



**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi**

**Teknoloji Fakültesi**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü**

**DEVRE ANALİZİ-II DERSİ LABORATUVARI**

**DENEY 1**

**AC GERİLİM ÖLÇÜMÜ AC RL ve RC DEVRE UYGULAMALARI**

**Dersin Öğretim Üyeleri**

**Dr. Öğrt. Üyesi Tuna GÖKSU**

**Dr. Öğrt. Üyesi Ali ŞENTÜRK**

**Deneyi Yaptıran Öğretim Elemanları**

**Arş. Gör. Dr. Hatice AKMAN**

**Arş. Gör. Samet YALÇIN**

**Arş. Gör. Yusuf Erkan GÖRGÜLÜ**

## LABORATUVAR KURALLARI

1. Laboratuvar ortamında kendinin, arkadaşının, laboratuvarda ders işleyen veya yardımcı olan öğretim elemanın ve teknisyenlerin hayatını tehlikeye atacak şekilde şakalaşmak, alet ve cihazları kullanarak şaka yapmak ve benzeri davranışlar kesinlikle yasaktır.
2. Öğrenci deney sırasında öğretim elemanlarının ve laboratuvar sorumlusunun talimatlarını yerine getirmek ve sorularını cevaplamak zorundadır.
3. Laboratuvar kurallarına uymayanlar ortaya çıkan mali ve hukuki sorumlulukları üstlenmiş sayılırlar. İlaveeten Üniversite Disiplin Yönetmeliğine göre cezalandırılırlar. Bu kişiler laboratuvar uygulamalarından da sıfır not alırlar.
4. Laboratuvarı düzenli olarak bırakmak herkesin sorumluluğudur. Gerekli bağlantı iletkenleri ve ölçü aletleri yerlerine konur, laboratuvardaki araç-gereç düzenli bırakılır.
5. Her grup, kendi raporunu hazırlayacak, diğer grupların raporları ile aynı olmayacaktır. Sonuçları aynı bile olsa, sunuş ve tartışmanın aynı olamayacağı açıktır.
6. Öğrenci deney föylerinin deney öncesi bilgiler kısmını çalışarak gelmek zorundadır.
7. Deney raporu titizlikle hazırlanmalı, defterden koparılmış sayfa olmamalıdır.
8. Raporunuzun kapak sayfası bilgileri tam olmalı, kapak sayfası imzalı olmalıdır. **İmzasız raporlar değerlendirilmez**.
9. Raporunuz kendi üretiminiz olan bilgiler içermeli, başka kaynaklardan alınmış yazıcı çıktısı veya diğer raporlardan ve föylerden alıntılar içermemelidir.
10. **Raporunuz zımbalanmalı, naylon poşet kullanılmamalıdır**.
11. Raporlar deneyin yapılışından bir sonraki haftada **ders saati içerisinde teslim edilmelidir**.  
Zamanında teslim edilmeyen raporlar dikkate alınmaz.
12. **Deneeye gelmeyen öğrencinin raporu geçersizdir**. Dolayısı ile yapmadığı deneylerin raporlarından da sıfır alır.
13. Her Öğrenci **ilan edilen gününde ve saatinde gelmelidir**.
14. Özel bir nedenden dolayı laboratuvar zamanı değişikliği yapmak isteyen öğrenciler ilan edilen laboratuvar zamanından önce laboratuvar sorumlusu öğretim elemanına bilgi vermesi gerekmektedir.
15. Laboratuvara **zamanında gelmeyen öğrenciler yok yazılır**.
16. **2 haftadan fazla devamsızlık yapan öğrenci dersten devamsızlık alır**.
17. Öğrenciler laboratuvara gelirken yapılacak olan deneyin raporunu hazırlayıp gelmesi gerekmektedir, uygulamayı tamamladıktan sonra sonuç kısmını yazıp raporunu teslim etmelidir. Raporunu getirmeyen öğrenci laboratuvara alınmaz.
18. Laboratuvar uygulamasında ve raporunu yazmasında en fazla 2 öğrenci grup çalışması yapabilir.

