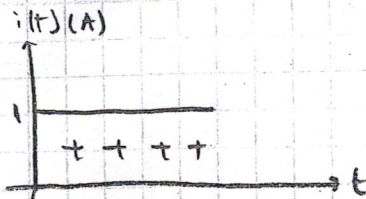
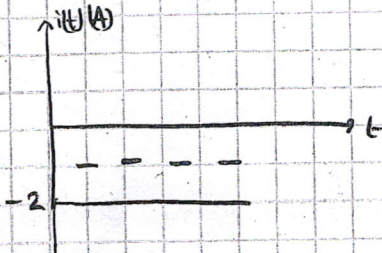


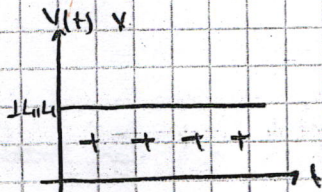
Dopru Akım (Direct Current - DC)



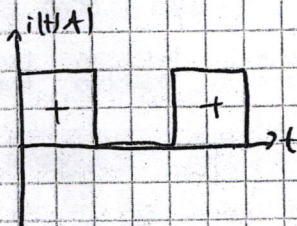
$\Rightarrow$ Sabit Dopru Akım



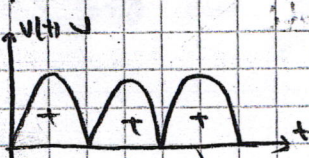
$\Rightarrow$ Sabit Dopru Akım (Negatif)



$\Rightarrow$ Sabit Dopru Gerilim



$\Rightarrow$ DC Akım



$\Rightarrow$ DC Gerilim



$\Rightarrow$ DC Gerilim

DC Kullanımı

- * Piller, akümülatörler, PV (fotovoltaik), güneş enerjisi sistemleri, elektronik kontrol sistemleri (PLC, mikroislemci, mikrodeneetleyici) barındıran devreler
- * Bilgisayar, günümüz televizyonları, cep telefonları, led ısıtıcı aydınlatma sistemleridir.

* Güç tüketimi kW altındaki sistemlerde kullanılır

* Kimyasal piller

* PV güç santralleri

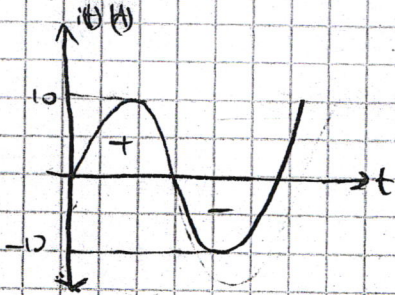
* Dinamolar

* AC'den dönüştüren devreler

Alternatif Akım (Alternating Current - AC)

Zamanla yönü değişen akımdır. AC'de elektron akış yönü sürekli

değişir.



⇒ Alternatif Akım İzleti

NOT: Elektrik makineleri sinüslü

siğnal verdiği için elektrik

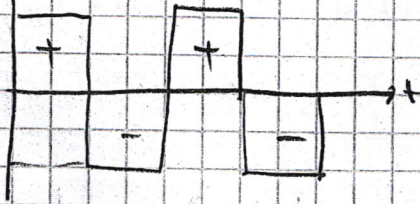
sebekelerini, kabloları buna

göre dizayn ediliyor ve

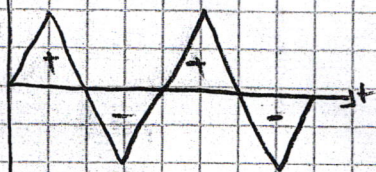
devreleri buna göre tasarlanır.

⇒ Alternatif Akım İzleti

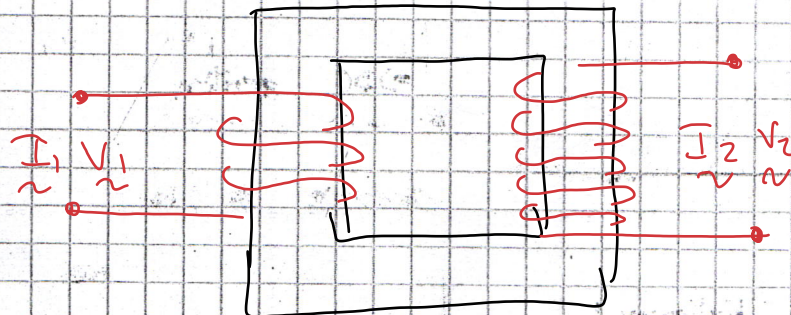
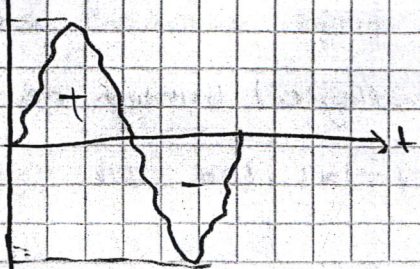
$v(t)$ V

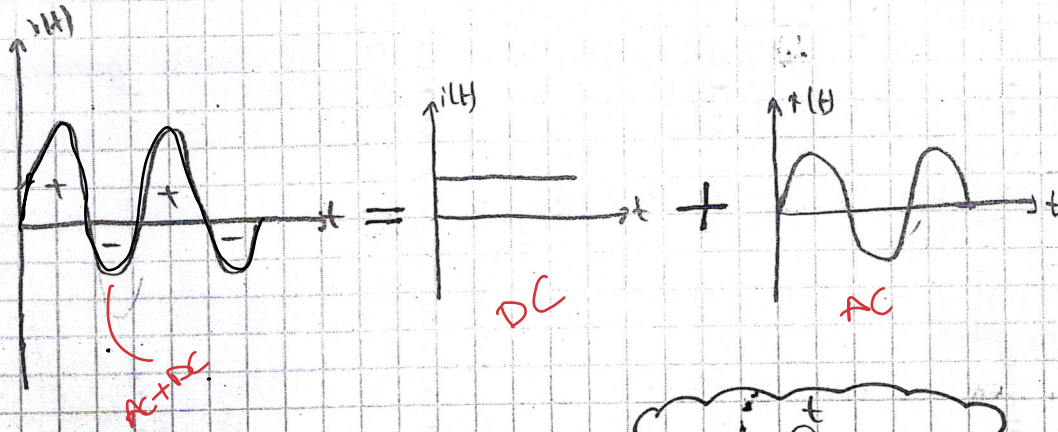


$i(t)$ A



$v(t)$ V





Tanım olarak $f(t)$ (akım - gerilim)
alternatif akım veya gerilimdir.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t f(t) dt = 0$$

ise bu isaret

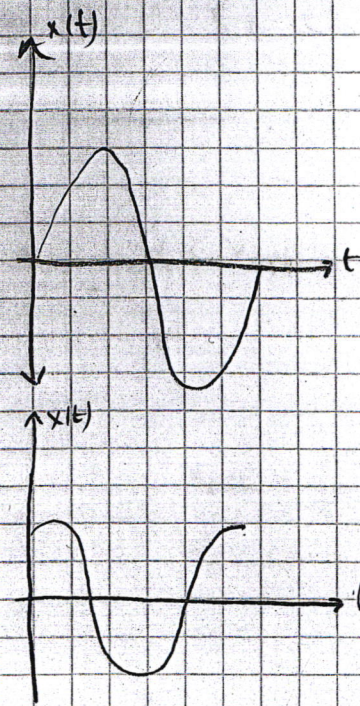
Kullanımı

- * Tüm dünyadaki enerji üretim, depolama sistemi
- * Büyük büyük güçler. (motorlar, ısıtıcılar, aydınlatma sistemleri vb.)
- * LKW üstü güçte sahip yüklerin %98'i

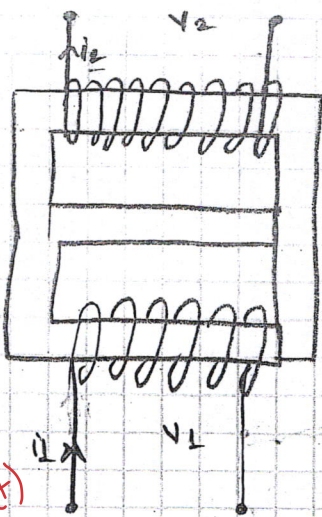
Üretimi

- * Büyük, güçlü birçok enerji üretim kontrolleri (termik, hidroelektrik, jeotermal vb.)

Sinusoidal İfade



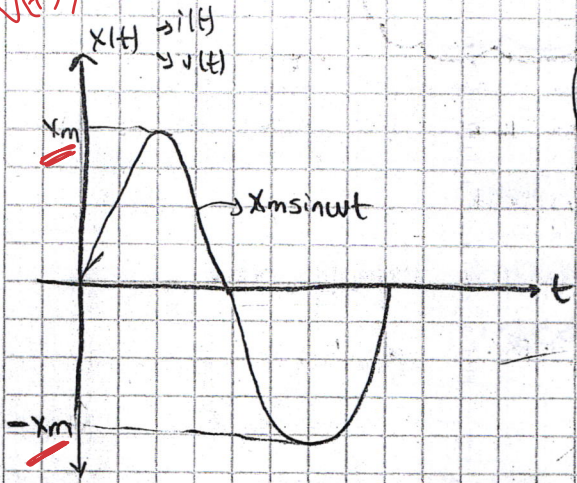
- 1) Bir elektrik üretim sist. (AC) çıkışı bu şekildedir.
- 2) Mevcut elektrik şebekelerinde bu isaret kullanılır.
- 3) Bu isaret alternatif bir isaret olduğundan transformasyonla analiziye kolaylıkla ve verimli bir şekilde gerilim, akım değeri depolanmaktadır.



4) Mevcut tüketiciler sinüsoidal isaretili gerilime mühtacdır.

