

DENEY NO: 7

RLC DEVRELERİNİN SİNÜSOİDAL SÜREKLİ HALDE İNCELENMESİ

Deneyin Amacı:

Sinüsoidal sürekli halde RL, RC ve RLC devrelerinin incelenmesidir.

Genel Bilgiler:

Sinüsoidal sürekli halde 1-kapılı devrelere ilişkin giriş fonksiyonları aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$\text{Empedans: } \mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = R + jX$$

R: Rezistans

X: Reaktans

G: Kondüktans

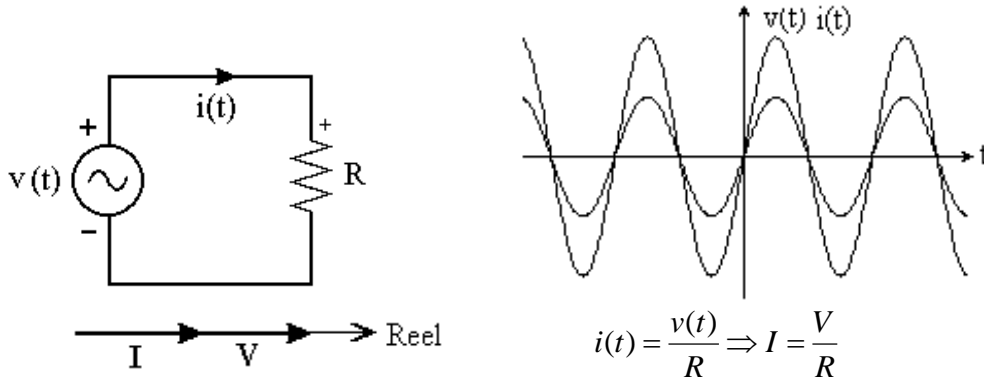
B: Süseptans

$$\text{Admitans: } \mathbf{Y} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{V}} = \frac{1}{\mathbf{Z}} = G + jB$$

Devredeki elemanların gerilim ve akımları SSH'de fazör formunda toplanır.

R, L ve C elemanlarının fazörlerle elde edilen akım gerilim ilişkileri aşağıdaki gibidir:

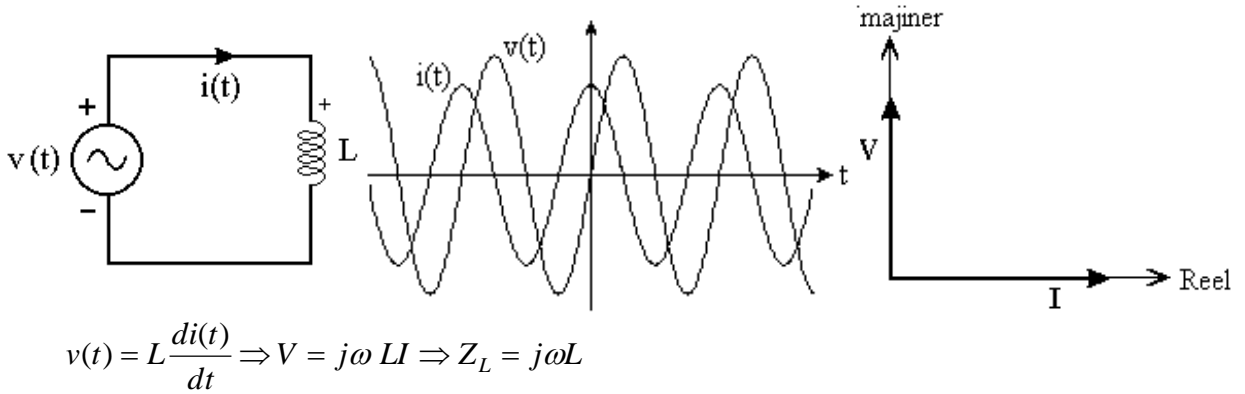
1. R elemanına Şekil 1'deki gibi $v(t) = V_m \cos(\omega t)$ sinüsoidal işareti uygulandığında R elemanı üzerindeki akım ve gerilimin zamana göre ifadesi ve grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 1. Direnç elemanı

Buna göre; R elemanı üzerindeki gerilim ile akım arasında faz farkı yoktur. Ancak aynı durum L ve C elemanları için söz konusu değildir.

