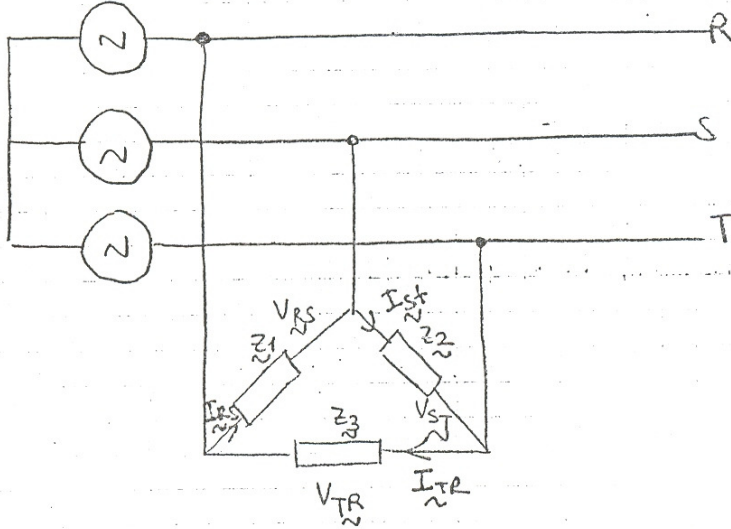


$$S = 3VI \text{ veya } S = \sqrt{3} U \cdot I$$

$$P = 3 \cdot VI \cos \varphi \text{ veya } P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

$$Q = 3VI \sin \varphi \text{ veya } Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$$

3 fazlı üçgen bağlı dengesiz yük



Δ bağlı yük için genel formül:

$$S = V_{RS} \cdot \bar{I}_{RS} + V_{ST} \cdot \bar{I}_{ST} + V_{TR} \cdot \bar{I}_{TR}$$

Dengeli ve DENGESİZ YÜK için

Yük dengeli ise;

$$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = U \text{ ise}$$

$$I_{RS} = I_{ST} = I_{TR} = I_{kol} \text{ ise}$$

$$S = 3 \cdot U \cdot I_{kol} \rightarrow \frac{I_{hat}}{\sqrt{3}}$$

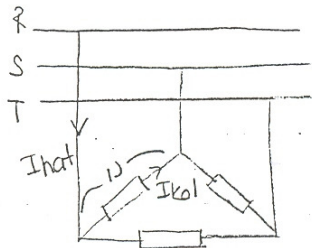
$$S = 3 U \frac{I_{hat}}{\sqrt{3}}$$

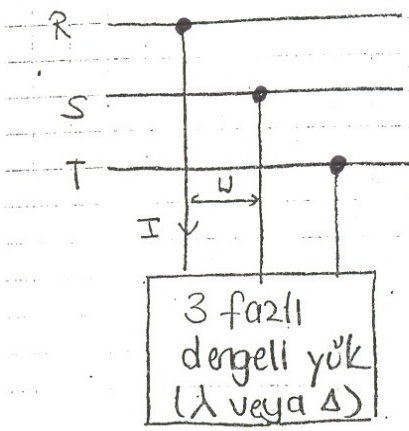
$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Dengeli sistemde

Fazlararası gerilimi

hat akımı



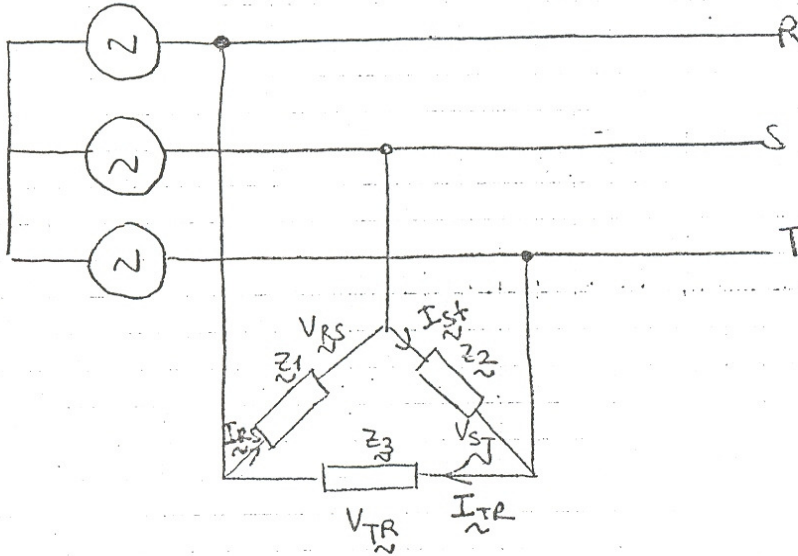


$$S = 3VI \text{ veya } S = \sqrt{3} U \cdot I$$

$$P = 3 \cdot VI \cos \varphi \text{ veya } P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

$$Q = 3VI \sin \varphi \text{ veya } Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$$