## 1. AMAÇ

- Multimetre kullanarak sinüzoidal bir AC gerilimin RMS değerinin ölçülmesi
- AC Volt metre kullanarak sinüzoidal bir AC gerilimin RMS değerinin ölçülmesi
- Sayısal osiloskop kullanarak sinüzoidal bir AC geriliminin tepeden tepeye ( $V_{pp}$ ), genlik ( $V_m$ ), frekans ( $f$ ) ve periyot ( $T$ ) değerlerinin ölçülmesi
- RL ve RC devrelerini anlamak
- Fazör diyagramlarını hesaplayabilmek
- Lissajous eğrilerini öğrenmek, faz farkını hesaplayabilmek

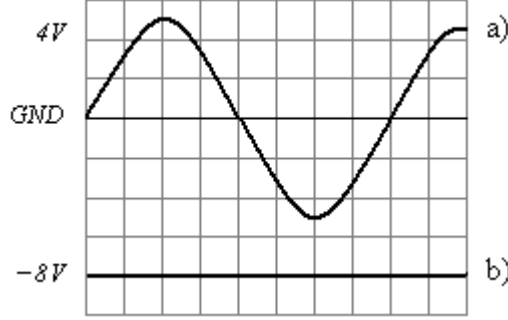
## 2. KURAM

AC devrelerde gerilim ölçümü için AC voltmetre, multimetre ya da osiloskop kullanılabilir. AC voltmetre ile ölçüm yapmak için voltmetrenin ölçüm uçları gerilimi ölçülmek istenen devre elemanına paralel olarak bağlanır ve ölçme aralığı (range) içinde ölçülmek istenen AC gerilimin RMS değeri ölçülür.

Multimetre ile AC gerilimi ölçümü yapmak için, multimetrenin DC/AC anahtarı AC konumuna getirilir, uygun bir ölçme aralığı seçilir ve ölçüm uçları gerilimi ölçülmek istenen devre elemanına paralel olarak bağlanır. Multimetre göstergesi üzerinde okurun değer ölçülen gerilimin RMS değeridir. Multimetre ile yapılan AC ölçümlerinde, ölçüm uçlarının yer değiştirmesi ölçülen değerini değiştirmez. Osiloskop ile devrenin referans düğümü (toprak) ile herhangi bir düğümü arasındaki gerilim farkı (yani düğüm gerilimi) ölçülebilir.

Osiloskop ekranında ölçülen gerilimin dalga şeklini gözlemlenir. Bu ekranda örneğin, sinüzoidal bir AC gerilimin genlik (tepe) değeri, tepeden-tepeye değeri ve frekansı ölçülebilir. Ekranda oluşan görüntünün her hangi bir noktasındaki gerilim yatay 0V eksenine (GND seviyesi) olan uzaklığı ile orantılıdır. Giriş yükselteçleriyle okunan gerilim değerlerinin duyarlılığının arttırılması mümkündür. Örneğin, yükselteç kontrol düğmesi ile 2V (2V/div) seçildiğinde düşeyde sekiz bölme içeren ekranın her bir bölmesi, yaklaşık 2V ve iki ile çarpımlarına eşittir. Hangi bölmenin, daha doğrusu bu bölmeden geçen yatay doğrunun kaç volta karşılık geldiği ise 0V (GND seviyesi) ekseninin ekrandaki konumu ile belirlenir. Başka bir deyişle bu eksen, GND seviyesi kontrol düğmesi ile ekranda beşinci bölmeye ayarlanmışsa, yedincisinden geçen yatay çizgi üzerindeki bütün noktaların gerilim değerleri 4V'dur (Şekil 1.a). Şekil 1.a'daki sinüzoidal gerilimin genliği 5V olarak ölçülürken, Şekil 1.b'de görülen DC

gerilimin değeri, GND seviyesi şekildeki gibi ve yükselteç de 2V/div olarak ayarlanmışsa  $-8V$  olarak ölçülür. Bazı sinyaller için ölçülen gerilimin RMS değeri, ölçülen gerilimin genlik değerinden yararlanarak hesaplanabilir (Sinüzoidal sinyaller için  $V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$  olduğunu hatırlayalım,  $V_m$  sinyalin genlik değeridir). Sayısal osiloskoplarda "measure" menüsü altında bulunan seçenekler ile gerilim, frekans ve periyot değerleri ekrandan okunabilir.