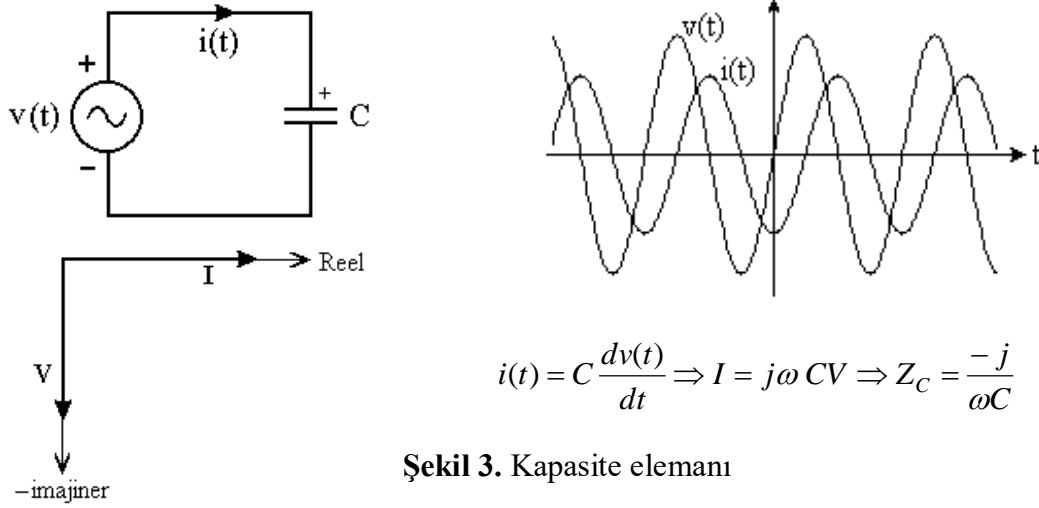
2. L elemanına Şekil 2'deki gibi $v(t) = V_m \cos(\omega t)$ şeklinde sinüsoidal bir işaret uygulandığında, L üzerindeki gerilim ve akımın değişimi Şekil 2'deki denklem ile ifade edilmiştir. L elemanının empedansı ω ile doğru orantılıdır.



Şekil 2. Endüktans elemanı

Grafikten ve fazör ifadeden anlaşılacağı gibi akım ile gerilim arasında 90° faz farkı vardır. Gerilim, akımın 90° ilerisindedir.

3. C elemanına Şekil 3'deki gibi $v(t) = V_m \cos(\omega t)$ şeklinde sinüsoidal bir işaret uygulandığında C üzerinden geçen akımın zamanla değişim ifadesi ve grafiği aşağıdaki gibi olur. Bu ifadeden ve grafikten anlaşıldığı gibi akım ile gerilim arasında 90° faz farkı vardır. Gerilim, akımın 90° gerisindedir. C elemanının empedansı ω ile ters orantılıdır.



Şekil 3. Kapasite elemanı

Seri RLC Devresinin Fazör diyagramı:

Seri RLC devrelerinde eşdeğer direnç (Z) değerini hesaplayabilmek için Fazör diyagramlarından faydalanılır. Eşdeğer direnç, devredeki elemanların empedanslarının Şekil 4'deki gibi vektörel toplanmasıyla bulunur.

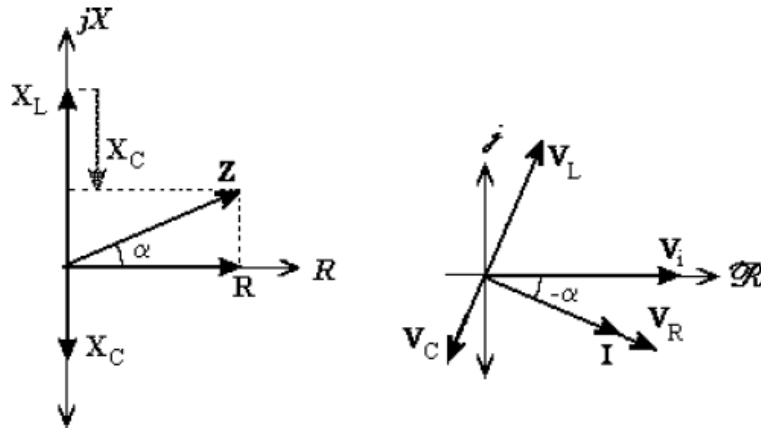
$$Z = jX_L + jX_C + R$$

$$|Z| = \sqrt{|X_L - X_C|^2 + |R|^2} \quad ; \quad \angle Z = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \alpha$$