+

$V(t), i(t)$



$$\left[\varphi = 0 \text{ ise} \right]$$

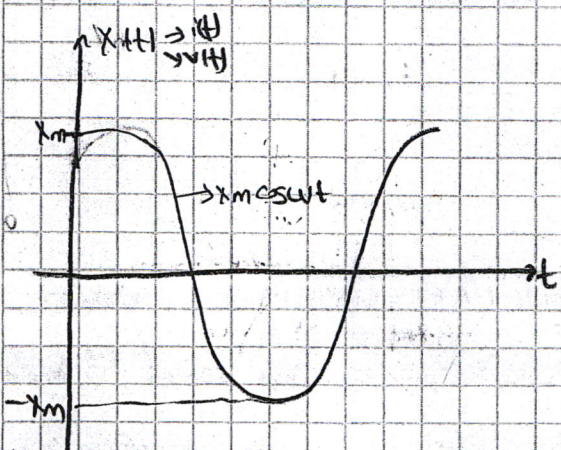
$$\varphi = \varphi_{\text{max}} - \omega t$$

$\omega = \text{acresal frekans}$

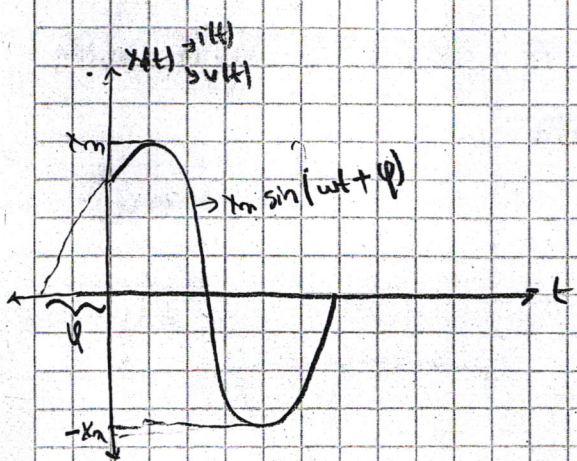
$X_m = \text{maksimum değer}$

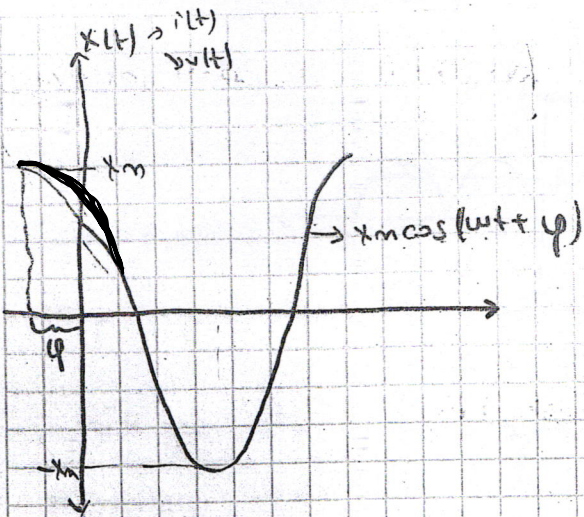
$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ rad/s}$$



$$\left[\varphi = 0 \text{ ise} \right]$$





Ani Değer: Bir devre elemanının sinusoidal akım veya geriliminin ani değer ifadesi (t formundaki ifadesi) x_m = tepe değer olmak üzere

φ = faz açısı olmak üzere $x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi)$ olarak tanımlanır.

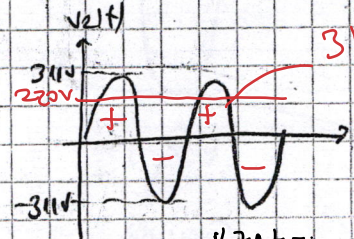
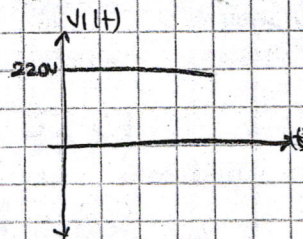
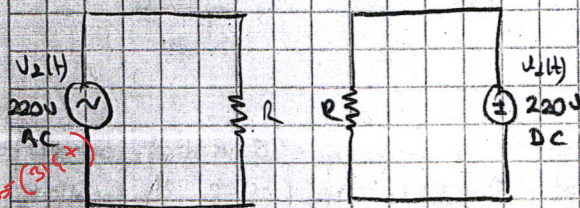
Bu ifade

$$X = \frac{x_m}{\sqrt{2}}$$

$$x(t) = \sqrt{2} X \cos(\omega t + \varphi) \quad (X = \text{efektif değer})$$

Efektif Değer (Etkin Değer, RMS, efektif değer)

Alternatif işaretlerin DC'deki etkinliğini ortaya koyan değerdir.



$$X = X_{\text{eff}} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{x^2(t)} dt$$

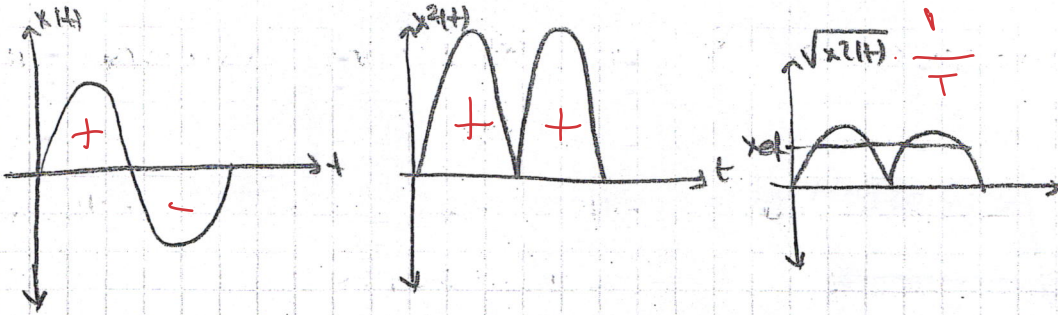
⇒ Tüm periyot için

$$X_{\text{eff}} = \frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{x^2(t)} dt$$

⇒ Periyodik fonksiyon için

$$X = \frac{x_m}{\sqrt{2}}$$

⇒ Sinüsoidal fonk. için



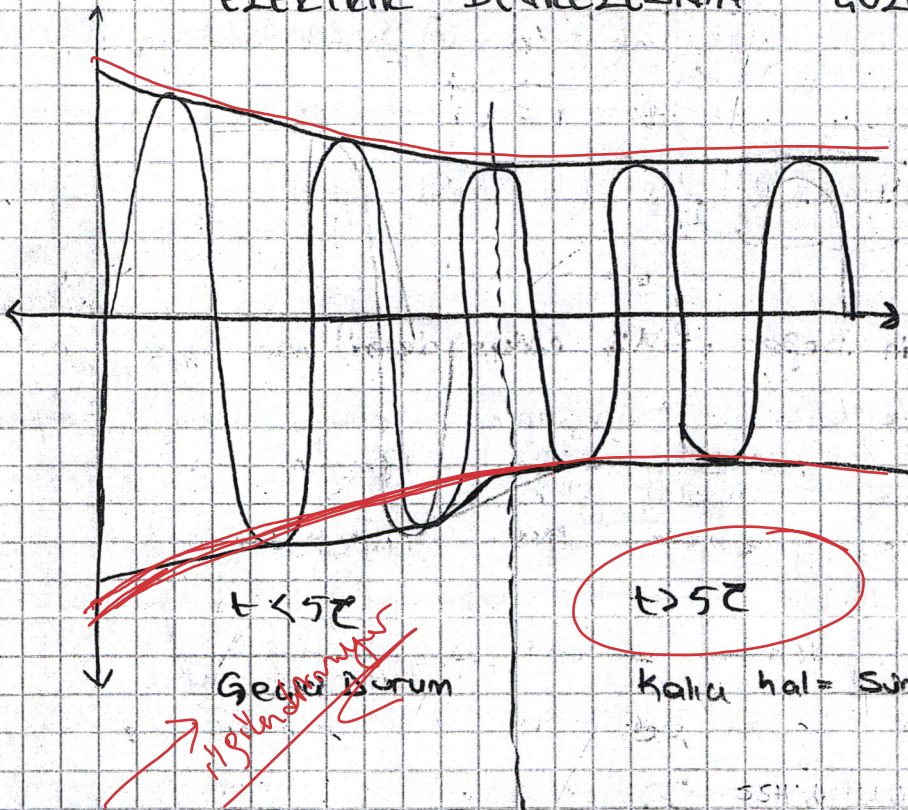
$$x = x_{eff} = \frac{x_m}{\sqrt{2}}$$

Sinusoidal form

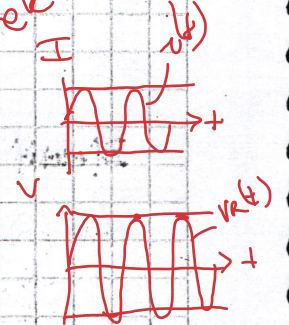
DC
Sürekli
Hal

SINUSODAL SÜREKLİ HALDEKİ

ELEKTRİK DEVRELERİNİN GÖZÜMÜ (AC devrelerinin çözümü)



Sürekli hal!



$t < 5\tau$

$t > 5\tau$

Kalıcı hal = Sürekli hal (Sinusoidal sürekli halde ilk koşullar etkisi yokken)

SSİ'de tüm akım ve gerilim kaynaklarının fark sinyali $\sin(\omega t + \phi)$ veya $\cos(\omega t + \phi)$ olan sinusoidal Akarsignallerdir. Tüm kaynakların frekansları aynıdır ($f = 50 \text{ Hz}$, $f = 60 \text{ Hz}$)

SSH'de devre analizinde sinusoidal fonksiyonlar gerçekte birer kompleks büyüklük denklemlerle ifade edilir.

