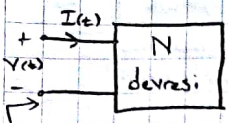


Final Brodan başlıyor

jw- bölgesinde empedans ve admittans tanımları



$$V(t) = V_m \cdot \sin(\omega t + \phi) \text{ V}$$

cos'ı sin'e çevirirken +90 yap.
sin'ı cos'a -90 ekle

$$I(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \theta) \text{ A}$$

Değişimli kaynaklar olduğu gibi kalır.

Değişimsiz kaynaklar için:

Gerilim kaynağı kısa devre

yapılır.

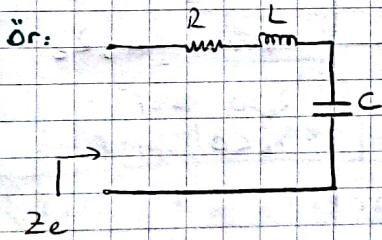
Akım kaynağı açık devre

Z_e = eşdeğer empedans $Z_e = R_e + jX_e$ R_e : eşdeğer direnç X_e : Eşdeğer empedans

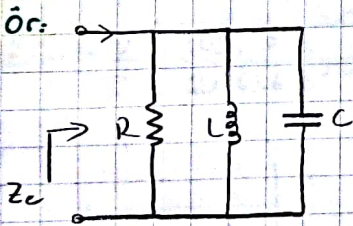
$$V(t) = V_m \cdot e^{j\phi} \cdot e^{j\omega t}$$

$$I(t) = I_m \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j\omega t}$$

$$Z_e = \frac{V(t)}{I(t)} = \frac{V_m \cdot e^{j\phi} \cdot e^{j\omega t}}{I_m \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j\omega t}} = \frac{V_m}{I_m} e^{j(\phi-\theta)} = \underbrace{\frac{V_m}{I_m} \cos(\phi-\theta)}_{R_e} + j \underbrace{\frac{V_m}{I_m} \sin(\phi-\theta)}_{X_e} = Z_m e^{j(\phi-\theta)}$$



$$Z_e(j\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \underbrace{R}_{R_e} + j \underbrace{(\omega L - \frac{1}{\omega C})}_{X_e}$$



$$Z_e = \frac{1}{Y_e} \quad \text{admittans}$$

$$Y_e = \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

$$Y_e(j\omega) = \frac{1}{Z_e(j\omega)} = \frac{I}{V} = \frac{I_m e^{j\theta}}{V_m e^{j\phi}} = \frac{I_m}{V_m} e^{j(\theta-\phi)}$$

$$Y_e(j\omega) = \frac{I_m}{V_m} \cos(\theta-\phi) + j \frac{I_m}{V_m} \sin(\theta-\phi) = G_e + jB_e \left(\frac{1}{\Omega}\right)$$

G_e : eşdeğer iletkenlik
 B_e : Eşdeğer susceptans (Reaktansın tersi)

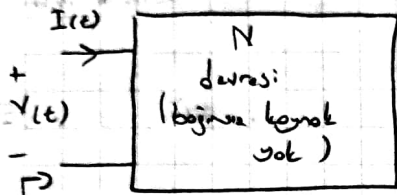
$$Z_e = \frac{1}{Y_e} = \frac{1}{G_e + jB_e} = \frac{G_e}{G_e^2 + B_e^2} - j \frac{B_e}{G_e^2 + B_e^2} = R_e + jX_e$$

$$R_e = \frac{G_e}{G_e^2 + B_e^2} \quad X_e = - \frac{B_e}{G_e^2 + B_e^2}$$

$$Y_e = \frac{1}{Z_e} = \frac{1}{R_e + jX_e} = \frac{R_e}{R_e^2 + X_e^2} - j \frac{X_e}{R_e^2 + X_e^2} = G_e + jB_e$$

$$G_e = \frac{R_e}{R_e^2 + X_e^2} \quad B_e = -\frac{X_e}{R_e^2 + X_e^2}$$

Giris izlenlerinin özellikleri:



$$Z_e = R_e + jX_e$$

X_e ye bakarak endüktif, kapasitif olduğuna bakabiliriz
 R_e ye bakarak aktif, pasif ve kayıpsız olduğuna bakılır.

1. $X_e = 0$ ise

⇒ Devre sadece direnç elemanlarından oluşur

⇒ Devre rezonans durumundadır.

2. $R_e = 0$ ise kayıpsız bir devredir.

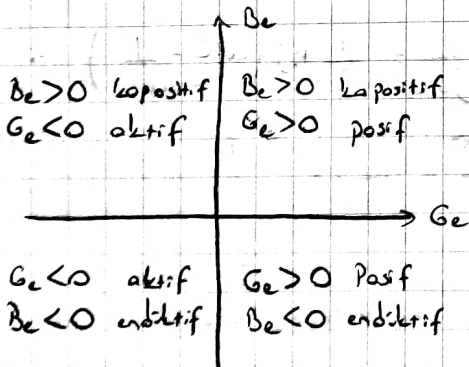
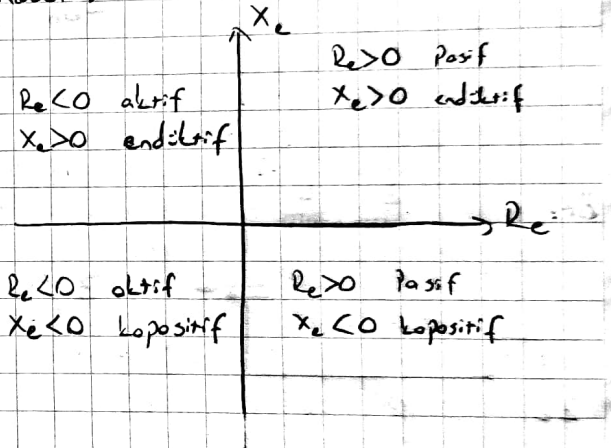
$R_e = 0$ ve $X_e > 0$ ise endüktif

$R_e = 0$ ve $X_e < 0$ ise kapasitif

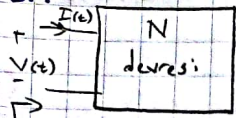
3. $R_e > 0$ ise pasif bir devredir.

Endüktif, kapasitif 2. durumdaki gibi

4) $R_e < 0$ ise aktif bir devredir



Ör.