Devrenin akımı ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I = \frac{V_i}{Z} = \frac{|V_i| \angle V_i}{|Z| \angle Z} = \frac{|V_i| \angle 0}{|Z| \angle \alpha} = \frac{|V_i|}{|Z|} \angle -\alpha = |I| \angle -\alpha$$

Devredeki tüm elemanlardan aynı akım akmaktadır. Elemanların gerilimleri devrenin akımı ile empedanslarının çarpılması ile bulunur. R elemanının gerilimi ve akımı aynı doğrultuda; endüktans ve kapasitenin gerilimleri ise sırası ile 90 derece ileride ve geridedir.



Şekil 4: Seri RLC devresinin Fazör diyagramı

Faz farkının pratik olarak ölçülmesi:

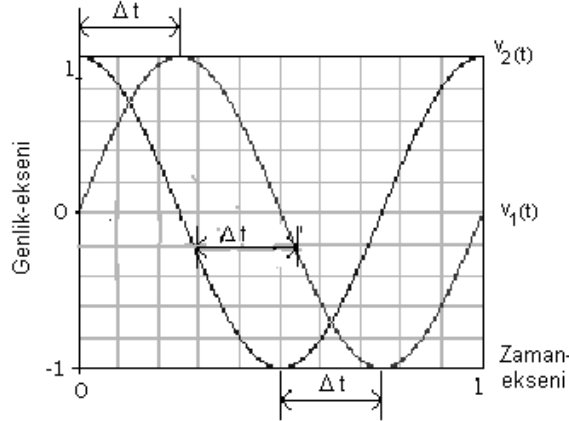
Gerilim transfer fonksiyonunun fazı, çıkış ve giriş işaretleri arasındaki faz farkına eşittir. θ_1 ve θ_2 sırası ile giriş ve çıkış işaretlerinin fazları olmak üzere;

$$\angle H(j\omega) = \varphi(\omega) = \theta_2 - \theta_1 = \omega(t_2 - t_1) = \omega \Delta t \text{ rad}$$

ifadesiyle gerilim transfer fonksiyonunun fazı bulunabilir.

İki işaret arasındaki φ faz farkının bulunması için Δt süresinin bilinmesi gerekir. Şekil 5’de, osiloskop ekranında gözlenen iki işaret arasındaki Δt zaman aralıkları gösterilmiştir. Osiloskobun Time/Div seçici anahtarının (komütatör) değerinden yararlanarak Δt zaman aralığı kolaylıkla ölçülebilir.

Böylelikle, girişe uygulanan kaynağın frekansı belli olduğundan ve Δt süresi de ölçme yoluyla bulunarak, iki işaret arasındaki faz farkı $\varphi = \omega \cdot \Delta t$ [rad] eşitliğiyle kolaylıkla hesaplanır. 2π radyan 360 derece olduğundan, $\varphi = (180/\pi)\omega \cdot \Delta t$ [derece] olarak da yazılabilir. Eğer $\theta_2 > \theta_1$ ise $\varphi > 0$ olup çıkış işareti girişten φ açısı kadar ileride, $\theta_2 < \theta_1$ ise $\varphi < 0$ olup çıkış işareti girişten φ açısı kadar geridedir. φ açısının pozitif veya negatif olması konusunda yanılığa



Sekil 5. Δt süresinin ölçülmesi

düşmemek için giriş işaretinin fazı, başlangıç fazı olarak kabul edilmeli ($\theta_1 = 0$ derece yani $t_1 = 0$ almak kolaylık sağlar) ve osiloskobun iç-tetikleme (INT-TRIG) anahtarı da, giriş işaretinin osiloskoba uygulandığı kanala göre seçilmelidir. Deneyde giriş işareti CH₁ kanalına uygulanacağından INT-TRIG anahtarı da CH₁ olarak seçilecektir. Ölçme işlemlerinde hataya düşmemek için önerilen en emin yol; teorik çalışmanın yapılarak sonuçların kontrol edilmesidir.