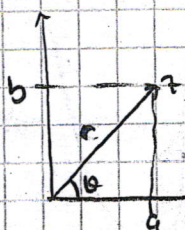
~~SSH'de~~ zaman dâimli devreler için aynı devrelerin çözümünde olduğu gibi DGY, KAY, DÜGY, GAY ile çözülebilir. Thermin + Norton + Superpozisyon + T.

SSH'de aynı devrelerinden farklı olarak devre elemanların akımı ve gerilimi kompleks sayılarla ifade edilebilir.

Fazör Kavramı

Hatırlatma!

Kompleks sayılar:



$$z = a + jb$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2} = r$$

$$\frac{z}{r} = z \text{ vektörü}$$

$$\frac{z}{r}, \frac{I}{I}, \frac{V}{V}$$

$$|z| = z \text{ vektörünün modülü (uzunluğu)}$$

$$\theta = z \text{ vektörünün açısı veya argümanı}$$

$$z = a + jb = r(\cos \theta + j \sin \theta) = r \cdot e^{j\theta} = r \angle \theta$$

Kartezyen gösterim Trigonometrik gösterim Üstel gösterim Kutupsal gösterim

$$\begin{cases} a = r \cos \theta \\ b = r \sin \theta \end{cases} \quad P = \frac{I}{I} \cdot \frac{V}{V}$$

Elektrik mühendisliğinde SSH'de alternatif akım devrelerinin çözümü için kullanılan belirli bir açısal frekans (ω) için tanımlanan ve sinusoidal büyüklükleri göstermek için kullanılan $\underline{x} = x \angle \theta$ şeklindeki kompleks sayısına fazör denir. $\underline{x} = x \angle \theta$ efektif değeri.

NOT Devrelerde fazör dönüşümü yapmadan önce devredeki akım ve gerilimlerin ani değer ifadelerinin hepsini ya cos kut ya da sin kut biçiminde ifade edip aynı faz açılarını almak gerekir. Ancak devre teorisi dersinde aksi belirtilmedikçe tüm ani değeri başlangıçta cos kut form olarak kullanılacaktır.

Bir fonksiyon $\sin(\omega t + \phi)$ biçiminde verilirse $\sin x = \cos(90^\circ - x)$ eşitliğinden $\cos$ fonksiyonu elde edilir.

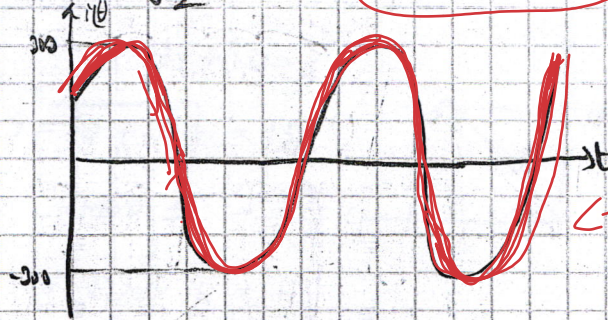
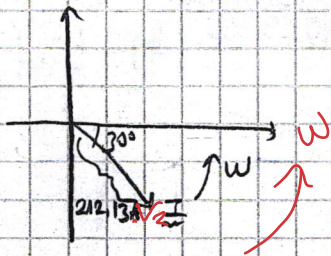
ÖRNEK 1: Bir devrede ilgili elemanın akım değeri $i(t) = 300 \cos(\omega t - \frac{\pi}{6})$ şeklinde verilmiştir. Bu akım değerinin fazörel ifadesini bulunuz. ($\tilde{I} = ?$)

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$$

$$x(t) = \sqrt{2} \tilde{x} \cos(\omega t + \phi) = i(t) = 300 \cos(\omega t - \frac{\pi}{6}) = \tilde{I} = I \cdot 1.414$$

$$x = \frac{300}{\sqrt{2}}$$

$$\tilde{I} = \frac{300}{\sqrt{2}} \angle -\frac{\pi}{6} = 212.13 \angle -30^\circ$$



$$\tilde{x} = \frac{x_m}{\sqrt{2}}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f \approx 314 \text{ rad/s}$$

ÖRNEK 2: Devrede bir elemanın gerilimi $v(t) = \sqrt{2} 220 \cos(\frac{\pi}{3} - \omega t)$ biçiminde verilmiştir. Anı değeri verilen bu gerilimin fazörel ifadesini bulunuz.

$$\cos(-x) = \cos x$$

$$v(t) = \sqrt{2} 220 \cos\left(\frac{\pi}{3} - \omega t\right)$$

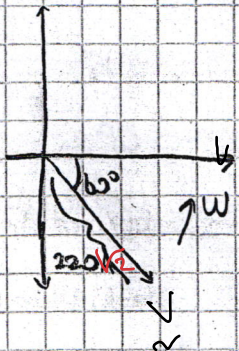
$$v(t) = \sqrt{2} \cdot 220 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) = \tilde{V} \sqrt{2} = \cos(\omega t + \phi)$$

$$\tilde{V} = \frac{V}{\sqrt{2}} = 220 \angle -60^\circ$$

$$\tilde{V} = ?$$

$$\tilde{V} = \frac{V}{\sqrt{2}} \angle \phi$$

$$V \sqrt{2} \cos(\omega t + \phi)$$



ÖRNEK $i(t)$ ifadesi $500 \sin(\omega t + \frac{\pi}{3})$ şeklinde verilmiş olan akım ifadesidir. Fazı ve korrelasyonu bulunuz. $\frac{I}{\sqrt{2}} = ?$

$$\sin x = \cos(90^\circ - x)$$

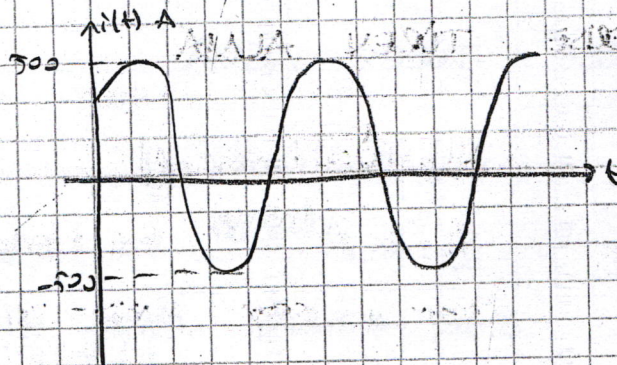
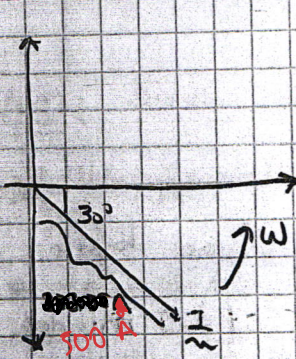
$$i(t) = 500 \sin(\omega t + \frac{\pi}{3}) = 500 \cos(\frac{\pi}{2} - (\omega t + \frac{\pi}{3}))$$

$$= (\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} - \omega t) = (\frac{\pi}{6} - \omega t)$$

$$= \cos(t) = \cos x$$

$$i(t) = 500 \cos(-\frac{\pi}{6} + \omega t) = 500 \cos(\omega t - \frac{\pi}{6}) = \sqrt{2} I \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{I}{\sqrt{2}} = \frac{500}{\sqrt{2}} \angle -\frac{\pi}{6} = 353,55 \angle -30^\circ$$

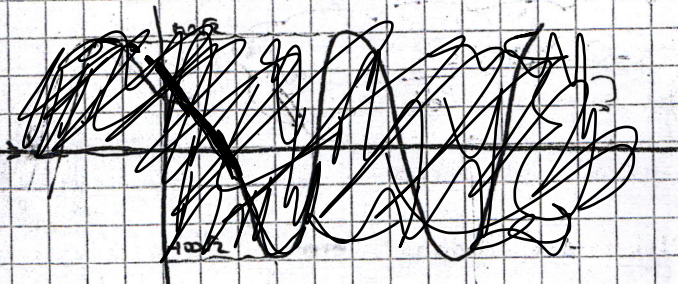
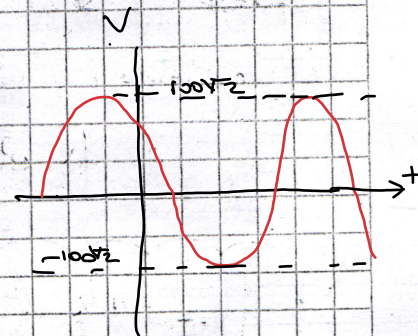
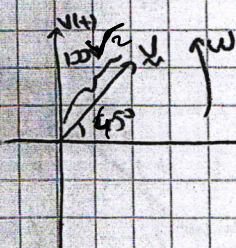


ÖRNEK 1. Değerde bir gerilim $\underline{V} = 100 e^{j\frac{\pi}{4}}$ olarak verilmiştir. Bu gerilimin anı değerini bulunuz. $V(t) = ?$ $V = 100$ $\varphi = \frac{\pi}{4}$

$$\underline{V} = V \cdot e^{j\varphi}$$

$$V(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V(t) = \sqrt{2} \cdot 100 \cos(\omega t + \frac{\pi}{4})$$



ÖRNEK: $V(t) = \sqrt{2} 400 \sin(\omega t + 70^\circ)$ $\underline{V} = ? \rightarrow + \text{ domaininde}$

$$\sin x = \cos(90^\circ - x)$$

$$V(t) = \sqrt{2} \cdot 400 \cos\left(\frac{\pi}{2} - (\omega t + 70^\circ)\right)$$

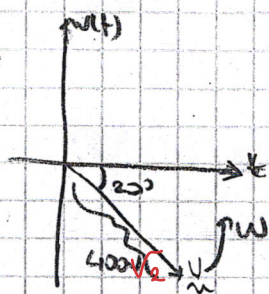
$$V(t) = \sqrt{2} \cdot 400 \cos(20^\circ - \omega t)$$

$$\cos(x) = \cos y$$

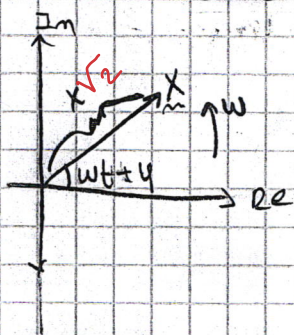
$$V(t) = \sqrt{2} \cdot 400 \cos(\omega t - 20^\circ)$$

$$\underline{V} = 400 \angle -20^\circ = 400 \angle 340^\circ$$

frekans domaininde



FAZÖRLERDE TÜREV ALMA



$$X(t) = \sqrt{2} X \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\underline{X}_m = X e^{j(\omega t + \varphi)}$$

bu ifadenin zamanı boyutu olarak türevini almak istersek $t=0$ anındaki

acısı φ faz acısı olarak bilinir. Dolayısıyla X 'in

fazörel ifadesi veya istel ifadesi $\underline{X}_m = X e^{j\varphi}$ şeklinde yazılır.