(bağımsız kaynak yok)

$$V(t) = 5 \left[15 \sin(3t + \frac{\pi}{6}) + 7 \sin(3t + \frac{\pi}{6}) \right] \text{ V}$$

$$I(t) = 15 \cos(3t + \frac{\pi}{6}) + 7 \cos(3t + \frac{\pi}{6}) \text{ A}$$

$$Z_c(j\omega) = ?$$

$$V(t) = 5 \left[15 \left(\sin 3t \cdot \cos 45^\circ + \cos 3t \cdot \sin 45^\circ \right) + 7 \left(\sin 3t \cdot \cos 30^\circ + \cos 3t \cdot \sin 30^\circ \right) \right]$$

$$V(t) = \sin 3t \left[\frac{5 \cdot 15 \sqrt{2}}{2} + \frac{5 \cdot 7 \sqrt{3}}{2} \right] + \cos 3t \left[\frac{5 \cdot 15 \sqrt{2}}{2} + \frac{5 \cdot 7}{2} \right] = V_m \cdot \sin(3t + \phi) \quad (\text{aradaki işaret + old. bu şekilde yazabiliriz})$$

$$\frac{V_m \cos \phi}{b}$$

$$\frac{V_m \sin \phi}{a}$$

$$\tan \phi = \frac{a}{b} \Rightarrow \phi = 40,24^\circ$$

$$V(t) = 103,18 \sin(3t + 40,24^\circ) \text{ V}$$

$$I(t) = 15 \cos 3t \cdot \cos 45^\circ - 15 \sin 3t \cdot \sin 45^\circ + 7 \cos 3t \cdot \cos 30^\circ - 7 \sin 3t \cdot \sin 30^\circ$$

$$= \cos 3t \left[\frac{15 \sqrt{2}}{2} + \frac{7}{2} \right] - \sin 3t \left[\frac{15 \sqrt{2}}{2} - \frac{7 \sqrt{3}}{2} \right] = I_m \cos(3t + \theta) \quad (\text{aradaki işaret - old. için cos'la old.})$$

$$I_m \cos 3t \cdot \cos \theta - I_m \sin 3t \cdot \sin \theta$$

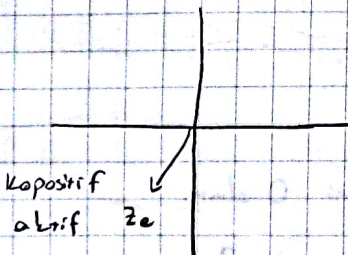
$$\tan \theta = \frac{d}{c} \Rightarrow \theta = 43,76^\circ$$

$$I(t) = 21,836 \cos(43,76^\circ) \text{ A}$$

$$\sqrt{c^2 + d^2}$$

$$I(t) = 21,836 \sin(3t + 30^\circ + 43,76^\circ) \text{ A}$$

$$Z(j\omega) = \frac{V}{I} = \frac{103,18 e^{j40,24^\circ}}{21,836 e^{j143,76^\circ}} \rightarrow \text{Durañ fazör } V = 5 \cdot e^{-j38,6^\circ} = \text{Kapasitif ve aktif bir empedans}$$



Ör: $I(t) = 3 \sin(t + \frac{\pi}{6})$ A ? enerji admittans

$$Y_e(j\omega) = ?$$

$V(t) = 3 \cos + 4 \sin t$ V
 $\rightarrow V_m \cdot \sin \phi$
 $\rightarrow V_m \cdot \cos \phi$

$$V(t) = V_m \sin(t + \phi) = V_m \sin t \cdot \cos \phi + V_m \cos t \cdot \sin \phi$$

$$U = V_m \cdot \cos \phi$$

$$I = V_m \cdot \sin \phi$$

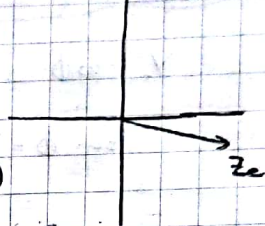
$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = 36,87^\circ \quad V_m = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$V(t) = 5 \cdot \sin(t + 36,87^\circ) \text{ V}$$

$$Y_e(j\omega) = \frac{I}{V} = \frac{3 \sin(t + \pi/6)}{5 \sin(t + 36,87^\circ)} = \frac{3 \cdot e^{j30}}{5 \cdot e^{j36,87^\circ}} = 0,6 e^{-j6,87^\circ} =$$

$$= 0,595 - j0,072 (\Omega)$$

$\downarrow$ Pasif $\downarrow$ endüktif $\downarrow$ sinüs



jω Bilgisiyle Devrelerin Çözümü

$$\sin(\omega t + \phi)$$

$$\cos(\omega t + \phi)$$

aynı türden karşıt olmalı.

Düzenli fazör olarak çözümlenir.

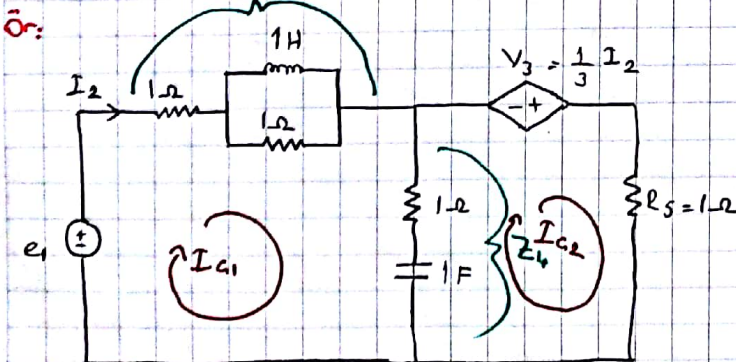
Düzenli fazöre çevrilir.

ω j. kullanarak empedans ve admittans bulunur. (Gerilim dallarında empedanslar, akım dallarında admittanslar kullanılır.)

$$Z_R = R \quad Y_R = \frac{1}{R} = G$$

$$Z_L = j\omega L \quad Y_L = \frac{1}{j\omega L} = -\frac{j}{\omega L}$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C} \quad Y_C = j\omega C$$



Başlangıç değerleri 0 alınır.

$$I_{C1}(t) \text{ ve } I_{C2}(t) = ?$$

$$e_1(t) = 2 \sin(t + \frac{\pi}{6}) \text{ V}$$

$$\omega = 1 \text{ rad/s}$$

$$Z_2(j\omega) = 1 + \frac{j1 \cdot 1}{j1+1}$$

$$Z_4(j\omega) = 1 + \frac{1}{j} = 1-j$$

1)

$$I) -E_1 + V_2 + V_4 = 0$$

$$II) -V_3 + V_5 - V_4 = 0$$

$$2) I) -2e^{j\pi/6} + \left[1 + \frac{j}{j+1}\right] \overset{I_{c1}}{\uparrow} I_2 + \left[1-j\right] \overset{I_{c1}-I_{c2}}{\uparrow} I_4 = 0 \quad I_2 = I_{c1} \quad I_4 = I_{c1} - I_{c2} \quad I_5 = I_{c2}$$

$$II) +\frac{1}{3} \overset{I_{c1}}{\uparrow} I_2 + 1 \overset{I_{c2}}{\uparrow} I_5 - \left[1-j\right] \overset{I_{c1}-I_{c2}}{\uparrow} I_4 = 0$$

$$3) I) I_{c1} \left[1 + \frac{j}{1+j} + 1-j\right] - I_{c2} [1-j] = 2e^{j\pi/6} \quad \left. \begin{array}{l} I) \\ II) \end{array} \right\} \text{ara islenir gop}$$

$$II) -I_{c1} \left[-\frac{1}{3} + 1-j\right] + I_{c2} [1+1-j] = 0$$

Düzen Fozör

 $j33^\circ, 814$

$$I_{c1} = 0,3636 e$$

$$I_{c2} = 0,5764 e^{j4^\circ, 052}$$

Düzen fozör

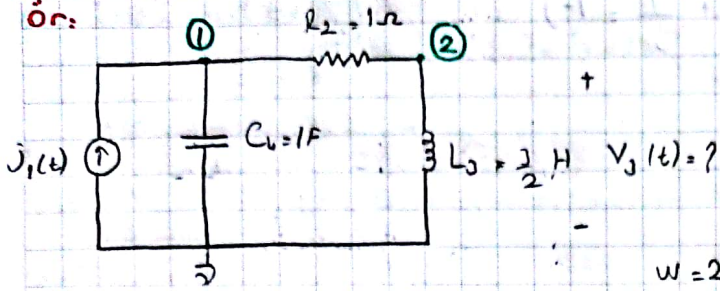
$$I_{c1}(t) = 0,3636 e^{j33^\circ, 814} e^{j\omega t} = 0,3636 \cos(t + 33^\circ, 814) + j 0,3636 \sin(t + 33^\circ, 814)$$

$$I_{c1c}(t) = \sin \{ I_{c1}(t) \} = 0,3636 \sin(t + 33^\circ, 814) \underline{\underline{A}}$$

$$I_{c2c}(t) = 0,5764 \sin(t + 4^\circ, 052) \underline{\underline{A}}$$

Kaynak sin 120 V'de edilen pozitifin senol biterini alinir.