Osiloskop ile genlik ve zaman/periyot ölçmelerinde meydana gelebilecek okuma hatasını minimuma indirmek için aşağıdaki hususlar göz önünde tutulmalıdır:

a) Genlik Ölçülmesi: İşaretin tepeden tepeye genliği osiloskop ekranına sığacak biçimde (Şekil 4’deki gibi) VOLTS/DIV komütatörü ayarlanmalıdır.

b) Zaman Ölçülmesi: İşaretin bir periyodunu osiloskop ekranına sığacak biçimde (Şekil 5’te ki gibi) TIME/DIV komütatörü ayarlanmalıdır.

Deney Öncesi Hazırlıklar:

Deneyde kurulacak devrelerle ilgili hesaplamaları yapınız. RLC devresinin rezonans frekansını verilen endüktans değeri için hesaplayınız. Tablo 1-2-3’ün deney öncesi hesap sütunlarını doldurunuz.

Deney Öncesi Hazırlık Raporunda İstenenler:

1. ORCAD 16.3 programını kullanarak **deneyde gerçekleştireceğiniz bütün devrelerin** simülasyonunu(devrede bağlantı dışında kaynak ya da eleman değeri değişikliği varsa

da ayrı simülasyon sonucu olmalıdır.) **deney sırasında yapılacaklar** bölümünde anlatılan şekilde yapınız ve elde ettiğiniz simülasyon sonuçlarını grafiksel olarak raporunuza ekleyiniz. Tablolar varsa hesap sütunlarını doldurunuz. *Bu ön çalışma, laboratuvarda yapacağınız ölçümleri kontrol etmeniz açısından birinci derece önem taşımaktadır.*

- Deney öncesi hazırlıklar bölümündeki istenenleri sırasıyla bulunuz ve düzenli bir şekilde raporunuza yazınız.

Malzeme Listesi

- 1k Ω direnç 1 adet
- 1mH endüktans 1 adet
- 330nF kondansatör 1 adet
- Osiloskop ve iki adet prob
- Deney seti (CADET-I ve II)
- Pens, keski, montaj kablosu

Deney Sırasında Yapılacaklar:

- Şekil 6'daki RL devresini kurun. Kaynak frekansını $f_1=5\text{KHz}$ 'e, genliğini tepeden tepeye 2V'a ayarlayın. Osiloskopta $v(t)$ ile $v_R(t)$ arasındaki zaman kaymasını ve $v_R(t)$ 'ye ilişkin maksimum değeri okuyup Tablo 1'e yazın. $v(t)$ ile $v_R(t)$ arasındaki faz farkını hesaplayıp Tablo 1'de yerine yazın. R ile L'nin yerini değiştirip aynı işlemleri L için tekrarlayın.

$V = V_R + jV_L$ eşitliğinin doğruluğunu fazör diyagramı çizerek gösterin.

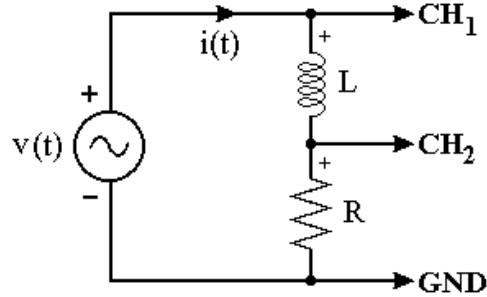
$V_R = RI$, $V_L = X_L I$, $V = ZI$ eşitliklerinden yararlanarak I , X_L , Z 'nin fazör diyagramlarını çizerek $\angle Z$ 'yi hesaplayın. Deney öncesi hesaplanan değerlerle karşılaştırın.