Şekil 1. Osiloskop ekranında a) sinüzoidal bir sinyal, b) doğru gerilimin görüntüleri

Osiloskoba uygulanan gerilimin frekansının belirlenmesinde zaman skalasından yararlanılır. Bunun için ekrandaki görüntünün periyodu zamanlayıcı kontrol düğmesi ile seçilen değerle karşılaştırılır. Örneğin 0.1ms/div seçilerek görüntü elde edilmişse ve de periyodu, Şekil 1.'deki gibi yaklaşık 8 kare olarak belirlenmişse

$$T_i = 8 \times 0,1 = 0,8 \text{ ms}$$

olacağından, frekansı da

$$f_i = \frac{1}{T_i} = \frac{1}{0,8 \times 10^{-3}} = 1250 \text{ Hz} = 1,25 \text{ kHz}$$

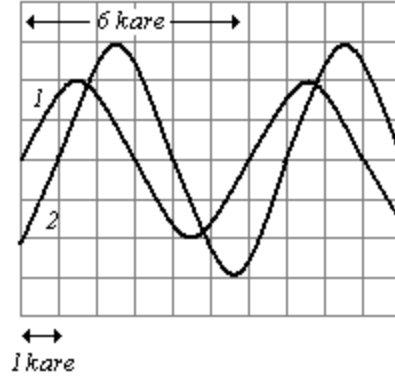
olur.

Eş frekanslı iki farklı elektriksel işaretin aynı anda osiloskop ekranında görüntülenmesiyle aralarındaki faz farkı kolaylıkla belirlenebilir. Örneğin osiloskop ekranında iki işaretin görüntüleri Şekil 2.'deki gibi elde edilmişse; birinci işaretin periyodu 6 düşey kare veya bölmeye karşılık geldiğinden zaman ekseninin bir karesi

$$\frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$$

olacak, dolayısıyla iki işaret arasında bir kare farkı olduğundan faz farkı olur. Ayrıca Şekil 2.'den birinci elektriksel işaretin ileride ya da ikinci işaretin geride olduğu da söylenebilir. Osiloskop elektriksel işaretlerin farklı şekilde görüntülenmeleri, görüntünün belirli bir yerden başlaması, ters çevrilmesi, iki işaretin toplamının belirlenmesi gibi birçok olanak sağlar. Ancak osiloskobun gerilim ölçtüğü, dolayısıyla devreye, daha doğrusu devre elemanlarına paralel

bağlanması gerektiği en önemlisidir.

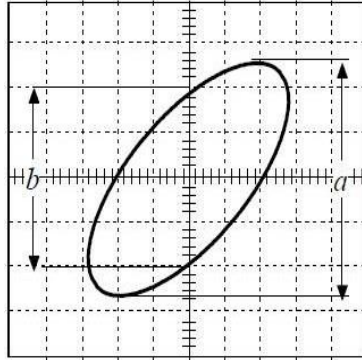


Şekil 2. İki sinüzoidal işaret arasındaki faz farkı

**Lissajous Şekilleri:** Bir elektriksel işaretin bir diğerine göre faz farkını veya frekanslarının oranını belirlemek için osiloskop ekranında oluşturulan ve Lissajous şekilleri olarak anılan görüntülerden yararlanılır. Eş frekanslı iki gerilim arasındaki faz farkını belirlemek üzere bunlar osiloskobun yatay ve düşey saptırma plakalarına uygulanırlar. Örneğin bu işaretler, aralarında faz farkı olan