Ör:



$$j_1(t) = 3 \sin 2t \text{ A}$$

(V_0 istenildigine göre bilinenlerin genilim oldugu bir yöntem kullanmalyiz)

$$\omega = 2 \text{ rad/sn} \quad j_1 = 3 \angle 0^\circ$$

$\Rightarrow$ Döğün denklemleri

admitanslar

$$Y_0 = j 2 \quad Y_2 = \frac{1}{j 2 \frac{3}{2}} = -\frac{j}{3}$$

Duran fazör

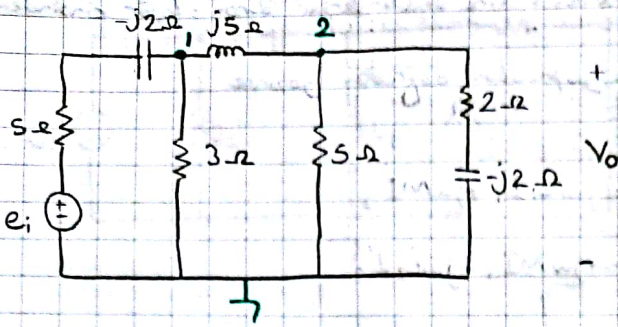
$$\begin{bmatrix} 1+j 2 & -1 \\ -1 & 1-\frac{j}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{d1} \\ V_{d2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \angle 0^\circ \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$V_{d2} = V_0 = 1,67 e^{-j 68^\circ, 2} \text{ Duran fazör. } \checkmark$$

Dönen fazör

$$V_0 = 1,67 e^{-j 68^\circ, 2} \cdot e^{j 2t}$$

$$V_{0c}(t) = 1,67 \sin (2t - 68^\circ, 2) \text{ V}$$



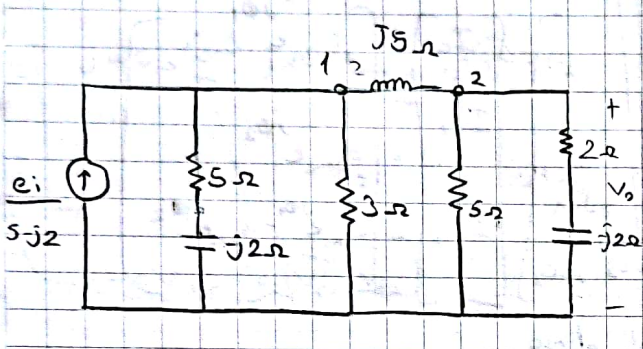
Gerilim kazancı $k = \frac{V_o}{E_i} = ?$

$$Z_c = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{\omega C} \Rightarrow 2 = \frac{1}{\omega C}$$

başlangıç değeri = 0'dır. (k)

(Gerilimler istenildiği için gerilimlere göre bir yörün kullanılmadı)

e_i , 5Ω , $-j2\Omega$ 'ın alınması değeri alınır.



$$\frac{1}{5-j2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{j5}$$

1. düğüme değen elemanların admittansları toplanır.

$$\frac{1}{-j5}$$

$$V_{d2} = V_o$$

$$\frac{1}{-j5}$$

2. düğüme değen elemanların admittansları

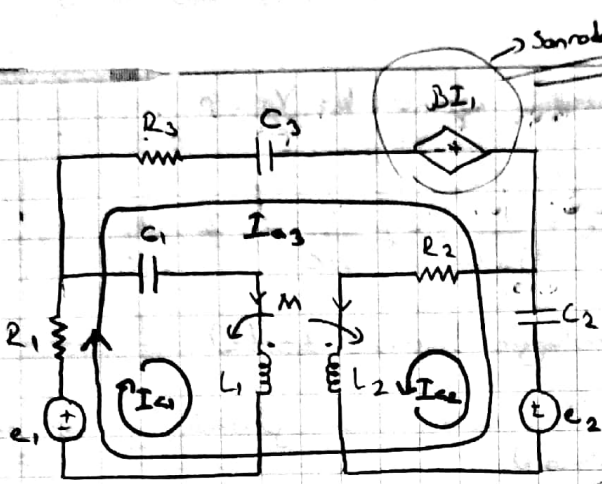
$$\frac{1}{j5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2-j2}$$

$$\frac{1}{-j5} V_{d1} + \left(\frac{1}{j5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2-j2} \right) V_o = 0 \Rightarrow V_{d1} = V_o \left(\frac{1}{j5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2-j2} \right) j5$$

$$k = 0,1365 \angle -61,2^\circ$$

$$\begin{aligned} e_i &= \frac{1}{5-j2} \\ e_1 &= \frac{1}{5-j2} \\ e_2 &= \frac{1}{5-j2} \end{aligned}$$

ör:



Verilen devre denklemlerini diron fazör cinsinden
işlem yapmadan doğrudan yazınız.

$$V_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2$$

$$V_2 = +j\omega M I_1 + j\omega L_2 I_2$$

$$\begin{array}{l} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{array} \left[\begin{array}{cc} R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1} & j\omega M \\ j\omega M & R_2 + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \\ R_1 & -\frac{1}{j\omega C_2} \end{array} \right] \begin{bmatrix} I_{c1} \\ I_{c2} \\ I_{c3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{1m} e^{j\phi_1} \\ E_{2m} e^{j\phi_2} \\ E_{1m} e^{j\phi_1} - E_{2m} e^{j\phi_2} \end{bmatrix}$$

$$- \beta I_1 = - \beta I_{c1}$$

Devrede bağımlı kaynak olursa

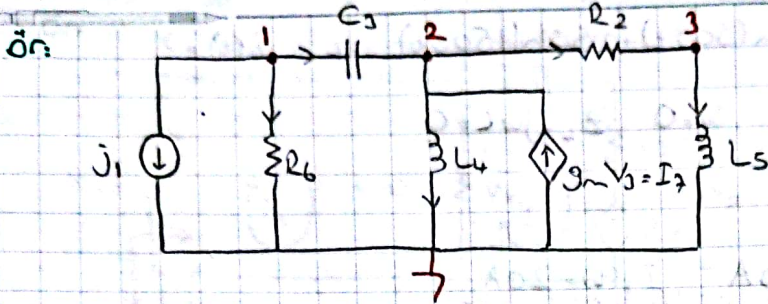
hangi devredeyse kaynak değeri oraya eklenir

1x1 → 1. devredeki tüm elemanlar

2x2 → 2. " " "

Düğüm yöntemi old. iken admittans kullanılarak

Verilen devrenin düğüm denklemlerini durum
fazan kullanarak ve isten. yapılaban doğrudan
yazınız.