Aynı işlemleri; kaynak frekansını tabloda belirtilen $f_2=40\text{KHz}$ değerlerine getirerek tekrarlayın. Frekansın değişimine göre X_L ve Z 'nin değişimini yorumlayın.

$$v(t) = \cos(2\pi ft) \text{ Volt}$$

$$R=1\text{k}\Omega$$

$$L=1\text{mH}$$



Şekil 6

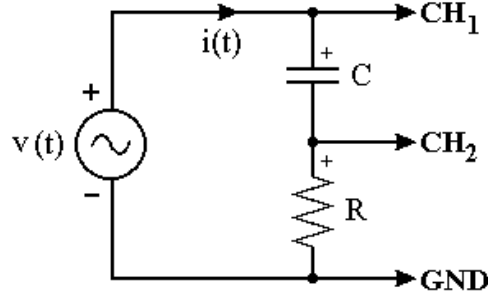
Tablo 1

Frekans	Deney Öncesi Hesap			Ölçüm				Hesap					
	X_L	$ Z $	$\angle Z$	V_R	Δt_R	V_L	Δt_L	ϕ_R	ϕ_L	I	X_L	$ Z $	$\angle Z$
5 kHz													
40kHz													

- Şekil 7'deki RC devresini kurup, kaynak frekansını $f_1=500 \text{ Hz}$ 'e, genliğini tepeden tepeye 2V'a ayarlayın. Osiloskopta $v(t)$ ile $v_R(t)$ arasındaki zaman kaymasını ve $v_R(t)$ 'ye ilişkin maksimum değeri okuyup Tablo 2'ye yazın. $v(t)$ ile $v_R(t)$ arasındaki faz farkını hesaplayıp tabloda yerine yazın. R ile C nin yerini değiştirip aynı işlemleri C için tekrarlayın.

$V = V_R + jV_C$ eşitliğinin doğruluğunu fazör diyagramı çizerek gösterin.

I , X_C , $|Z|$ ve $\angle Z$ değerlerini 1. bölümdeki gibi hesaplayıp Tablo 2'deki yerlerine yazın. Deney öncesi hesaplanan değerlerle karşılaştırın. R , X_C , Z 'nin fazör diyagramını çizin. Aynı işlemleri kaynak frekansını tabloda belirtilen $f_2=40\text{kHz}$ değerlerine getirerek tekrarlayın. Frekansın değişimine göre X_C ve Z 'nin değişimini yorumlayın.



Şekil 7

$$v(t) = \cos(2\pi ft) \text{ Volt}$$

$$R=1\text{k}\Omega$$

$$C=330 \text{ nF}$$

Tablo 2

Frekans f	Deney Öncesi Hesap			Ölçüm				Hesap						
	X_C	$ Z $	$\angle Z$	V_R	Δt_R	V_C	Δt_C	ϕ_R	ϕ_C	I	X_C	$ Z $	$\angle Z$	
500Hz														
40kHz														

3. Şekil 8'deki seri RLC devresini kurun. Kaynak frekansını devrenin rezonans frekansının onda birine ($f_R/10$), genliğini tepeden tepeye 2 V'a ayarlayın.

• Osiloskopta $v(t)$ ile $v_R(t)$ arasındaki zaman kayması (Δt_R) ve $v_R(t)$ 'ye ilişkin maksimum değeri ölçüp, Tablo 3'e yazın.

$v(t)$ ile $v_R(t)$ arasındaki faz farkını hesaplayıp Tablo 2'ye yazın.

• R ile L'nin yerini değiştirip aynı işlemleri endüktans elemanı için tekrarlayın.

• L ile C'nin yeri değiştirip, seri RLC devresinde aynı işlemleri kapasite elemanı için tekrarlayın.

$V = V_R + j(V_L - V_C)$ eşitliğinin doğruluğunu fazör diyagramı çizerek gösterin.

I , X_C , X_L , $|Z|$ ve $\angle Z$ değerlerini hesaplayıp Tablo 3'deki yerlerine yazın. Deney öncesi hesaplanan değerlerle karşılaştırın.