3 fazlı üçgen bağlı dengesiz yük



Δ bağlı yük için genel formül:

$$S = V_{RS} \cdot \bar{I}_{RS} + V_{ST} \cdot \bar{I}_{ST} + V_{TR} \cdot \bar{I}_{TR}$$

Dengeli ve DENGESİZ YÜK için

Yük dengeli ise;

$$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = U \text{ ise}$$

$$I_{RS} = I_{ST} = I_{TR} = I_{kol} \text{ ise}$$

$$S = 3 \cdot U \cdot I_{kol} \rightarrow I_{hat} / \sqrt{3}$$

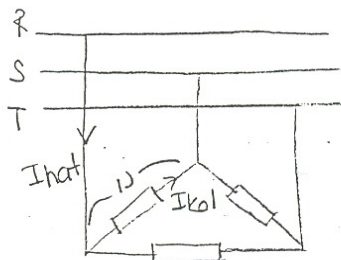
$$S = 3 U \frac{I_{hat}}{\sqrt{3}}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

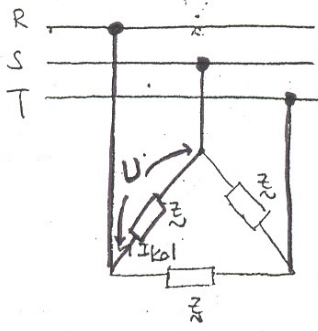
Dengeli sistemde

Fazlararası gerilimi

hat akımı



Üçgen Bağlı Yük

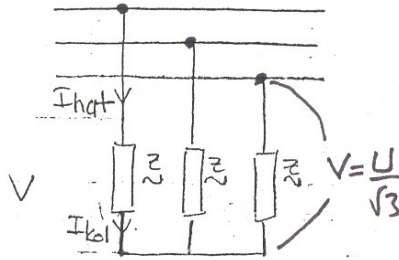


Δ bağlı yükte

Bir empedansa uygulanan gerilim: U (Fazlarası gerilim)

Bir empedanstan geçen akım: $I_{kol} = \frac{I_{hat}}{\sqrt{3}}$

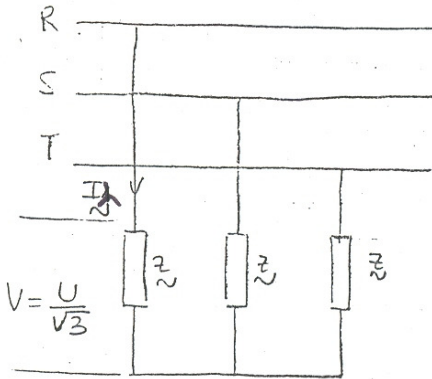
λ Bağlı Yük



$I_{kol} = I_{hat}$

Bir empedansa uygulanan gerilim: $V = \frac{U}{\sqrt{3}}$

Yıldız Bağlı Empedansların Δ bağlanması



Empedanslar λ bağlı iken

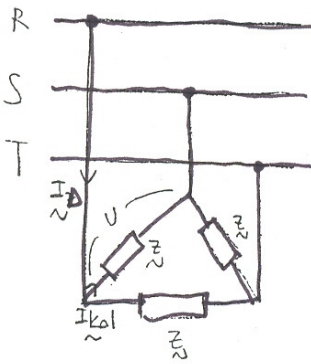
$$S_{\lambda} = \sqrt{3} U I_{\lambda}$$

$$P_{\lambda} = \sqrt{3} U I_{\lambda} \cos \varphi$$

$$Q_{\lambda} = \sqrt{3} U I_{\lambda} \sin \varphi$$

$$Z_{\Delta} = Z \cdot 3$$

Aynı empedansları söküp Δ olarak bağlayalım.



$$\text{Kol akımı } I_{kol} = \frac{U}{Z}$$

$$I_{hat} = \sqrt{3} \cdot I_{kol} = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{Z} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{V}{Z} = I_{\Delta} \text{ diyelim}$$

$$I_{\Delta} = 3 \cdot \left(\frac{V}{Z} \right) \rightarrow I_{\lambda} \text{ (λ bağlı durumdaki akım)}$$

$$I_{\Delta} = 3 \cdot I_{\lambda}$$

$$I_{\Delta} = 3 I_{\lambda}$$

SONUÇ: Yıldız bağlı empedansları sökiüp Δ olarak bağlarsak Δ gen bağlı empedansların hat akımı λ bağlı empedansların hat akımının 3 katı olur, çekilen güçlerde 3 katına çıkar.