Bunun türevi alınırsa

$$\text{veya } \underline{X}_m = X \angle \varphi$$

$$\frac{d\underline{X}_m}{dt} = \frac{d}{dt} (X \cdot e^{j\omega t} \cdot e^{j\varphi}) = j\omega \underbrace{X e^{j\varphi}}_{\underline{X}_m} e^{j\omega t} + 0$$

$$\frac{d\underline{X}_m}{dt} = j\omega \underline{X}_m \quad \left. \begin{array}{l} t=0 \text{ için} \\ \frac{d}{dt} = j\omega \end{array} \right\}$$

$$\boxed{\frac{d}{dt} = j\omega}$$

ÖRNEK

$$V_L(t) = L \cdot \frac{d}{dt} i(t) \rightarrow t \text{ domaini}$$

$$\underline{V}_L = L j\omega \cdot \underline{I} = j\omega L \underline{I} \rightarrow \text{frekans domaini}$$

$$V_L(t) = L \frac{d}{dt} i_L(t)$$

$$\underline{V}_L = L \cdot j\omega \underline{I}_L$$

$$\underline{V}_L = j\omega L \underline{I}_L$$

$$i_C(t) = C \frac{d}{dt} V_C(t) \rightarrow + \text{ akımı}$$

$$\underline{I}_C = C \cdot j\omega \underline{V}_C = j\omega C \underline{V}_C \rightarrow \text{frekans akımı}$$

$$i_C(t) = C \cdot \frac{d}{dt} V_C(t)$$

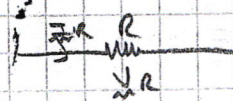
$$\underline{I}_C = C \cdot j\omega \underline{V}_C$$

$$\underline{I}_C = j\omega C \underline{V}_C$$

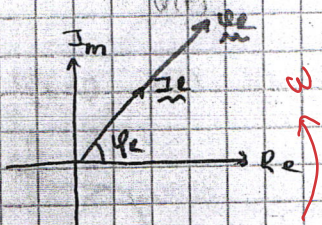
SSH'de Devre Elementlerinin (RLC) da Denklemleri

Direnk (R) Elementi:

$$v(t) = R \cdot i(t)$$



$$\underline{V}_R = R \cdot \underline{I}_R$$



$$\underline{I}_R = I_R e^{j\phi_R}$$

$$\underline{V}_R = R \cdot \underline{I}_R = R \cdot I_R \cdot e^{j\phi_R}$$

NOT: Direnk akımı ile gerilimi arasında faz farkı (φ_R) yoktur.

$\underline{V}_R$ ile $\underline{I}_R$ 'nin faz açıları aynıdır.

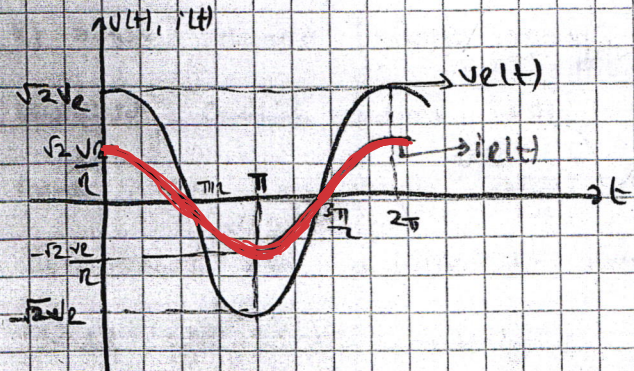
$$\underline{V}_R = \underline{V}_R \underline{1}_{\phi_R}$$

$$v_R(t) = \sqrt{2} \cdot V_R \cos(\omega t + \phi_R)$$

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{V}_R}{R} \underline{1}_{\phi_R} =$$

$$i_R(t) = \frac{\sqrt{2} V_R}{R} \cos(\omega t + \phi_R)$$

φ_R=0 için v_R(t) ve i_R(t) ifadelerini yazalım.

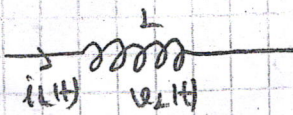


NOT:

Her temel eleman içerisinde akım ile gerilimi arasında faz farkı oluşturmaya yetene eleman dir. Örneğin direnç elemanıdır. Dolayısıyla herhangi

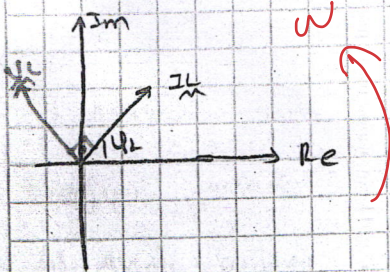
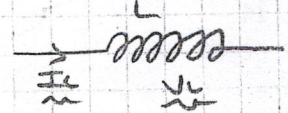
bir hatıra geçen $\underline{I}$ fazıdır akımının açısını görmek istediğimizde devreye seri bir R devresi bağlarız.

Lineer Endüksiyon Elemanı (L)



$$v_L(t) = L \frac{d}{dt} i_L(t)$$

$$\underline{V}_L = j\omega L \underline{I}_L$$



$$\underline{V}_L = j\omega L \underline{I}_L$$

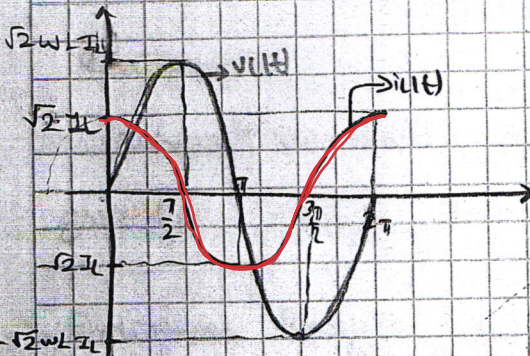
$$\underline{V}_L = e^{j\pi/2} \omega L \underline{I}_L e^{j\phi_L}$$

$$\underline{V}_L = \omega L \underline{I}_L e^{j(\phi_L + \pi/2)}$$

$$j = 0 + j1 = \sqrt{0^2 + 1^2} \angle \tan^{-1}(1/0) = 1 \angle 90^\circ$$

* Endüksiyonun akımı gerilimden 90° geridedir.

$\phi_L = 0$ için $\underline{I}_L$ ve $\underline{V}_L$ ifadelerini yazalım



$$* \underline{I}_L = I_L \angle \phi_L$$

$$i_L(t) = \sqrt{2} I_L \cos(\omega t + \phi_L)$$

$$* \underline{V}_L = \omega L \underline{I}_L \angle \phi_L + \pi/2$$

$$v_L(t) = \sqrt{2} \omega L I_L \cos(\omega t + \phi_L + \pi/2)$$

* Endüksiyon elemanının akımı gerilimden 90° geridedir.

Lineer Endüksiyon Elemanın Kullanımı:

1) DC devrelerde geçici hal rejiminde bir enerji depolama aygıtı olarak kullanılır. Böylece günümüzde bütün dönüştürücülerde kullanılır.

2) SSH'de ~~endüksiyon~~ reaktif reaktansla akım sınırlandırmaya yarare kullanılır.

3) Bütün elemanlar (kablolar, makineler, sarjörler vb.) L elemanı benzeri bir davranışta bulunurlar. Bu nedenle reaktif reaktans söz konusudur. Dolayısıyla akım değeri için hesaplanması için bu elemanın etkisi bilinmelidir.

4) Alternatif akım devrelerinde kapasitenin zıttı olduğu reaktif güçtür.

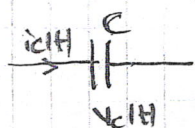
Gerinde sağlayabilmesi nedeniyle bir reaktör olarak kullanılır.

5) DC devrelerde kalıcı olan akımları engelleyebilmek üzere sok

babini olarak kullanılır.