$$v_x = V_x \sin \omega t \text{ ve } v_y = V_y \sin(\omega t + \phi)$$

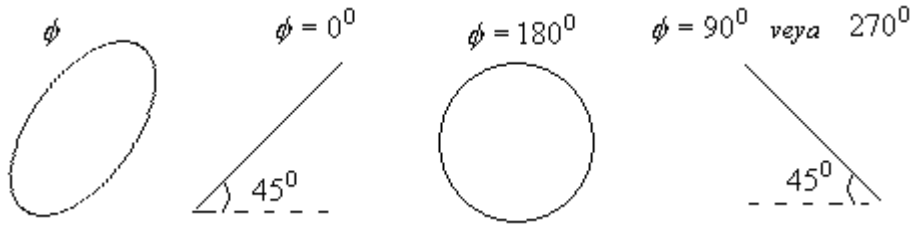
sinüs gerilimleri ise osiloskop ekranında, en genel halde Şekil 3.'deki gibi bir elips görüntülenir. Buna karşılık  $\phi = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  veya  $270^\circ$  ise Şekil 4'teki doğru veya daire görüntüleri elde edilir. Ancak plakalara uygulanan gerilimler eş frekanslı değilse oldukça karmaşık yapıda şekiller oluşur.



$$\sin \phi = \frac{b}{a}$$

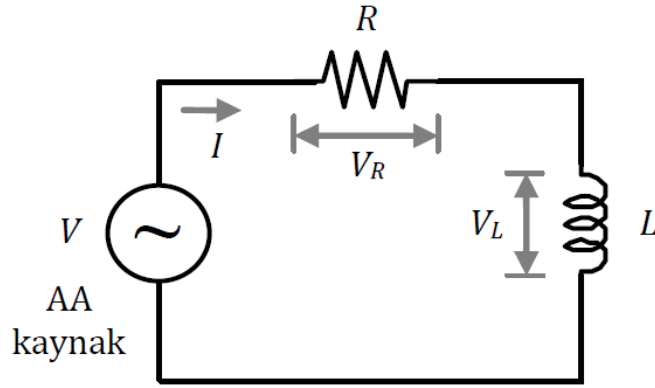
$$\phi = \sin^{-1} \frac{b}{a} \text{ (Faz açısı)}$$

Şekil 3. Genel Lissajous şekli



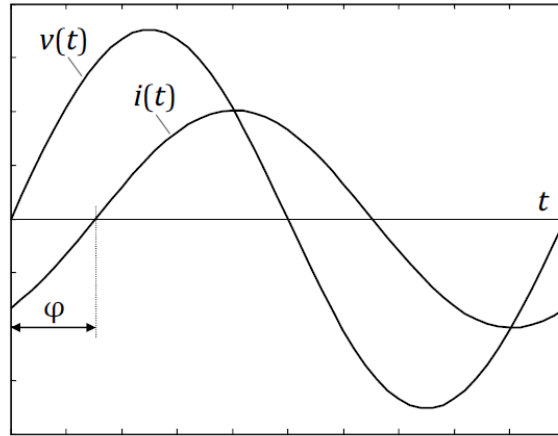
Şekil 4. Faz farkının Lissajous şekilleri

### 3. ALTERNATİF AKIM ALTINDA RL ve RC DEVRELERİ



Şekil 5. Seri RL devresi

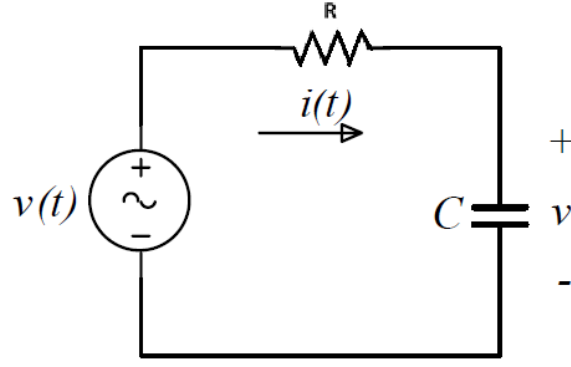
AA kaynak gerilimi ile beslenen seri bağlı direnç ve bobin (RL) devresi Şekil 5.'te gösterilmektedir. Devre endüktif özellik gösterdiğinden devre akımı kaynak geriliminden  $\varphi$  açısı kadar geri fazlı olmaktadır (Şekil 6.).