$$S_{\lambda} = \sqrt{3} U I_{\lambda}$$

$$S_{\Delta} = \sqrt{3} U I_{\Delta} = \sqrt{3} U \cdot 3 I_{\lambda} \quad S_{\Delta} = 3 \cdot \sqrt{3} U \cdot I_{\lambda} = 3 S_{\lambda}$$

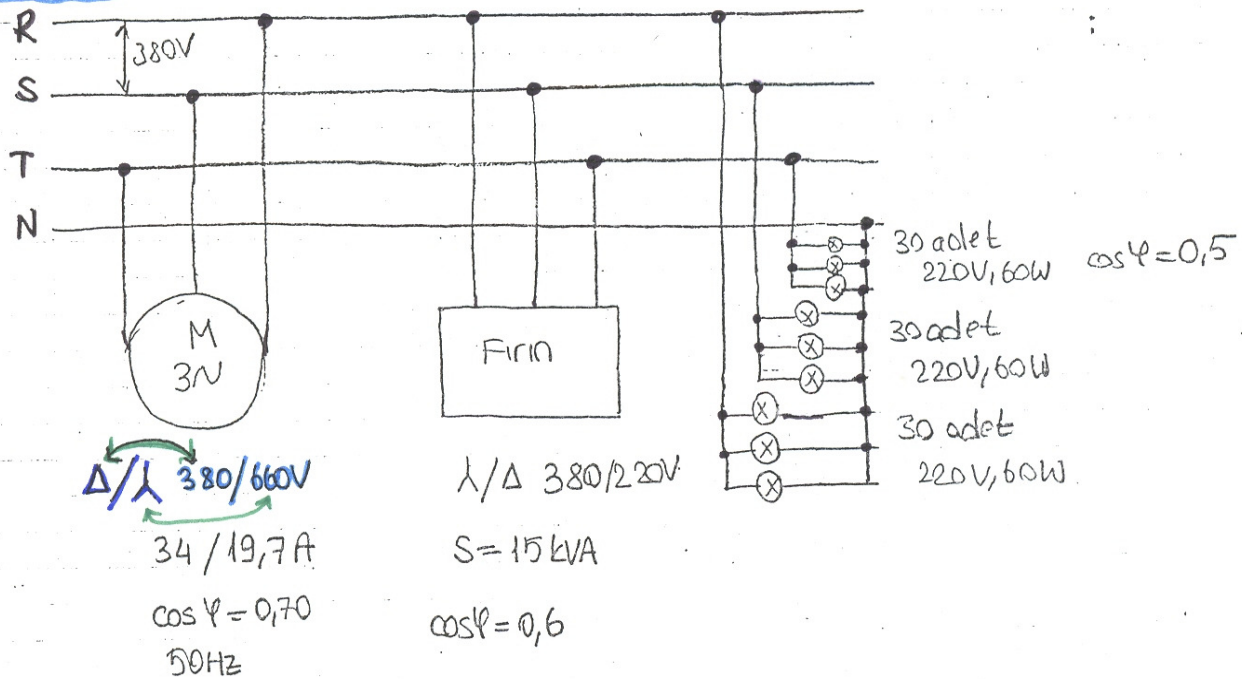
I_{Δ} : Δ bağlı yükün hat akımı
 I_{λ} : λ " " " "

$$S_{\Delta} = 3 S_{\lambda}$$

$$P_{\Delta} = 3 P_{\lambda}$$

$$Q_{\Delta} = 3 Q_{\lambda}$$

Örnek:



Bir atöylede şekildeki 3 fazlı yükler bulunmaktadır. Bu yükler bir adet 3 fazlı asenkron motor, bir adet 3 fazlı indüksiyon fırını ve fazlara dengeli olarak dağıtılmış 90 adet floresan lambadır. Her bir lamba 220V gerilim altında 50 Hz frekansta 60 watt güç çekiyor. Her bir lambanın güç katsayısı ($\cos \varphi = 0.5$ tir.)

Yükler dengeli, gerilimler dengelidir.

Ek Bilgi

λ/Δ 380/220V

Motorun plakasında

λ/Δ 380/220V

yanıyorsa, bunun anlamı, fazlararası gerilim 380V olan şakelerde bu motor Δ bağlanır, fazlararası gerilim

220V (1 gerilime vb) olan şakelerde ise bu motor Δ bağlanır.