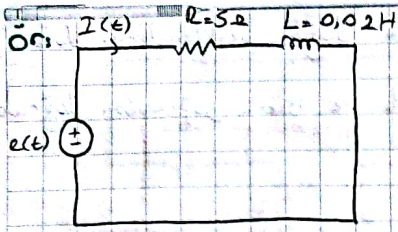


$$\begin{array}{c} V_{d1} \\ \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_6 + j\omega C_3 & -j\omega C_3 & 0 \\ -j\omega C_3 & j\omega C_3 + \frac{1}{j\omega L_4} + G_2 + g_m & -G_2 \\ 0 & -G_2 & G_2 + \frac{1}{j\omega L_5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{d1} \\ V_{d2} \\ V_{d3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -J_1 e^{j\theta} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

$-g_m V_3 = -g_m (V_{d1} - V_{d2})$

her birinin frekansı farklı olduğu için
↑ her birini için ayrı ayrı hesaplanır.

DC kaynak
↑



$$e(t) = 100 + 50 \sin(500t) + 25 \sin(1500t) \text{ ise } I(t) = ?$$

$$e_1(t) = 100 \text{ V } \omega = 0 \quad Z_L = j\omega L = 0$$

$$E_1 = 100$$

$$I_{11} = \frac{100}{5 + j0} = 20 \text{ A } \quad I_1(t) = 20 \text{ A}$$

$$e_2(t) = 50 \sin(500t) \quad \omega = 500 \text{ rad/s}$$

$$I_{12} = \frac{50 \cdot e^{j0}}{5 + j\omega \cdot 0,02} = 2\sqrt{5} e^{-j63,43}$$

Düzen fazör. Kaynak sin oldu için düzef fazöre çevirip sonuç bilkese alınır

$$I_{12}(t) = 2\sqrt{5} \sin(500t - 63,43) \text{ A } \quad \text{Düzen fazör}$$

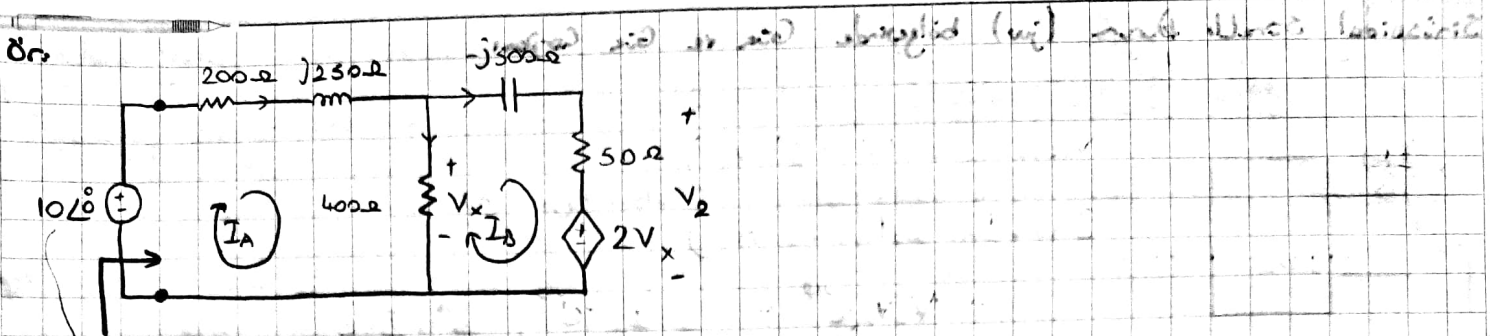
$$e_3(t) = 25 \sin(1500t) \text{ V } \quad \omega = 1500 \text{ rad/s}$$

$$I_{13} = \frac{25}{5 + j\omega \cdot 0,02} = \sqrt{\frac{25}{35}} e^{-j80,53}$$

$$I_{13}(t) = \sqrt{\frac{25}{35}} \sin(1500t - 80,53) \text{ düzen}$$

$$I_1(t) = I_{11}(t) + I_{12}(t) + I_{13}(t) = 20 + 2\sqrt{5} \sin(500t - 63,43) + \sqrt{\frac{25}{35}} \sin(1500t - 80,53) \text{ A}$$

empedans hesaplanacağı zaman da her bir için ayrı ayrı hesaplanır çünkü Z , ω 'ya bağlı.



$Z_{in} = ?$ I_A, I_B ve $V_2 = ?$

$$Z_{in} = \frac{10}{I_A}$$

$$V_x = 400(I_A - I_B)$$

$$I \rightarrow (200 + j250) \cdot I_A + 400(I_A - I_B) = 10 \angle 0^\circ$$

$$II \rightarrow (-j500 + 50) I_B + 2V_x - 400(I_A - I_B) = 0$$

$$I \rightarrow I_A(600 + j250) - 400I_B = 10 \angle 0^\circ$$

$$I_A = I_B \frac{(-350 - j500)}{400} \quad I \text{ denkleminde yerleştirir } I_B \text{ bul}$$

$$II \rightarrow 400I_A + I_B(-j500 - 350) = 0$$

$$\Rightarrow I_B = -1,93 - j3,85 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_A = 10,8 - j11,1 \text{ A}$$

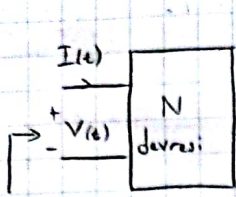
$$Z_{in} = \frac{10}{I_A} = \frac{10}{10,8 - j11,1} = \frac{450 + j463}{\Omega}$$

↓ Pozitif ol. san endüktif
direk pozitif ol. san
pozitif

$$V_2 = 50 \cdot I_B + 2V_x = 10,2 \angle -5^\circ \text{ V}$$

Bunya
Kader

Sinüsoidal sabit bir (jw) bölgeninde Güç ve Güç Faktörü



$$\left. \begin{aligned} V(t) &= V_m \cos(\omega t + \phi) \text{ V} \\ I(t) &= I_m \cos(\omega t + \theta) \text{ A} \end{aligned} \right\} \text{ olan (girişler)}$$

$$\underline{V} = V_m e^{j\phi} \quad \underline{I} = I_m e^{j\theta}, \quad \underline{I}^* = I_m e^{-j\theta}$$

$\hookrightarrow$ kompleks eşlenik

$$Z_e(j\omega) = R_e + jX_e(\omega)$$

→ Kompleks (Görünür, Kompleks) Güç [VA]

$$N = \frac{1}{2} \underline{V} \cdot \underline{I}^* = \frac{1}{2} V_m \cdot I_m e^{j(\phi - \theta)} = \frac{V_m I_m}{2} e^{j(\phi - \theta)} = \frac{V_m I_m}{2} \cos(\phi - \theta) + j \frac{V_m I_m}{2} \sin(\phi - \theta)$$