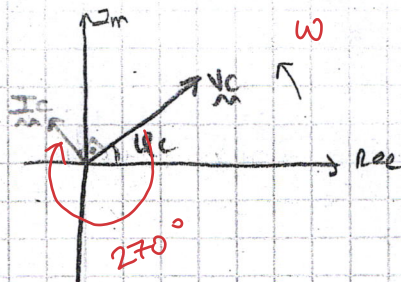
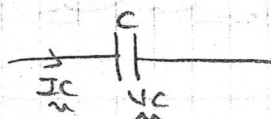
(Rezonans devreleri)

Lineer Kapasite Elemanı (C)



$$i_C(t) = C \cdot \frac{d}{dt} v_C(t)$$

$$\underline{I}_C = j\omega C \underline{V}_C$$



$$* \underline{V}_C = V_C \cdot e^{j\varphi_C}$$

$$\underline{V}_C = V_C \angle \varphi_C$$

$$* \underline{I}_C = j\omega C \underline{V}_C$$

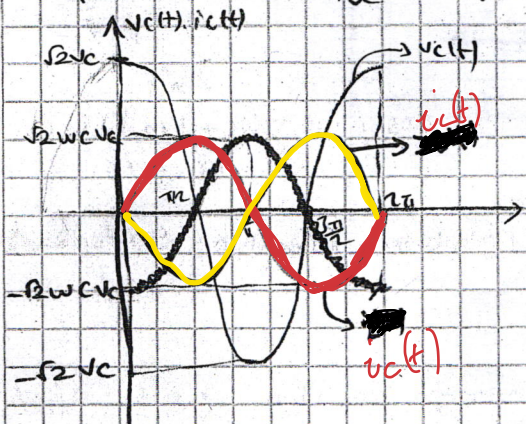
$$\underline{I}_C = e^{j\pi/2} \cdot \omega C \cdot V_C e^{j\varphi_C}$$

$$\underline{I}_C = \omega C V_C e^{j(\varphi_C + \pi/2)}$$

NOT:

C elemanı akımı gerilimden 270° geridedir.

$\varphi_C = 0$ için $\underline{I}_C$ ve $\underline{V}_C$ ifadelerinin aynısı



$$\underline{V}_C = V_C \angle \varphi_C$$

$$v_C(t) = \sqrt{2} V_C \cos(\omega t + \varphi_C)$$

$$\underline{I}_C = \omega C V_C \angle \varphi_C + \pi/2$$

$$i_C(t) = \sqrt{2} \omega C V_C \cos(\omega t + \varphi_C + \pi/2)$$

$$V = IR$$

$$\underline{V} = \underline{I} \underline{Z}$$

Devre Elemanı	$\frac{R}{\text{---}}$	$\frac{L}{\text{---}}$	$\frac{C}{\text{---}}$
2 ayrı döneminde (t döneminde) U _a ve I _a dalgaları	$v_R(t) = R \cdot i_R(t)$	$v_L(t) = L \cdot \frac{d}{dt} i_L(t)$	$i_C(t) = C \frac{d}{dt} v_C(t)$
SSH'de frekans domaininde / Elemanların U _a dalgaları	$\underline{V}_R = R \cdot \underline{I}_R$	$\underline{V}_L = j\omega L \underline{I}_L$	$\underline{I}_C = j\omega C \underline{V}_C$
	$\underline{I}_R = G \cdot \underline{V}_R$	$\underline{I}_L = \frac{1}{j\omega L} \underline{V}_L$	$\underline{V}_C = \frac{1}{j\omega C} \underline{I}_C$

C'nin Kullanımı

1) DC devrelerde gerilimi sabit tutabilmek üzere bir enerji deposuna eşgisi olarak kullanılır.

2) AC'den DC'ye dönüştürme devrelerinde filtre elemanı olarak kullanılır.

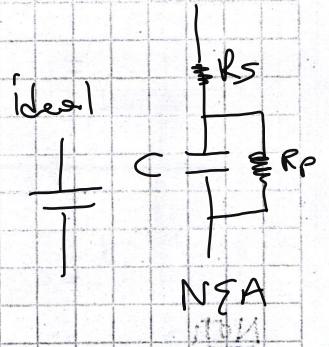
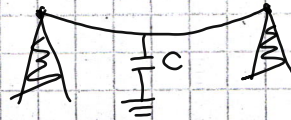
3) Alternatif akım devrelerinde L elemanının devreden aktif reaktif enerjisi yerinde sefayabilmek üzere kullanılır.

4) Alkali genler, yüksek gerilim devrelerinde kullanılır.

5) Bazı devrelerde faz kaydırmak üzere kullanılabilir.

6) İçinde R barındırır.

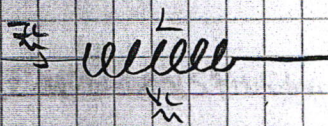
7)



Reaktans (X):

Bir endüktansın (L) ya da bir kondansatörün (C) alternatif akıma karşı gösterdiği zorluğa reaktans denir. Birimi Ω 'dır. X ile gösterilir.

Endüktans Reaktansı (X_L) Endüktif Reaktans



$$V_L = j\omega L I_L$$

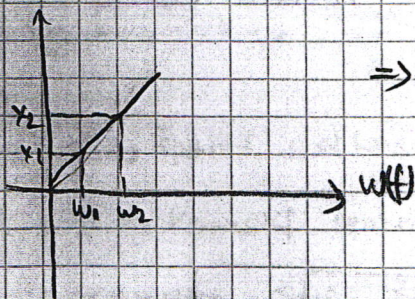
$$\frac{V_L}{I_L} = j\omega L = jX_L$$

$$V = R I_R$$

$$V_L = j\omega L I_L$$

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad f \uparrow \omega \uparrow X_L \uparrow$$

* Frekans arttıkça endüktif reaktans artar.



$\Rightarrow$ Dru akımı $f=0$ olduğunda

$$X_L = \omega L = 2\pi fL = 0, \quad f=0$$

DC'de sürekli halde endüktans kısa devre gibidir.

Birbirinden bağımsız olarak analiz edilebilir

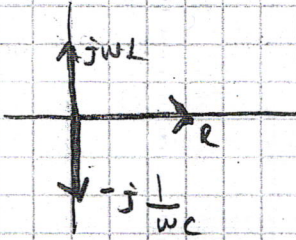
16

$\frac{1}{\omega C} \Rightarrow$ Kapasitif Reaktans

$$j^2 = -1$$

$$V_L = j\omega L I_L$$

$$\left\{ \begin{aligned} I_C &= j\omega C V_C \\ V_C &= \frac{1}{j\omega C} I_C = \frac{j}{j^2 \omega C} I_C = -j \frac{1}{\omega C} I_C \\ V_C &= -j \frac{1}{\omega C} I_C \end{aligned} \right\}$$



NOT1 Endüktans elemanı DC'de sürekli halde kısa devreymiş gibi davranır.
f → ∞ için gösterilen X_L sonuç değere değeri gittiğinde DC sürekli halde kondansatör elemanı açık devre elemanı gibi davranır.

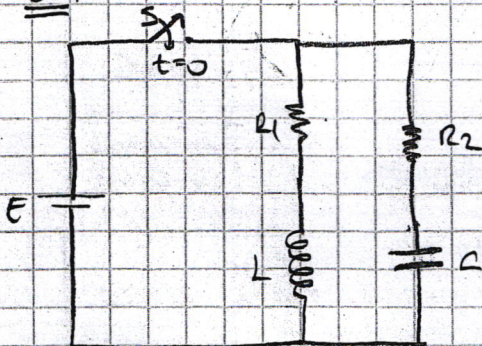
$$f \rightarrow 0 \quad X_L \rightarrow 0$$

$$f \rightarrow \infty \quad X_C \rightarrow \infty$$

(X_C) kapasitif reaktans

NOT2 Endüktans elemanı AC devrelerinde gösterdiği endüktif reaktans kapasitif reaktansın tam ters yönündedir. Dolayısıyla birinin gösterdiği etkiyi diğeri ortaltır.

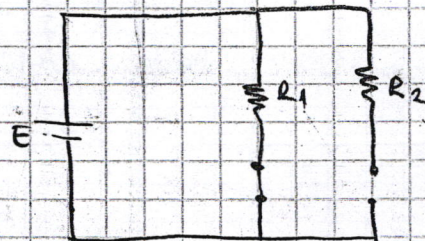
ÖRNEK

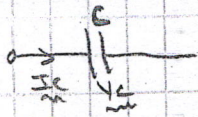


5 anından kapasitörden sonra bir süre sonra yada verilen şekilde devrenin esdeğeri çiziniz.

$$f \rightarrow 0 \quad X_L = j\omega L = j2\pi f L \Rightarrow 0$$

$$f \rightarrow \infty \quad X_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow \infty$$



KAPASİTİF REAKTANSI: X_C 

$$I_C = j\omega C V_C$$

$$V_C = -j \frac{1}{\omega C} I_C$$

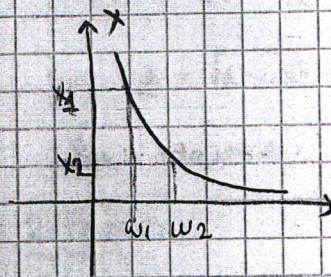
$$\frac{V_C}{I_C} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{j}{j^2 \omega C} = -j \cdot \frac{1}{\omega C} = -j \cdot X_C$$

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

NOT! Kapasitif reaktansın önünde $(-j)$ vardır. Endüktif reaktans ise önünde $(+j)$ vardır. Dolayısıyla birbirlerine zıt yönde etkilere gösterir.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$f \uparrow \quad X_C \downarrow$$



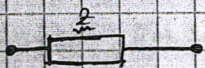
* DC devrelerde $f=0$ olduğundan kondansatörün

kapasitif reaktansı ∞ 'a doğru gider. Dolayısıyla

kondansatör elemanı devre altında sürekli olarak bir aak devre elemanı gibi davranır.