İstenenler

- 1) Atölyenin çektiği aktif, reaktif ve görünür güçleri, hat akımlarını ve güç katsayısını hesaplayınız.
- 2) Atölye bir ödeme döneminde nominal yükü ile (toplam yük) 300 saat çalıştığı takdirde çektiği aktif ve reaktif enerjiyi hesaplarız.
- 3) $\cos \varphi = 0,89$ yükseltmek için atölye girişine bağlanacak;
a) $C_{\Delta} = ?$ (Üçgen bağlı kondansatör bataryası ^{veya kapasitesi})
b) $C_{\lambda} = ?$ (Yıldız " " " ")

Gözüm

• 1. yük (3 ~ Motor)

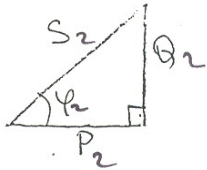
$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_1 \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 34 \cdot 0,7 = 15646,12 \text{ W}$$

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_1 \sin \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 34 \sqrt{1-0,7^2} = 15962,23 \text{ VAR}$$

• 2. yük (Fırın)

λ bağlı, $S_2 = 15000 \text{ VA}$

$$\cos \varphi = 0,6$$



$$P_2 = S_2 \cos \varphi_2 = 15000 \cdot 0,6 = 9000 \text{ W}$$

$$\tan \varphi_2 = \frac{Q_2}{P_2} \Rightarrow Q_2 = P_2 \cdot \tan \varphi_2$$

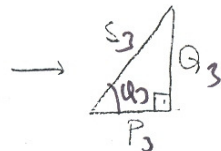
$$\text{veya } Q_2 = S_2 \sin \varphi_2 = \dots = 12000 \text{ VAR}$$

• 3. yük (Lambalar)

$$P_3 = 90 \cdot 60 = 5400 \text{ W}$$

$$Q_3 = ?$$

$$\cos \varphi_3 = 0,5$$



$$Q_3 = P_3 \cdot \tan \varphi_3$$

$$\cos \varphi_3 = 0,5 \text{ ise } \varphi_3 = \cos^{-1}(0,5)$$

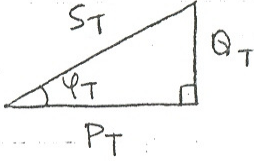
$$Q_3 = 5400 \cdot \tan \varphi_3 = 9353 \text{ VAR}$$

Atölye girişinden çekilen toplam güç.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 15646 + 9000 + 5400 = 30046 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 15962 + 12000 + 9353$$

$$Q_T = 37315 \text{ VAR}$$



$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

$$S_T = \sqrt{30046^2 + 37315^2}$$

$$S_T = 47908 \text{ VA}$$

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{S_T} = 0,63$$

$$S_T = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_T \Rightarrow I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} U} = \frac{47908}{\sqrt{3} \cdot 380} = 73 \text{ A}$$

$$V_R = V_R \angle 0^\circ$$

$$\cos \varphi_T = 0,63 \rightarrow \varphi_T = \dots$$

$$I_R = 73 \angle -\varphi \rightarrow \text{Yük endüktif}$$

$$I_S = a^2 I_R = 1 \angle -120^\circ \cdot 73 \angle -\varphi = \dots$$

$$I_T = a I_R = 1 \angle 120^\circ \cdot 73 \angle -\varphi = \dots$$

$$\textcircled{2} P_T = 30046 \text{ W} = 30,046 \text{ kW}$$

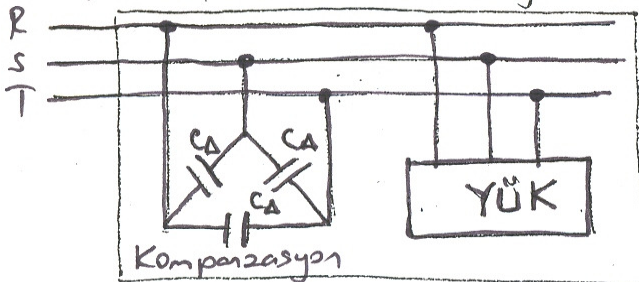
$$Q_T = 37315 \text{ VAR} = 37,315 \text{ kVAR}_{\text{saat}}$$

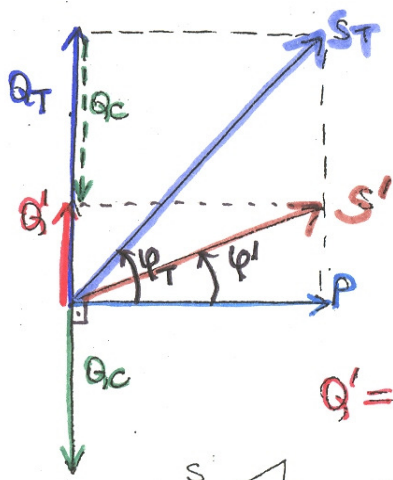
$$\text{Aktif enerji } E_P = P_T \cdot t = 30,046 \cdot 300 = 9014 \text{ kWh}$$

$$\text{Reaktif enerji } E_Q = Q_T \cdot t = 37,315 \cdot 300 = 11195 \text{ kVARh}$$