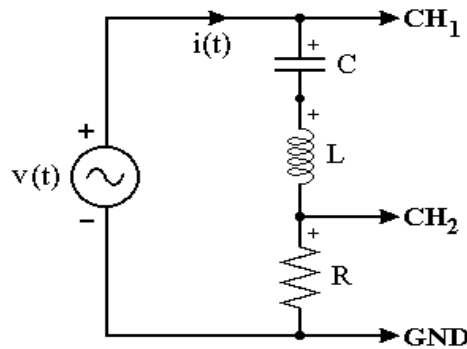
Aynı işlemleri kaynak frekansını tabloda belirtilen $f_2=f_R$, $f_3=10f_R$ değerlerine getirerek tekrarlayın. Frekansın değişimine göre X_C , X_L ve Z 'nin değişimini yorumlayın.

$$v(t) = \cos(2\pi ft) \text{ Volt}$$

$$R=1\text{k}\Omega$$

$$L=1\text{mH}$$

$$C=330 \text{ nF}$$



Şekil 8

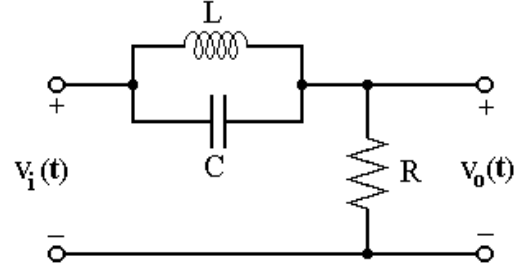
Tablo 3

f_K	D Ö H		Ölçüm						Hesap							
	$ Z $	$\angle Z$	V_R	Δt_R	V_L	Δt_L	V_C	Δt_C	φ_R	φ_L	φ_C	I	X_L	X_C	$ Z $	$\angle Z$
$f_R/10$																
f_R																
$10f_R$																

Sorular:**1.**

a) Şekil 9'da verilen devrenin $H(j\omega)$ transfer fonksiyonunu, $|H(j\omega)|$ genlik ve $\angle H(j\omega)$ faz fonksiyonlarını bulup bu fonksiyonların frekansa göre değişimlerini yorumlayınız.

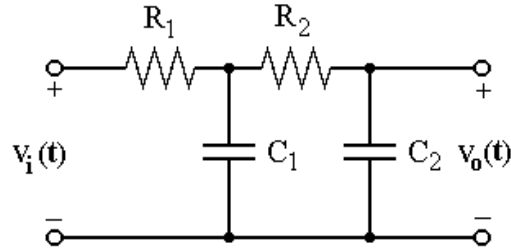
b) $v_i(t) = 2 \cos(2\pi ft)$ Volt, $L=5\text{mH}$, $C=250\text{pF}$, $R=200\Omega$ ve $f=100\text{Hz}$ ve $f=100\text{KHz}$ olması halinde çıkışın genlik ve fazını bulunuz.

**Şekil 9**

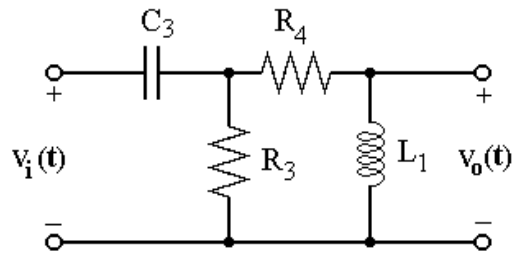
2. Şekil 10a ve b'de verilen devrelerin $H(j\omega)$ transfer fonksiyonunu elemanlara göre parametrik olarak bulunuz.

$f_1=100\text{Hz}$, $f_1=5\text{KHz}$, $f_1=250\text{KHz}$ için $|H(j\omega)|$ genlik ve $\angle H(j\omega)$ faz fonksiyonlarını hesaplayınız.

a) $R_1=R_2=5\text{K}\Omega$
 $C_1=C_2=100\text{nF}$
 $v_i(t)=V_m \sin(2\pi ft)$



b) $R_3=R_4=1\text{K}\Omega$
 $C_3=10\text{nF}$
 $L_1=10\text{mH}$
 $v_i(t)=V_m \sin(2\pi ft)$

**Şekil 10**