EMPEDANS

Bir direnç ve bir reaktansın oluşan elemanı empedans denir.



$$Z = R + jX$$

$$Z_1 = 3 + j4 \Omega \equiv \begin{array}{c} 3\Omega \\ \text{---} \\ R \end{array} \text{ --- } \begin{array}{c} j4\Omega \\ \text{---} \\ L \end{array} \equiv \begin{array}{c} Z_1 \\ \text{---} \\ \text{Box} \end{array}$$

$$Z_2 = 4 - j6 \Omega \equiv \begin{array}{c} 4\Omega \\ \text{---} \\ R \end{array} \text{ --- } \begin{array}{c} -j6\Omega \\ \text{---} \\ C \end{array} \equiv \begin{array}{c} Z_2 \\ \text{---} \\ \text{Box} \end{array}$$

$$V = I \cdot R$$

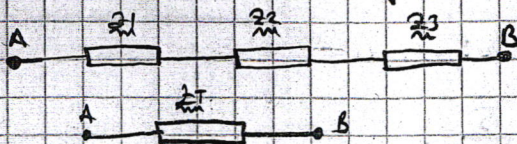
DC

$$V = I \cdot Z$$

AC

$$\begin{aligned} (+j) &\Rightarrow \text{Endüktif reaktans} \\ (-j) &\Rightarrow \text{Kapasitif reaktans} \end{aligned}$$

Empedansların Seri Bağlanması



$$Z_{TAB} = Z_1 + Z_2 + Z_3 = Z_T$$

1490

ÖRNEK: $\underline{Z}_1 = 3 + j4$

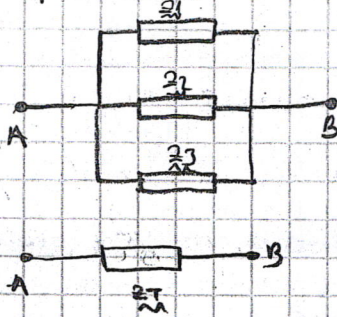
$\underline{Z}_2 = 4 - j6$

$\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 = \underline{Z}_T$

$\underline{Z}_T = 3 + j4 + 4 - j6 = 7 + j(4-6) = 7 - j2 \Omega //$

NOT: İmpedansların toplaması işleminde empedansların kartesiyen biçimde yazılması işlen kolaylığı sağlayacaktır.

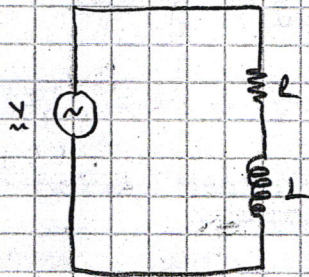
İmpedansların Paralel Bağlanması



$$\frac{1}{\underline{Z}_T} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \frac{1}{\underline{Z}_3}$$

$\underline{Z}_T$ ($\underline{Z}_1, \underline{Z}_2$) den oluşuyorsa

$$\underline{Z}_T = \frac{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$$



$\underline{V} = \underline{V}_R + \underline{V}_L$

$\underline{V} = \underline{I}R + \underline{I}jX$

$\underline{V} = \underline{I}(\underbrace{R + jX}_{\underline{Z}})$

$\underline{I} = \frac{\underline{V}}{\underline{Z}}$

$\underline{I} = \frac{\underline{V}}{\underline{Z}} = \frac{1}{\frac{\underline{Z}}{\underline{V}}} \underline{V}$

Admitans

$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$

ADMITANS (Y)

Empedans carpmağa göre tersine admitans denir Y ile gösterilir.

Birimi $\frac{1}{\Omega}$ dur (mho, siemens)

$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = (G + jB)$

(G=iletkenlik)

(B=suseptans)

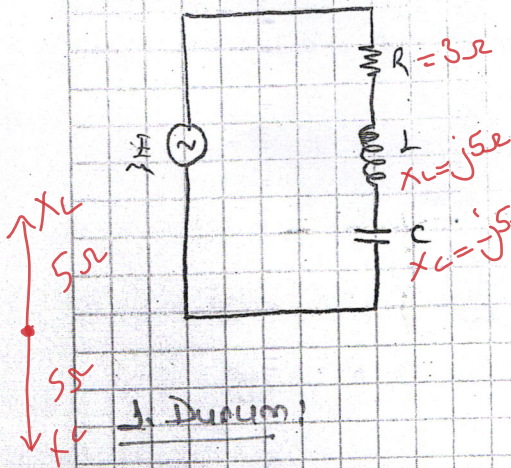
ÖRNEK

$\underline{Z} = (3 + j5) \Omega$ ise $\underline{Y}$

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{3 + j5} = \frac{3 - j5}{9 + 25} = \frac{3}{34} - j \frac{5}{34}$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 G B

ÖRNEK

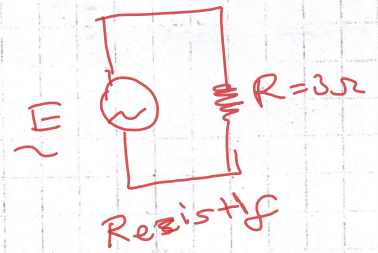


$$\underline{E} = \underline{V}_R + \underline{V}_L + \underline{V}_C$$

$$\underline{E} = R\underline{I} + j\omega L\underline{I} - j\frac{1}{\omega C}\underline{I}$$

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

$$\underline{I} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}} \left(R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right) = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}} \left(R + j(X_L - X_C) \right)$$

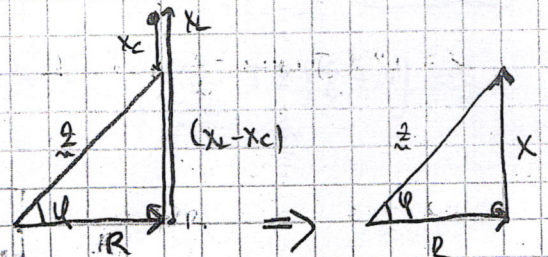


1. Durum:

 $X_L > X_C$ ya da $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ ise

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

$$\underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2} \angle \varphi$$

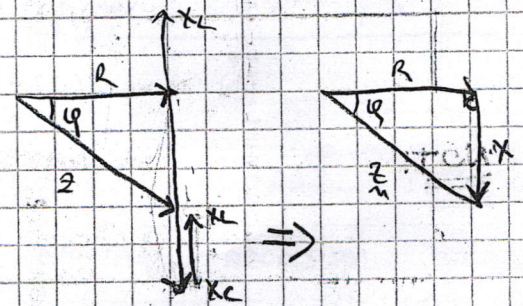
Bu devrede devrenin toplam empedansı endüktif karakterlidir.

2. Durum:

 $X_C > X_L$ ya da $\frac{1}{\omega C} > \omega L$ ise

$$\underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2} \angle \varphi$$

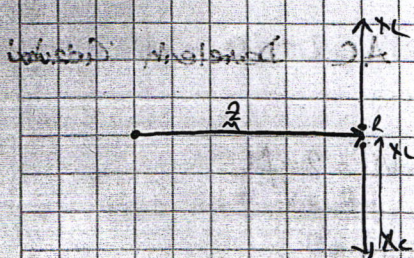
$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{X}{R} \right)$$

Bu devrede devrenin toplam empedansı kapasitif karakterlidir.

3. Durum:

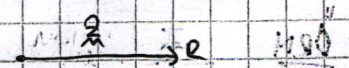
 $X_L = X_C$ ya da $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ ise

Bu durumda devrenin toplam empedansı rezistif karakteristiktir.



$$\underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2} \angle \varphi$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{X}{R} \right) = 0^\circ$$

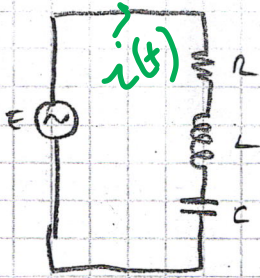


Ödev = Paralel rezonans devresi araştırınız.

Ödev 2 = Bir firi alansa yer olan temel elemanlar Bu devrelerin çalışma prensibi nedir. Açıklayınız ve kısaca özetleyen bir çizim yapınız

Seri Rezonans Devreleri!

Seri bağlı bir RLC devresinde $X_L = X_C$ olduğunda devrede rezonans oluşur.



$$X_L = X_C$$

$$(W_0 = \text{rezonans doğal frekansı})$$

$$W L = \frac{1}{W C}$$

$$W^2 L C = 1$$

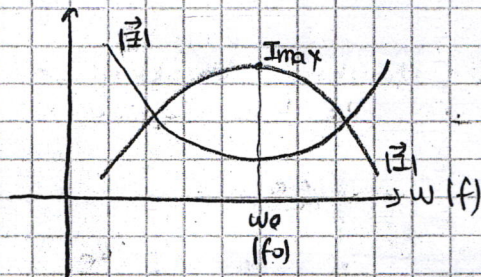
$$W_0 = \frac{1}{\sqrt{L C}}$$

$$W = 2\pi f$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L C}}$$

$$\underline{Z} = \left(R + j \left(W L - \frac{1}{W C} \right) \right) = R + j \cdot 0 = R$$

Rezonans durumunda $\underline{Z} = R$ 'dir



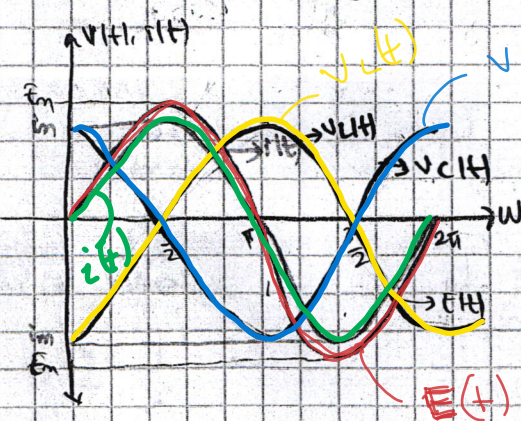
* Seri RLC devresinde rezonans frekansında

$\underline{Z} = R$ olduğundan empedans minimum

değerine ulaşır. Bu nedenle devreden geçen akım maksimum değerine ulaşır

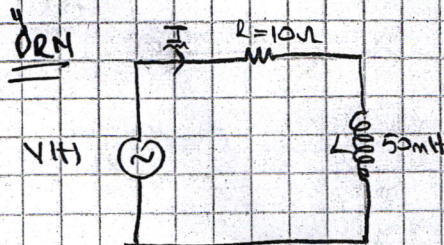
NOT!