③ Kompansasyon yapılarak $\cos \varphi = 0,89$ çıkarılacak

a) Kondansatörler Δ bağlanırsa

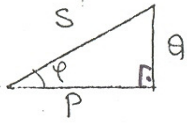




Q_T = Yüklün çektiği reaktif güç

Q' = kompanzasyondan sonra alölyenin
sebekeden çektiği reaktif güç

$$Q' = Q_T - Q_C \Rightarrow Q_C = Q_T - Q'$$



$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_T = P \cdot \tan \varphi_T \\ Q' = P \cdot \tan \varphi' \end{array} \right\} Q_C = Q_T - Q'$$

$$Q_C = P \cdot (\tan \varphi_T - \tan \varphi')$$

$$Q_C = P_T (\tan \varphi_T - \tan \varphi')$$

$$\cos \varphi_T = 0,63 \Rightarrow \varphi_T = 50,95^\circ$$

$$\cos \varphi' = 0,89 \Rightarrow \varphi' = 27,13^\circ$$

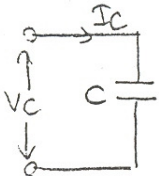
$$Q_C = 300,6 (\tan 50,95^\circ - \tan 27,15^\circ)$$

$$Q_C = 21663 \text{ VAR (3 fazlı kond. gücü)}$$

$$1 \text{ kondansatöre düşen güç } Q_{C1} = \frac{Q_C}{3} = \frac{21663}{3}$$

$$Q_{C1} = 7221 \text{ VAR}$$

$$Q_{C1} = ? \quad Q_{C1} = V_C \cdot I_C = V_C \cdot \frac{V_C}{X_C} = V_C \cdot \frac{V_C}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C V_C^2$$

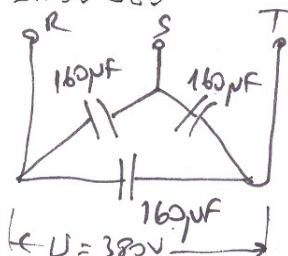


$$Q_{C1} = \omega C V_C^2$$

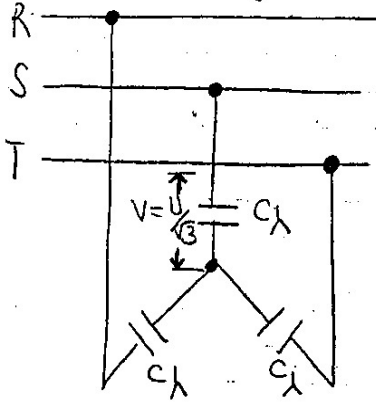
Δ bağlı kondansatörün $V_C = U$ (Fazlararası gerilim)

$$Q_{C1} = \omega C \Delta U^2 = 7221 \text{ VAR}$$

$$C_\Delta = \frac{Q_{C1}}{\omega U^2} = \frac{7221}{2\pi \cdot 50 \cdot 380^2} = 160 \cdot 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow C_\Delta = 160 \mu\text{F}$$



b) Kondansatörler Δ bağlı olursa



Q_c değişmez

$$Q_c = 21663 \text{ VAR}$$

$$Q_{c1} = \frac{Q_c}{3} = 7221 \text{ VAR}$$

$$V_c = V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

$$Q_{c1} = \omega \cdot C_A \cdot V^2$$

$$C_A = \frac{Q_{c1}}{\omega V^2} = \frac{7221}{2\pi \cdot 50 \cdot 220^2} \approx 480 \mu\text{F} \quad \boxed{C_A = 480 \mu\text{F}}$$

⊛ Δ bağlı kondansatörlerin eşdeğeri

$$X_{c\Delta} = \frac{X_{cA}}{3} \quad \left(C = \epsilon \cdot \frac{S}{d} \right)$$

$$X_{c\Delta} = 3X_{cA}$$

$$\frac{1}{\omega C_{\Delta}} = \frac{3}{\omega C_A}$$

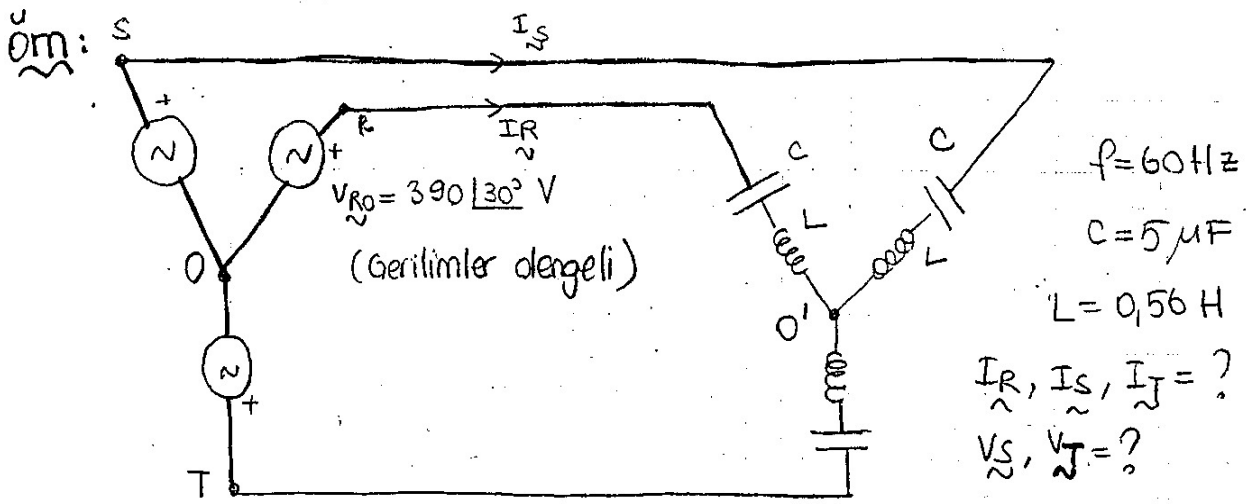
$$3 \cdot \omega C_{\Delta} = \omega C_A$$