$\hookrightarrow$ birin terim $\hookrightarrow$ kompleks eşlenik

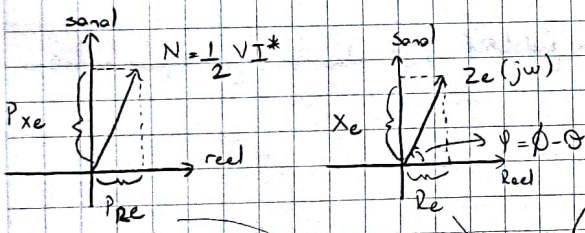
$\underbrace{\frac{V_m I_m}{2} \cos(\phi - \theta)}_{P_{RE}} + j \underbrace{\frac{V_m I_m}{2} \sin(\phi - \theta)}_{P_{XE}}$

* $P_{RE} = \frac{V_m I_m}{2} \cos \phi$: Esdeğir dirençli korunan güç [W] = Etkin Güç, aktif güç, ortalama güç

* $P_{XE} = \frac{V_m I_m}{2} \sin \phi$: Tepkin güç (X_e 'ye ait güç) [VAR]

kompleks güç

$$\hat{N} = P_{RE} + jP_{XE} \text{ [VA]}$$



alınma göre verilen tanımlardır

{ ileri güç faktörü $\rightarrow$ kapasitifdir
Geri güç faktörü $\rightarrow$ endüktiftir

$$\text{Güç faktörü} = \cos \phi = \frac{P_{RE}}{\sqrt{P_{RE}^2 + P_{XE}^2}} = \frac{P_{RE}}{\sqrt{R_e^2 + X_e^2}}$$

$$\tan \phi = \frac{P_{XE}}{P_{RE}} = \frac{X_e}{R_e}$$

$$\left. \begin{aligned} V(t) &= V_m \cos(\omega t + \phi) \text{ V} \\ I(t) &= I_m \cos(\omega t + \theta) \text{ A} \end{aligned} \right\} \text{ Ani ve Ortalama gücü bulun.}$$

Ani güç

$$P(t) = V(t) \cdot I(t) = V_m I_m \cos(\omega t + \phi) \cdot \cos(\omega t + \theta)$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} [\cos(2\omega t + \phi + \theta) + \cos(\phi + \theta)] \text{ (W)}$$

shift + complex + 3
" " 4

esdeğer direnç üzerinde
görünür güç

Ortalama Güç

$$P_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{V_m I_m}{2} [\cos(2\omega t + \phi + \theta) + \cos(\phi + \theta)] dt = \frac{V_m I_m}{2} \cos(\phi - \theta) = P_{ee}$$

➔ Direnç elemanına ait güç formu (Etkin Güç)

$I(t) = I_m \cos(\omega t + \theta)$ A Ani ve ortalama gücünü elde ediniz.

$$P(t) = V(t) \cdot I(t) = R I_m^2 \cos^2(\omega t + \theta) = \frac{R I_m^2}{2} [1 + \cos(2\omega t + 2\theta)]$$

$$V(t) = R \cdot I(t) = R I_m \cos(\omega t + \theta) \text{ V}$$

$$P_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = \frac{R I_m^2}{2}$$

Reaktif Güç Sahip Elemanlar

1) Endüktans Elemanı:

(ideal, yani $R_{ik} = 0$)

$I(t) = I_m \sin(\omega t + \theta)$ A olsun.

$$V(t) = L \frac{dI(t)}{dt} = \omega L I_m \cos(\omega t + \theta) \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{Ani güç: } P(t) &= V(t) \cdot I(t) = \omega L I_m^2 \sin(\omega t + \theta) \cdot \cos(\omega t + \theta) \\ &= \frac{\omega L I_m^2}{2} \sin(2\omega t + 2\theta) \end{aligned}$$

$$P_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = 0 = P_{etk}$$

direnç için

$$\text{Kompleks güç (Görünür Güç)} \quad N = \frac{1}{2} V I^*$$

$$I = I_m e^{j\theta}, \quad I^* = I_m e^{-j\theta}$$

$$V = j\omega L I_m e^{j\theta} = \omega L I_m e^{j(\theta + \frac{\pi}{2})}$$

$$N = \frac{1}{2} \omega L I_m e^{j(\theta + \frac{\pi}{2})} \cdot I_m e^{-j\theta} = \frac{1}{2} \omega L I_m^2 e^{j\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{2} j\omega L I_m^2 = jP_x$$

aktif güç

Reaktif - reaktif güç

2) Kapasite elemanı

$$V(t) = V_m \cos(\omega t + \phi) \text{ V}$$

$$I(t) = C \cdot \frac{dV(t)}{dt} = -\omega C V_m \sin(\omega t + \phi) \text{ A}$$

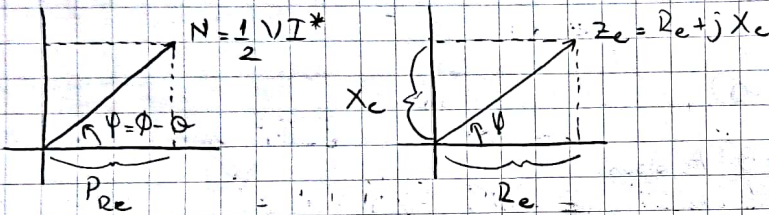
$$\text{Ani güç } P(t) = V(t) \cdot I(t) = -\omega C V_m^2 \sin(\omega t + \phi) \cos(\omega t + \phi) = -\frac{\omega C V_m^2}{2} \sin(2\omega t + 2\phi) \text{ (W)}$$

$$P_{\text{ort}} = 0 \text{ [W]} = P_{\text{ic}}$$

$$\text{Karmasık güç (Görünür güç)} = N = \frac{1}{2} V I^* \quad V = V_m e^{j\phi} \quad I = j\omega C V_m e^{j\phi} = \omega C V_m e^{j(\phi - \frac{\pi}{2})}$$

$$I^* = \omega C V_m e^{-j(\phi - \frac{\pi}{2})}$$

$$N = \frac{1}{2} V_m e^{j\phi} \omega C V_m e^{-j(\phi - \frac{\pi}{2})} = \frac{1}{2} \omega C V_m^2 e^{j\frac{\pi}{2}} = -j \frac{\omega C V_m^2}{2}$$



Özellikler:

1) Karmasık (Görünür) Güç N

P_{re} Etkin, aktif

$$\varphi = \phi - \theta$$

Genel empedansın gerçekte görünür gücün genlikleri

sabit alınarak koran φ açısı değiştirilerek empedansın

yada karmasık gücün reel ve sanal bileşenleri değiştirilebilir.