Seri rezonansa gerilimler rezonansı değeri



(C elemanının geriliminden çok etkilenirken L elemanı bundan fazla etkilenmez)

SSH'de Tek Gerilim Kaynağından Beslenen Basit AC Devrelerin Çözümü



$$V(t) = 311 \cos(wt + 60^\circ)$$

$$X_L = W L = 2\pi f L$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\underline{I}, \underline{Z}, \underline{V}_R, \underline{V}_L, \underline{V}_C$$

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$v(t) = 311 \cos(\omega t + 60^\circ)$$

$$V_m = 311 \quad \varphi = 60^\circ$$

$$V = V \angle 4^\circ$$

$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \angle 4^\circ = \frac{311}{\sqrt{2}} \angle 60^\circ //$$

$$\underline{Z}_{es} = R + jX = 10 + j\omega L = 10 + j \cdot 314 \cdot 50 \cdot 10^{-5}$$

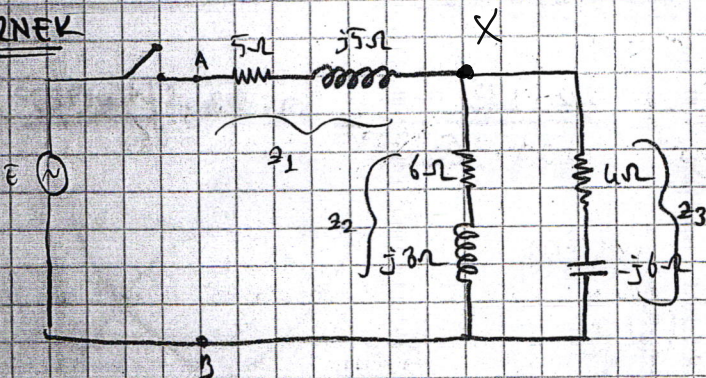
$$\underline{Z}_{es} = 10 + j \cdot 15.7 \, \Omega = \underline{Z} = \sqrt{10^2 + (15.7)^2} \angle \arctan\left(\frac{15.7}{10}\right) =$$

$$\underline{Z}_{es} = 18.61 \angle 57.5^\circ //$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{V}}{\underline{Z}} = \frac{220 \angle 60^\circ}{18.61 \angle 57.5^\circ} =$$

$$\underline{I} = \frac{220}{18.61} \angle 60 - 57.5 = 11.82 \angle 2.5^\circ //$$

ÖRNEK



Yandaki şekilde verilen devrede

S anahtarı açılınca A-B

uçları arasında görülen eşdeğer

empedansı bulunuz (Z_{AB}) = ?

b) $E = 311 \cos(314t + 30^\circ)$ ise ana koldan geçen akımı (SSK)

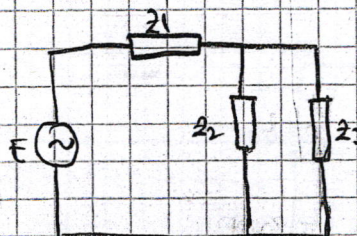
c) $\underline{E}$ ve $\underline{I}$ fazları ifadelerini vektör diyagramında gösteriniz

$$Q) \underline{Z}_1 = 5 + j5 = \sqrt{50} \angle \tan^{-1}\left(\frac{5}{5}\right) = 7.07 \angle 45^\circ \, \Omega$$

$$\underline{Z}_2 = 6 + j8 = 10 \angle \tan^{-1}\left(\frac{8}{6}\right) = 10 \angle 53.13^\circ \, \Omega$$

$$\underline{Z}_3 = 4 - j6 = \sqrt{52} \angle \tan^{-1}\left(\frac{-6}{4}\right) = 7.21 \angle -56.3^\circ \, \Omega$$

$$\underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 // \underline{Z}_3$$



$$\underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} //$$

$$\underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_1 + \frac{10 \angle 53.13^\circ \cdot 72.1 \angle -56.3^\circ}{6 + j8 + 4 - j6} = \underline{Z}_1 + \frac{72.1 \angle -3.17^\circ}{10 + 2j}$$

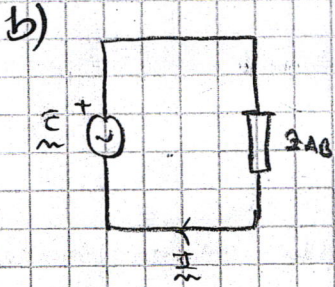
$$= \underline{Z}_1 + \frac{72.1 \angle -3.17^\circ}{\sqrt{100} \cdot \angle \tan^{-1}(\frac{2}{10})} = \underline{Z}_1 + \frac{72.1 \angle -3.17^\circ}{10.2 \angle 11.3^\circ}$$

$$\underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_1 + 7.107 \angle -14.47^\circ$$

$$= 5 + j5 + 7.107 \angle -14.47^\circ = 5 + j5 + 6.84 - j1.766$$

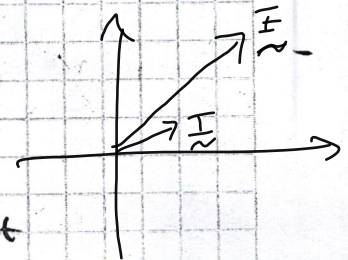
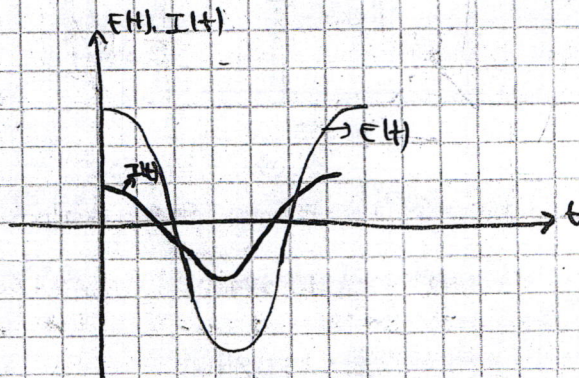
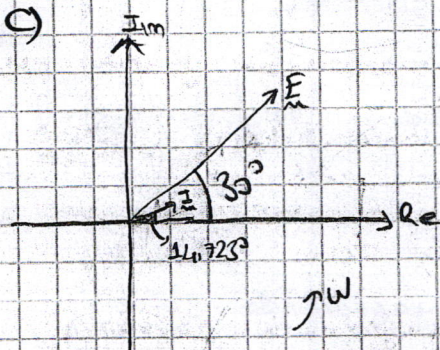
$$= 11.84 + j3.234 \Omega$$

$$= 12.274 \angle 15.277^\circ \Omega //$$



$$\underline{E} = \frac{311}{\sqrt{2}} \angle 30^\circ = 220 \angle 30^\circ$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_{AB}} = \frac{220 \angle 30^\circ}{12.274 \angle 15.277^\circ} = 17.924 \angle 14.723^\circ \text{ A} //$$

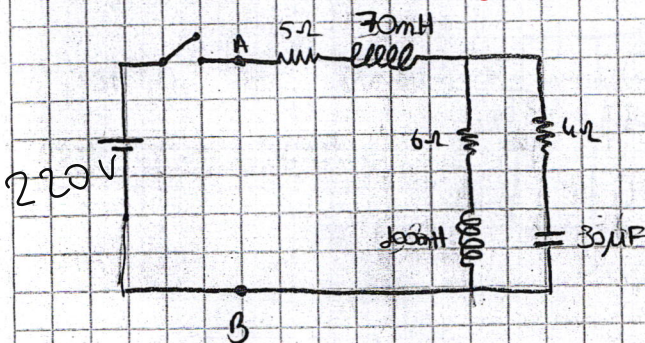


ÖRNEK

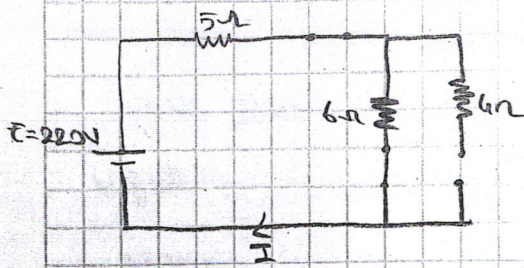
Bir önceki örnekte verilen devrede kullanılan kayn. AC bir kaynak gidersak akım ifadesi ne olur?

$$E = 220V \quad I = ?$$

sürekli halde



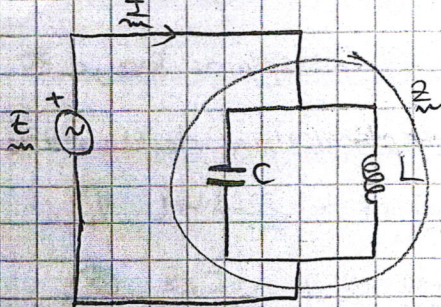
Devrenin sürekli hal DC analizinde L elemanı kısa devre C elemanları ise açık devre olur.



$$R_{eq} = 5 + 6 = 11\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{220}{11} = 20A$$