$$\boxed{C_A = 3C_{\Delta}} \rightarrow \boxed{C_{\Delta} = \frac{C_A}{3}}$$

⚠ ⚠ $C_{\Delta} = \frac{C_A}{3}$ alarak gerilimde kond. üçgen bağlanması tercih edilir, daha az malzeme kullanılır. Dezavantaj kondansatörün 380 V ile çalışmasıdır. Orta gerilim ve yüksek gerilimde ise yalıtım (izolasyon) masrafları önemlidir. Kond. ler yıldız bağlanır ise $\frac{U}{\sqrt{3}}$ gerilimi ile çalışır. Δ bağlanır ise U gerilimi ile çalışır. Bu nedenle orta gerilim ve yüksek gerilimde Δ bağlama tercih edilir.

A.G $\rightarrow \Delta$ bağlı kondansatör tercih edilir $\left[C_{\Delta} = \frac{C_A}{3} \right]$

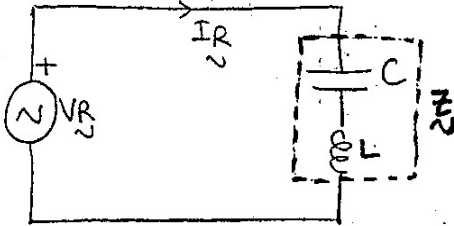
O.G ve Y.G $\rightarrow \Delta$ " " " "



Sistem dengeli 0 düğümü ref. alınırsa

$$V_0' = 0$$

Bir faz eşdeğer dairesi



Yük empedansı

$$Z = j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z = j(2\pi \cdot 60 \cdot 0,56) - j\left(\frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}\right)$$

$$Z = -j319,4 \Omega = 319,4 \angle -90^\circ \Omega$$

-j ohmı bu empedansın kapasitif karakterli olduğunu gösterir.

$$V_{R0} = 390 \angle 30^\circ \text{ Volt}$$

$$I_R = \frac{V_{R0}}{Z} = \frac{390 \angle 30^\circ}{319,4 \angle -90^\circ} = 1,22 \angle 120^\circ \text{ A}$$

$$V_R = 390 \angle 30^\circ \text{ V}$$

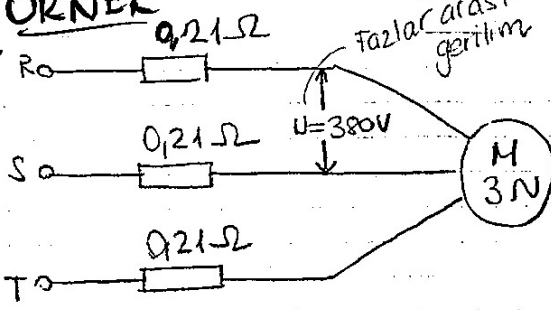
$$V_S = a^2 V_R = 1 \angle -120^\circ \cdot 390 \angle 30^\circ \Rightarrow V_S = 390 \angle -90^\circ \text{ V}$$

$$V_J = a V_R = 1 \angle 120^\circ \cdot 390 \angle 30^\circ \Rightarrow V_J = 390 \angle 150^\circ \text{ V}$$

$$I_S = \frac{V_S}{Z} = \frac{390 \angle -90^\circ}{319,4 \angle -90^\circ} = 1,22 \angle 0^\circ \text{ A} \quad \#$$

$$I_J = \frac{V_J}{Z} = \frac{390 \angle 150^\circ}{319,4 \angle -90^\circ} = 1,22 \angle 240^\circ = 1,22 \angle -120^\circ \text{ A} \quad \#$$