2) N devresi pasif R, L, C ve M elemanlarından oluşursa $P_{\text{ort}} \geq 0$ olacaktır. Bu eşitlik $[-\infty, \infty]$ zaman aralığında $P(t) \geq 0$ olduğu anlarına geçer.

$$3) I = I_m e^{j\theta}, \quad I^* = I_m e^{-j\theta}$$

$$V = V_m e^{j\phi}$$

ise görünür güç

$$N = \frac{1}{2} V I^* = \frac{1}{2} V_m I_m e^{j(\phi - \theta)} = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\phi - \theta) + j \frac{1}{2} V_m I_m \sin(\phi - \theta)$$

$$\varphi = \phi - \theta \text{ ise } N = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \varphi + j \frac{1}{2} V_m I_m \sin \varphi \text{ olur. [VA]} \quad N = P_{re} + j P_{xe}$$

$$P_{Re} = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \varphi = \text{Ger}[N] = \text{Ger}\left[\frac{1}{2} V I^*\right] = \frac{1}{2} \text{Ger}[Z_e I_m^2] = \frac{1}{2} \text{Ger}\left[\frac{V_m^2}{Z_e}\right] = \frac{1}{2} \text{Ger}[V_m^2 Y_e]$$

$$P_{Xe} = \frac{1}{2} V_m I_m \sin \varphi = \text{San}[N] = \text{San}\left[\frac{1}{2} V I^*\right] = \frac{1}{2} \text{San}[Z_e I_m^2] = \frac{1}{2} \text{San}\left[\frac{V_m^2}{Z_e}\right] = \frac{1}{2} \text{San}[V_m^2 Y_e]$$

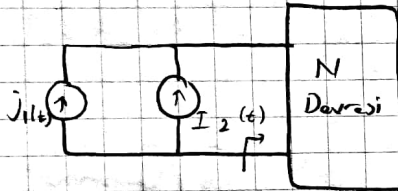
Yada

$$P_{Re} = P_{ort} = \frac{1}{2} I_m^2 \text{Ger}[Z_e] = \frac{1}{2} V_m^2 \text{Ger}[Y_e],$$

$$P_{Xe} = \frac{1}{2} I_m^2 \text{San}[Z_e] = \frac{1}{2} V_m^2 \text{San}[Y_e]$$

Toplamsalite kuralı, akım ve gerilim hesaplanırken geçerlidir.

ör: Ortalama güç için toplamsalite kuralı geçerlidir?



$$Z_e(j\omega) = R_e + jX_e$$

$$N = \frac{1}{2} V I^* = (P_{Re} + jP_{Xe})$$

$$P_{ort} = \frac{1}{2} R_e \cdot I_m^2 = P_{Re} = \frac{1}{2} V \cdot I^*$$

$$I_1 = I_{1m} e^{j\theta_1}, I_2 = I_{2m} e^{j\theta_2} \quad I = I_1 + I_2$$

$$P_{Re} = \frac{1}{2} R_e I \cdot I^* = \frac{1}{2} R_e (I_1 + I_2)(I_1^* + I_2^*)$$

$$= \frac{1}{2} R_e [I_1^2 + I_2^2 + \underbrace{I_{1m} I_{2m} e^{j(\theta_1 - \theta_2)}}_{\substack{I_{1e}^{j\theta_1} \cdot I_{2e}^{-j\theta_2} \\ I_{2e}^{j\theta_2} \cdot I_{1e}^{-j\theta_1}}} + \underbrace{I_{1m} I_{2m} e^{-j(\theta_2 - \theta_1)}}_{\substack{I_{2e}^{j\theta_2} \cdot I_{1e}^{-j\theta_1} \\ I_{1e}^{j\theta_1} \cdot I_{2e}^{-j\theta_2}}}]$$

$$2 I_{1m} I_{2m} \cos(\theta_1 - \theta_2)$$

Toplamsalite geçerli

değildir

çoklu empedans

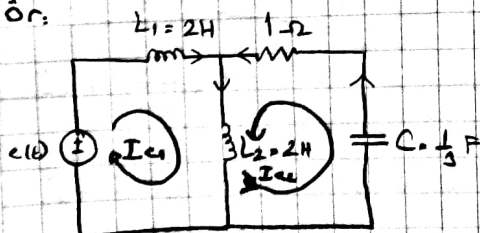
Güç Teoremi (Tellegen) Yasası

→ toplamsalite (gösterir)

Devrede bulunan elemanların N nin toplamı 0 dır.

$$N_T = N_1 + N_2 + \dots + N_e = 0 \text{ dır.}$$

ör:



$$v(t) = 2 \cos(3t + \frac{\pi}{2}) \text{ V} \quad \text{Tellegen yasasını ispatlayınız.}$$

$$\omega = 3 \text{ rad/s}$$

$$Z_{L1} = j6 \Omega$$

$$Z_{L2} = j6 \Omega$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j2 \Omega$$

$$\begin{bmatrix} j12 & j6 \\ j6 & 1+j6-j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{L1} \\ I_{L2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2e^{j\frac{\pi}{2}} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$I_{L1} = \frac{1}{30} [11+j3] A$$

$$I_{L2} = I_{L1} + I_{L2} = -\frac{1}{30} [1+j3] A$$

$$I_{E2} = -\frac{1}{3} [2+j] A$$

$$I_E = -I_{L1} = -\frac{1}{30} [11+j3] \quad I_E^* = -\frac{1}{30} [11-j3]$$

$$N_E = \frac{1}{2} V I^* = \frac{1}{2} 2e^{j\frac{\pi}{2}} \left(-\frac{1}{30} [11-j3] \right) = -\frac{1}{10} - j\frac{11}{30} VA$$

$$N_{L1} = \frac{1}{2} V_{L1} I_{L1}^* = \frac{1}{2} \frac{V_{L1}}{Z_{L1}} \cdot I_{L1} \cdot I_{L1}^* = \frac{1}{2} Z_{L1} \cdot I_{L1}^2 = \frac{1}{2} j6 \cdot \frac{1}{30^2} [11^2 + 3^2] = \frac{j13}{30} VA$$

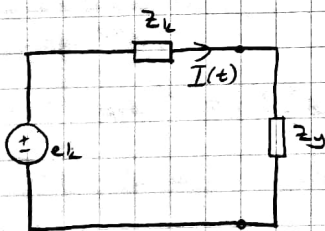
$$N_{L2} = \frac{1}{2} Z_{L2} I_{L2}^2 = \frac{1}{2} j6 \cdot \frac{1}{30^2} [1^2 + 3^2] = \frac{j}{30} VA$$

$$N_R = \frac{1}{2} R \cdot I_{Rm}^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{25} (4+1) = \frac{1}{10} VA$$

$$N_C = \frac{1}{2} Z_C \cdot I_{Cm}^2 = \frac{1}{2} (-j) \cdot \frac{1}{25} \cdot 5 = -\frac{j}{10} VA$$

$$N_E + N_{L1} + N_{L2} + N_R + N_C = 0$$

Empedans Uygun ve Maximum Güç Kavramı



$Z_k = R_k + jX_k$ kaynağın iç empedansı

$Z_y = R_y + jX_y$ yük empedansı

$e_k = E_m \cos \omega t$ V

R_y 'nin ortolama (etkin, aktif) gücün max olması için?