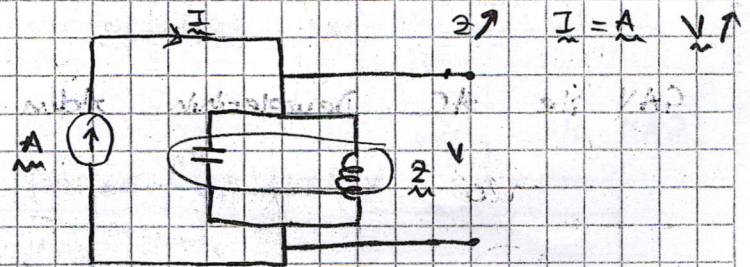
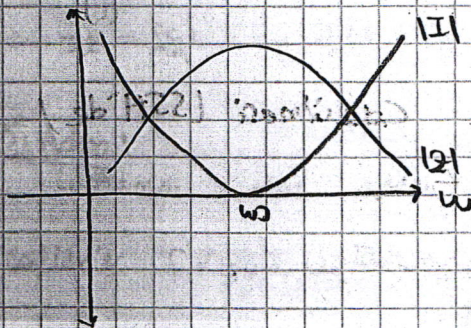
PARALEL REZONANS



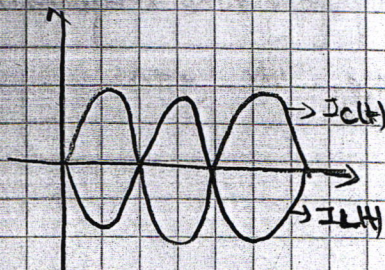
$$Z = \frac{j\omega L \cdot \frac{1}{j\omega C}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{\frac{L}{C}}{j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

Seri rezonans, paralel rezonans $\frac{1}{\omega C} = \omega L$

$$= \lim_{\omega \rightarrow 0} Z = \infty$$



İçer paralel rezonans devresi bir akım kaynağı ile beslenirse rezonans halinde Z max değerini alacağı için V maks değerini alır. Bu maks gerilim sebebiyle endüksiyon ve kondansatörlerden yüksek akımlar geçer. Bu yüksek akım kondansatörün zarar görmesine neden olabilir.

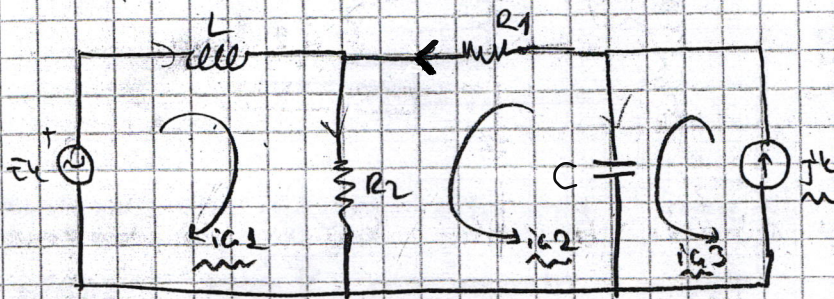


SSH'de AC DEVRELERİN ÇÖZÜMÜ

AC devrelerin çözümünde de GAY, DÜĞAY, KAY ve DĞY uygulanabilir. Bu yöntemlerin adım adım uygulanmasında veya denklemlerin deneye bakılarak yazılmasında temel mantık daha önce gösterildiği gibi dđru akım devrelerinin çözümünde olduğu gibidir. AC devrelerin çözümünde farklı işlemlerin kompleks sayılara dayanan formlarla yapılması ve kullanılan yöntemlere göre R, L, C elemanlarının direnc veya reaktanslarının veya bu ifadelerle ters olan iletkenlik ve süseptanslarının denklemlerde kullanılmasıdır.

	GAY, KAY	DÜĞAY, DĞY
$\frac{L}{s}$	$\times R$	$\frac{1}{s} = G$
$\frac{L}{s}$	$\times j\omega L$	$\frac{1}{j\omega L}$
$\frac{C}{s}$	$\times \frac{1}{j\omega C}$	$j\omega C$

GAY ile AC Devrelerinin Adım Adım Çözülmesi (SSH'de)

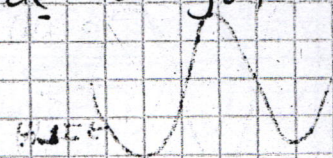


$$I_{G1} = I_{G2} = ?$$

$$I_{G3} = jk$$

1. Adım

Devrede akım kaynağı varsa öncelikle akım kaynağı açık devre yapılarak bağımsız şaareler bulunur. Daha sonra akım kaynağı devreye bağlanarak ilgili akım kaynağı için bir çevre belirlenir. Ve son olarak yönün elemanlara rastgele bir yön belirlenir. Bağımsız şaarelere rastgele yön verilir.



2. Adım:
Akımı bilinmeyen bağımsız çevreler için Kırchoff'un Gerilimler Yasası uygulanır ($\sum V = 0$)

$$\textcircled{1} V_k + V_{R2} - E_k = 0$$

$$\textcircled{2} V_{R1} + V_{R2} - V_C = 0$$

3. Adım:

Elemanların v_k denklemleri $V = \sum \frac{1}{n}$ şeklinde yazılır.

$$* \frac{R}{\omega} \quad V_R = R \cdot I_R \quad * \text{---} \quad V_L = j\omega L \cdot I_L \quad * \text{---} \quad V_C = \frac{1}{j\omega C} \cdot I_C$$

$$\textcircled{1} j\omega L \cdot I_L + R_2 I_{R2} - E_k = 0$$

$$\textcircled{2} R_1 I_{R1} + R_2 I_{R2} - \frac{1}{j\omega C} \cdot I_C = 0$$

4. Adım:

Her bir elemanın akımı çevre akımları cinsinden yazılır.

$$I_L = i_{C1} \quad I_{R1} = i_{C2} \quad I_{R2} = i_{C1} + i_{C2} \quad I_C = i_{C3} - i_{C2} = I_k - i_{C2}$$

5. Adım:

4. Adımda elde edilen akım ifadeleri denklemlerde yerine konularak denklemler matris düzeyine getirilir.

$$\underline{Z} \cdot \underline{I}_k + \underline{F} \cdot E_k + \underline{S} \cdot \underline{I}_k = 0$$

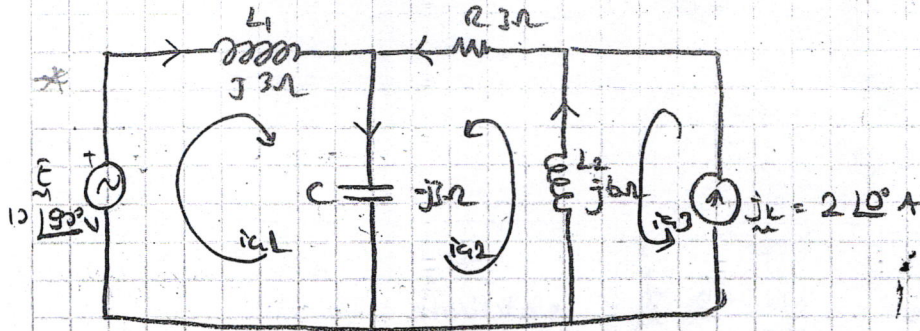
$$\textcircled{1} j\omega L (i_{C1}) + R_2 (i_{C1} + i_{C2}) - E_k = 0$$

$$\textcircled{2} R_1 (i_{C2}) + R_2 (i_{C1} + i_{C2}) - \frac{1}{j\omega C} (I_k - i_{C2}) = 0$$

$$\begin{bmatrix} R_2 + j\omega L & R_2 \\ R_2 & R_1 + R_2 + \frac{1}{j\omega C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{C1} \\ i_{C2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} E_k + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{j\omega C} \end{bmatrix} I_k = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ÖRNEK Şekilde verilen devreyi sinüsoidal şebeke hâle GAY ile çözünüz.

ve kondansatörün geçen akımı bulunuz.



$$e(t) = \sqrt{2} 10 \cos(314t + 90^\circ) \text{ V}$$

$$* \text{ ① } \underline{V}_{L1} + \underline{V}_C - \underline{E} = 0$$

$$* \text{ ② } \underline{V}_R + \underline{V}_C + \underline{V}_{L2} = 0$$

$$* \text{ ① } j\omega L_1 \underline{I}_{L1} + \frac{1}{j\omega C} \underline{I}_C - \underline{E} = 0$$

$$* \text{ ② } R \cdot \underline{I}_R + \frac{1}{j\omega C} \underline{I}_C + j\omega L_2 \underline{I}_{L2} = 0$$

$$* \underline{I}_{L1} = \underline{i}_{L1} \quad \underline{I}_C = \underline{i}_{L1} + \underline{i}_{L2}$$

$$\underline{I}_{L2} = \underline{i}_{L2} - \underline{i}_k \quad \underline{I}_R = \underline{i}_{L2}$$

$$* \text{ ① } j\omega L_1 \underline{i}_{L1} + \frac{1}{j\omega C} (\underline{i}_{L1} + \underline{i}_{L2}) - \underline{E} = 0$$

$$* \text{ ② } R(\underline{i}_{L2}) + \frac{1}{j\omega C} (\underline{i}_{L1} + \underline{i}_{L2}) + j\omega L_2 (\underline{i}_{L2} - \underline{j}k) = 0$$

$$* \begin{bmatrix} j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C} & \frac{1}{j\omega C} \\ \frac{1}{j\omega C} & R + \frac{1}{j\omega C} + j\omega L_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{i}_{L1} \\ \underline{i}_{L2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} \underline{E} + \begin{bmatrix} 0 \\ j\omega L_2 \end{bmatrix} \underline{j}k = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} j3 - j3 & -j3 \\ -j3 & 3 - j3 + j6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{i}_{L1} \\ \underline{i}_{L2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} \underline{E} + \begin{bmatrix} 0 \\ -j6 \end{bmatrix} \underline{j}k = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$