ÖRNEK



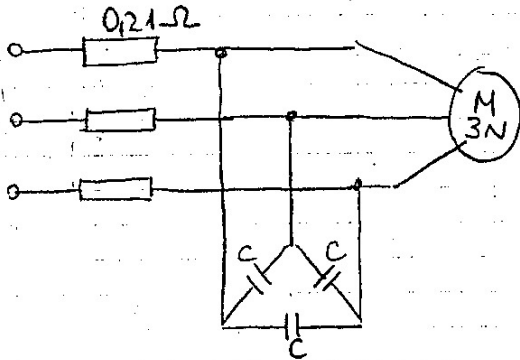
Sekildeki 3-fazlı motorun
güç katsayısı $\cos \varphi = 0,8$ (end.)
sebekeden çektiği aktif güç
40kW, fazlar arası gerilim 380V.

olduğuna göre;

a) motorun şebekeden çektiği akımı

Bu motoru temsil edebilecek λ bağlı empedansı hesaplayınız.

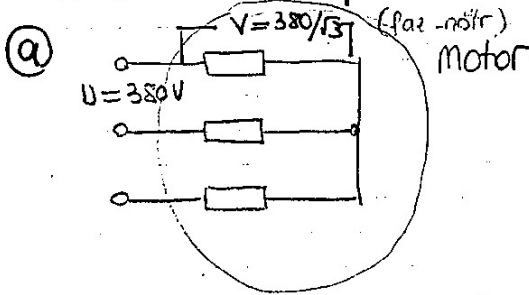
b) Güç ararpanını 1 yapmak üzere ($\cos \varphi = 1$) motor uçlarına kondansatör



bağlanıyor. $C = ?$

(Her durumda motor uçlarındaki gerilim
 $U = 380V$ sabittir.)

c) Güç ararpanı düzeltilmeden önce ve düzeltildikten sonra hatla meydana gelen kayıp gücü bulunuz. Motor 10 saat çalıştığına göre hat dirençinde kaybolan aktif enerjiyi hesaplayınız.



$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 75,8 A$$

$$|Z| = \frac{U}{I} = \frac{220}{75,8} = 2,9 \Omega$$

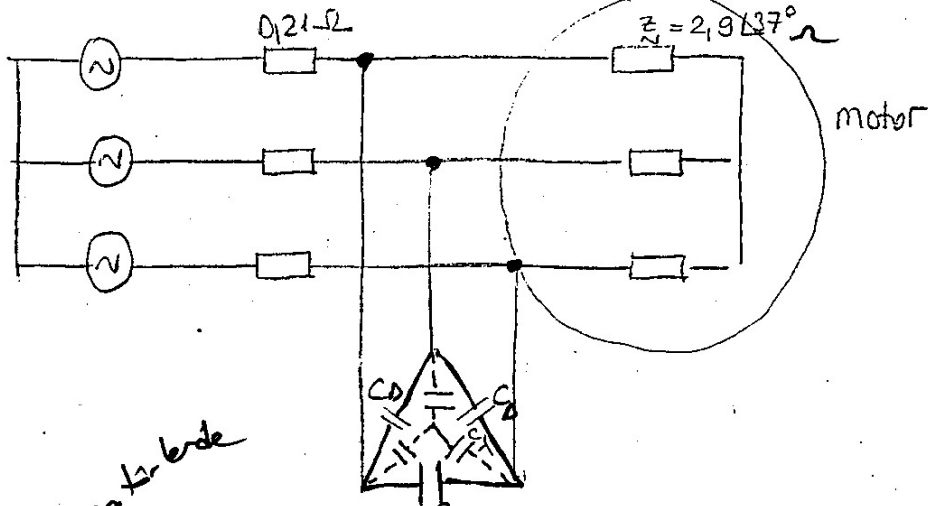
$$\cos \varphi = 0,8 \Rightarrow \varphi = 37^\circ \text{ (end.)}$$

$$\underline{Z} = |Z| \angle \varphi = 2,9 \angle 37^\circ \Omega$$

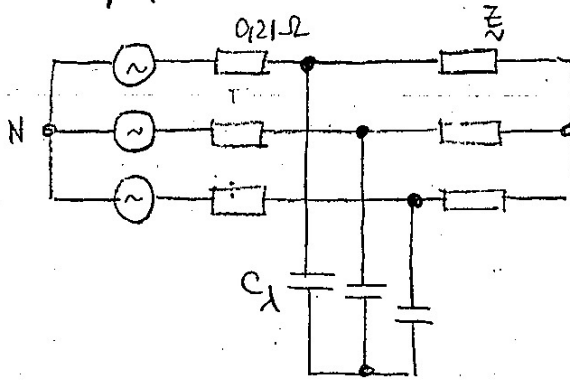
$$\underline{Z} = 2,9 \angle 37^\circ = 2,9 (\cos 37^\circ + j \sin 37^\circ) = R + j \omega L = (2,316 + j1,745) \Omega$$

$$R = 2,316 \Omega \quad \omega L = X_L = 1,745 \Omega$$

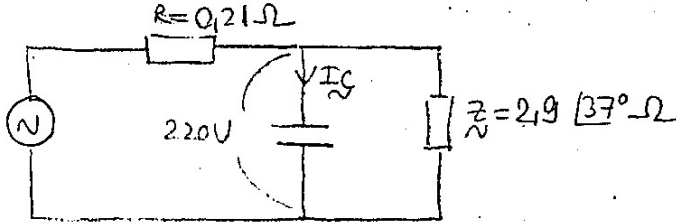
b)