akımın durum fazör ifadesi,

$$I = \frac{E_m}{Z_k + Z_y} = \frac{E_m}{(R_k + R_y) + j(X_k + X_y)}$$

Yük için ortolama güç

$$P_{Ry} = \frac{1}{2} R_y I^2 = \frac{1}{2} R_y \frac{E_m^2}{\left(\sqrt{(R_k + R_y)^2 + (X_k + X_y)^2} \right)^2}$$

$$1) X_L + X_Y = 0$$

$$X_L = -X_Y$$

$$P_{R_Y} = \frac{1}{2} R_Y \frac{E_m^2}{(R_L + R_Y)^2} \quad 2) \frac{\partial P_{R_Y}}{\partial R_Y} = \frac{1}{2} E_m^2 \left[\frac{1}{(R_L + R_Y)^2} - 2 \frac{1}{(R_L + R_Y)^3} R_Y \right] = 0$$

$$R_L + R_Y - 2R_Y = 0 \quad \boxed{R_L = R_Y}$$

$$3) Z_Y = Z_L^*$$

$$Z_L = Z_Y^*$$

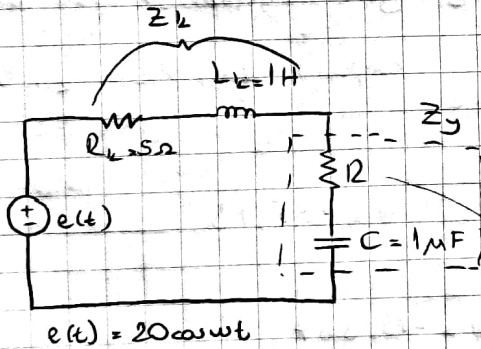
$$P_{R_Y} = \frac{1}{8} \frac{E_m^2}{R_Y} \Rightarrow \text{Yükün max gücü}$$

R_L ve R_Y nin toplam gücü (ort)

$$P_L = P_{R_Y} + P_{R_L} = \frac{1}{4} \frac{E_m^2}{R_Y}$$

Verim: $\left[\text{star symbol} \right] \quad \frac{P_{R_Y}}{P_L} = \%50$

ör:



Verilen devrede yükten kayboldan ettiği ort güç

max edilebilir için R ve ω acil frekans değerlerini hesaplayınız. Verim nedir?

$$Z_L = 5 + j\omega$$

$$Z_Y = R + \frac{1}{j\omega 10^{-6}} = R - \frac{1}{j\omega} \quad \text{?}$$

$$P_{R_Y} = \frac{1}{2} 5 \cdot I_m^2 = 10 \text{ W}$$

$$I_m = \frac{20}{10} = 2 \text{ A}$$

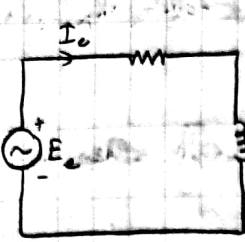
$$P_L = 2 P_{R_Y} = 20 \text{ W} \quad \eta = \%50$$

$$5 + j\omega = R - \frac{1}{j\omega} \quad \begin{matrix} \text{sonel bileşenler} \\ \text{esit} \end{matrix}$$

Reel bileşenler
esit

$$R = 5 \Omega \quad \omega = \frac{10^6}{\omega} \Rightarrow \omega = 1000 \text{ rad/s}$$

Ön



Etken değeri $E_e = 100V$, $I_e = 10A$ olup akım gerilimden 30° geriler.
dedir. (Güç gücü kompani). Bu durumda P_R , P_X , N , X , $R = ?$

$$\varphi = \phi - \theta = 30^\circ$$

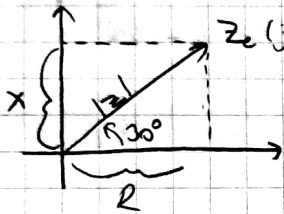
L ile ilgili
gerilim ve akım

Güç - ilerde endüktif

$$P_R = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \varphi = V_e I_e \cos \varphi = 100 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 866W \quad V_e \sqrt{2} = V_m \quad I_e \sqrt{2} = I_m$$

$$P_X = V_e I_e \sin 30 = 500VAR \quad P_X = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \sin \varphi$$

$$\text{Görünür güç } N = 866 + j500VA$$

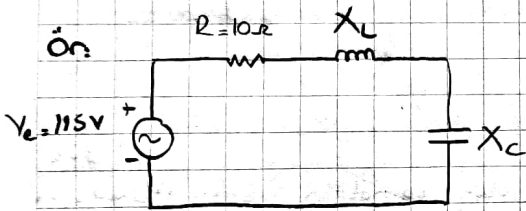


$$|Z| = \frac{V_e}{I_e} = \frac{100}{10} = 10 \Omega \quad 10 \cos 30 = R = 8,66$$

$$X = |Z| \cdot \sin 30 = 5$$

$$|Z| = 8,66 + j5 \Omega$$

Ön



$$X_L = \omega L \quad Z_L = jX_L$$

Cos $\varphi = 0,6$ olup akım gerilim

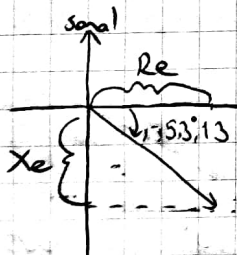
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

göre ileri fazdadır (Yani ileri güç kompani). I_e , X_e , P_R , P_X ve N

$$etkin = \frac{\max}{\sqrt{2}}$$

$$\varphi = \phi - \theta \text{ kapasitif devre}$$

$$Z_e = R_e + jX_e \quad X_e = X_L - X_C \quad \varphi = -53,13$$



$$\tan \varphi = \frac{X_e}{R_e} \Rightarrow X_e = R_e \tan \varphi = -13,367$$

$$I_e = \frac{V_e}{|Z_e|} = 6,8A$$

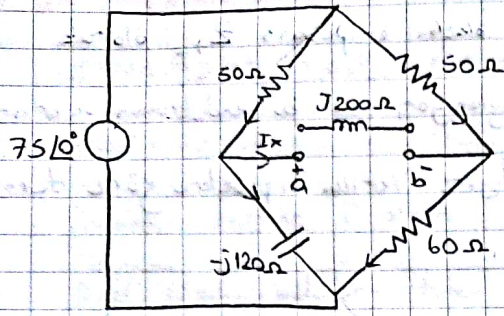
$$Z_e = 10 - j13,367 \Omega \quad Z_e = \frac{50}{3} \angle -53,13$$

$$P_{R_e} = V_e I_e \cos \varphi = 477W$$

$$P_{X_e} = V_e I_e \sin \varphi = -633,87VAR$$

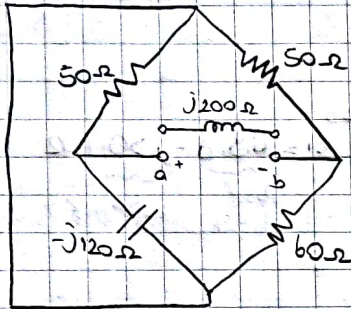
$$\text{Görünür, karmaşık güç } N = 477 - j633,87VA$$

ör



a, b uçlarından bakıldığında elde edilen Thevenin voltaj gerisini bulunuz.