- Kondansatörlerde $\Delta \rightarrow Y$ dönüşümü yapalım

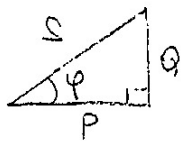


- Sistemin 1 faz eşdeğer dev.



$$Q_C = ?$$

1. yol güçlerden hesaplanıyor



$$\cos \varphi_1 = 0,8$$

$$\cos \varphi_2 = 1 \quad (\text{Tam kompanseasyon})$$

$$Q_C = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_C = P \tan \varphi_1 = 40 \cdot 10^3 \cdot \tan 37^\circ$$

$$Q_C = 30 \text{ kVAR} \quad (3 \text{ fazlı güç})$$

220

$$Q_{C1} = Q_2 = Q_3 = \frac{Q_C}{3}$$

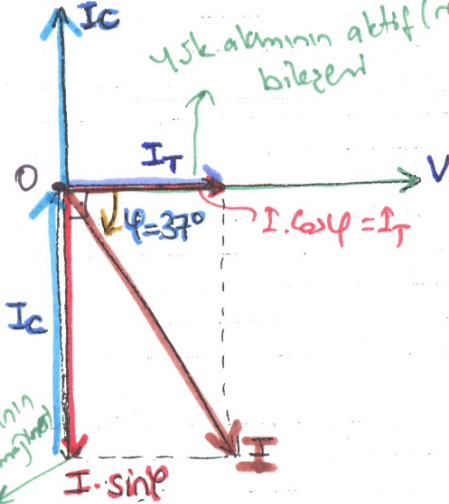
$$Q_{C1} = \frac{30}{3} = 10 \text{ kVAR (1. kond. güçü)}$$

$$Q_{C1} = \omega C V_c^2$$

→ Δ bağlı ise $V_c = U$

$$Q_{C1} = \omega \cdot C_{\Delta} \cdot U^2 \Rightarrow C_{\Delta} = \frac{10 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 50 \cdot 380^2} \approx 220 \mu F$$

2.yol (Akımdan hesaplanıyor)



Tam komp. ($\cos \phi_2 = 1$) için.

$$I_C = I \sin \phi_1 \text{ olmalı}$$

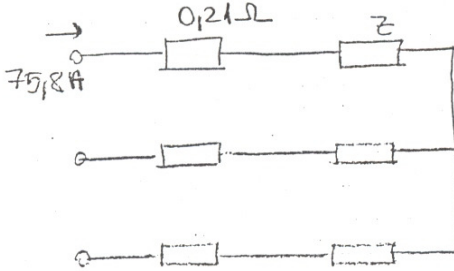
$$I \sin \phi = 75,8 \cdot \sin 37^\circ = \omega C_{\Delta} V$$

$$C_{\Delta} = \frac{75,8 \sin 37^\circ}{2\pi \cdot 50 \cdot 220} = 660 \mu F$$

• kond. Δ bağlı olacak.

$$C_{\Delta} = \frac{C_{\Delta}}{3} = \frac{660 \mu F}{3} = 220 \mu F$$

c) Kondansatör yokken



$$P_L = 3 R I^2 \text{ (hat dir. güç kaybı)}$$

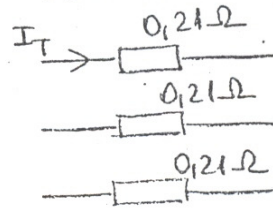
$$= 3 \cdot 0,21 \cdot 75,8^2 = 3620 \text{ W}$$

• Hattaki kayıp enerjideki kazanç

$$\text{kayıptaki azalma: } 3620 - 2298 = 1322 \text{ W}$$

$$E_p = P \cdot t = \underbrace{1,322 \text{ kW}}_{P(\text{kW})} \times \underbrace{10}_{\text{Saat (h)}} = \underline{13,22 \text{ kWh kazanç}}$$

kond. varken.



$$I = I_T = I \cdot \cos \phi_1 = 75,8 \cdot \cos 37^\circ = 60,4 \text{ A}$$

$$P_L' = 3 R I_T^2$$

$$P_L' = 3 \cdot 0,21 \cdot 60,4^2 = 2298 \text{ W}$$