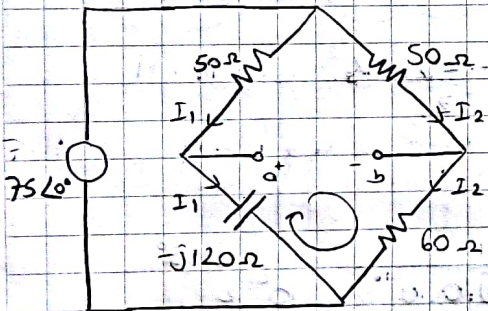
$Z_y = j200$ devreye bağlandığında koldan akan akımın değeri nedir, $I_x = ?$



$$\begin{aligned} 50 \parallel -j120 \\ 50 \parallel 60 \end{aligned} \rightarrow \text{Seri}$$

$$Z_{es} = \frac{50(-j120)}{50-j120} + \frac{50 \cdot 60}{50+60} = 63,3 - j17,8 \, \Omega$$

a-b açık devre



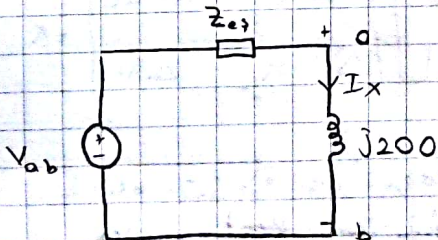
$$I_1 = \frac{75}{50-j120}$$

$$V_{ab} + V_{60} - V_{j200} = 0$$

$$V_{ab} = V_{j200} - V_{60}$$

$$I_2 = \frac{75}{110}$$

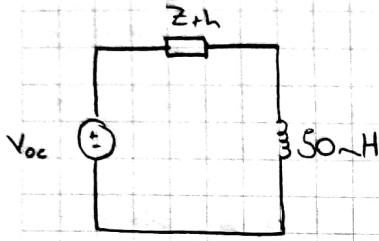
$$V_{ab} = (-j120) \frac{75}{50-j120} - 60 \frac{75}{110} = 23,0 - j26,6 \, V$$



$$I_x = \frac{V_{ab}}{Z_{es} + j200} = \frac{23 - j26,6}{63,3 - j17,8 + j200} = 0,18 e^{-j118^\circ} \, A$$

Ör. Bir devrenin a, b uçlarını açık devre yaptığımızda ölçülen gerilim

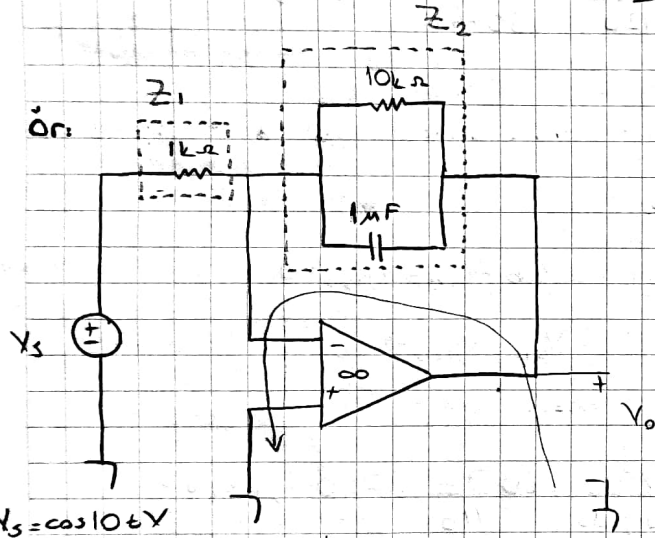
$V_{oc} = 12 \cos 2000t$ Volt'tur. Yine bu devrenin açtığımızda ölçülen empedans Z_{th} olarak verilmiştir. Bu iki uca 50 mH değerinde bir endüktans bağlarıyor, ve bu endüktansın uçlarındaki gerilim $V_L(t) = 17 \cos(2000t + 45^\circ)$ V olarak elde edilmiştir. Verilen ifadeye göre devreyi çiziniz ve Z_{th} 'yi bulun.



$$I = \frac{17 e^{j45}}{j2000 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} =$$

$$Z_{th} = \frac{V_{oc} - V_L}{I} = \frac{12 - 17 e^{j45}}{I} = \frac{43,9 - j50,1}{2} = 21,95 - j25,05 \Omega$$

pasif kapasitif



$$I_{Z_1} = I_{Z_2} = \frac{V_s}{Z_1}$$

$$V_o = -V_{Z_2} = -\frac{Z_2}{Z_1} V_s$$

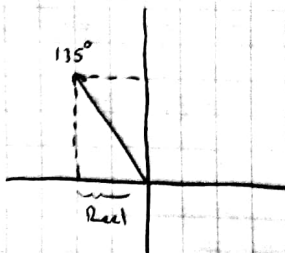
$$Z_1 = 1 \cdot 10^3$$

$$Z_2 = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{j10 \cdot 10^{-6}}}{10^4 + \frac{1}{j10^{-5}}} = \frac{10^4}{\sqrt{2}} e^{j135^\circ}$$

$$V_o = -\frac{\frac{10^4}{\sqrt{2}} e^{j135^\circ}}{10^3} \cdot 1 = -\frac{10}{\sqrt{2}} e^{j135^\circ} \text{ Duran f.}$$

$$V_o(t) = -\frac{10}{\sqrt{2}} e^{j135^\circ} \cdot e^{j10t} \text{ Dönen fazör kaymak cos olduğu için Reel bileşen}$$

$$V_o(t) = \frac{10}{\sqrt{2}} \cos(10t + 135^\circ) \text{ V}$$



Reel bileşen - burada bu - var + olur

jw bölgesinde duran denklemlerin çözümleri

$$\dot{\underline{x}}(t) = \underline{A}\underline{x}(t) + \underline{B}\underline{u}(t) \quad \text{durum denkle.}$$

$$\underline{y}(t) = \underline{C}\underline{x}(t) + \underline{D}\underline{u}(t) \quad \text{çıkış denkle.}$$

Başlangıç değerleri 0 alınır.

Özel çözüm bulunur. Tutarlı olan jw yazılır.

$$jw \underline{X} = \underline{A}\underline{X} + \underline{B}\underline{U} \quad \text{Duran f.}$$

$$[jw \underline{I} - \underline{A}] \underline{X} = \underline{B}\underline{U} \quad \underline{X} = [jw \underline{I} - \underline{A}]^{-1} \underline{B}\underline{U} = \begin{bmatrix} x_1 e^{j\omega t} \\ x_2 e^{j\omega t} \\ \vdots \\ x_n e^{j\omega t} \end{bmatrix} \quad \text{Duran fazör}$$

$$\underline{Y} = \underline{C}\underline{X} + \underline{D}\underline{U} = \underline{C}[jw \underline{I} - \underline{A}]^{-1} \underline{B}\underline{U} + \underline{D}\underline{U}$$

ör. $\begin{bmatrix} \dot{I}_1(t) \\ \dot{V}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 3 \\ -1/3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(t) \\ V(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} 3 \sin 2t$ Verilen durum denklemini jw bölgesinde çözünüz.

$\omega = 2$

$\underline{\dot{x}} = \underline{A}\underline{x} + \underline{B}\underline{u}$

$$[jw \underline{I} - \underline{A}]^{-1} = \left\{ \begin{bmatrix} j2 & 0 \\ 0 & j2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -1 & 3 \\ -1/3 & -1 \end{bmatrix} \right\}^{-1} = \begin{bmatrix} j2+1 & -3 \\ 1/3 & j2+1 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\Delta = (j2+1)^2 + 1$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} j2+1/\Delta & 3/\Delta \\ -1/3\Delta & j2+1/\Delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} 3e^{j\omega t} = \begin{bmatrix} \frac{3}{\Delta} \\ \frac{j2+1}{\Delta} \cdot 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-3}{10} \sqrt{5} e^{j63^\circ, 43} \\ \frac{3}{2} e^{-j71^\circ, 56} \end{bmatrix} \quad \text{Duran f.}$$

$$I_1(t) = \frac{-3}{10} \sqrt{5} \sin(2t + 63^\circ, 43) A$$

$$V(t) = \frac{3}{2} \sin(2t - 71^\circ, 56) V$$