Şekil 6. Seri RL devresinde akım ile gerilim arasındaki faz farkı.

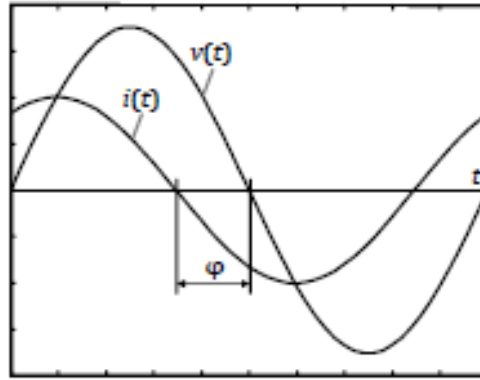
Şekil 5.'teki devrenin fazör alanı eşdeğer devresi çizilerek empedansı hesaplanırsa,  $Z=R+jX_L$  olacaktır. Endüktif reaktans  $X_L = \omega L$  veya  $X_L = 2\pi fL$  eşitlikleri ile elde edilir. Akım ile gerilim arasındaki faz farkı  $Z$  empedansının kutupsal gösterimindeki açı değerine eşittir.

$Z = R + jX_L = Z\angle\theta$  denkleminde  $\theta$  açısı Şekil 6.'daki faz açısı  $\varphi$ 'ye eşittir.



Şekil 7. Seri RC devresi

AA kaynak gerilimi ile beslenen seri bağlı direnç ve kapasitör (RC) devresi Şekil 7.'de gösterilmektedir. Devre kapasitif özellik gösterdiğinden devre akımı kaynak geriliminden  $\varphi$  açısı kadar ileri fazlı olmaktadır (Şekil 8.).



Şekil 8. Seri RC devresinde akım ile gerilim arasındaki faz farkı.

Şekil 7.'deki devrenin fazör alanı eşdeğer devresi çizilerek empedansı hesaplanırsa,  $Z=R-jX_C$  olacaktır. Kapasitif reaktans  $X_C = 1/\omega C$  veya  $X_C = 1/2\pi fC$  eşitlikleri ile elde edilir. Akım ile gerilim arasındaki faz farkı Z empedansının kutupsal gösterimindeki açı değerine eşittir.

$Z = R - jX_C = Z\angle\theta$  denkleminde  $\theta$  açısı Şekil 8.'deki faz açısı  $\varphi$ 'ye eşittir.

#### 4. ÖZET

Tablo 1. Sinüzoidal Gerilim/Akımın Zaman Alanı ve Fazör Alanı Gösterimleri

Nicelik	Zaman Alanı	Fazör Alanı
Gerilim	$V(t) = V_{\max}\cos(\omega t + \theta)$	$V = V_{\max} \angle \theta_{Vm}$
Akım	$I(t) = I_{\max}\cos(\omega t + \theta)$	$I = I_{\max} \angle \theta_{Im}$

Tablo 2. RMS Değer (sinüzoidal işaretler için), Empedans ve Reaktans

RMS Gerilim	$V_{rms} = V_m / \sqrt{2}$
RMS Akım	$I_{rms} = I_m / \sqrt{2}$
Empedans	$Z = V / I, Z = R + jX$ (ohm)
Kapasitif reaktans	$X_C = 1 / \omega C = 1 / 2\pi f C$ (ohm)
Kapasitif empedans	$Z_C = 1 / j\omega C = -j / 2\pi f C$ (ohm)
Endüktif reaktans	$X_L = \omega L = 2\pi f L$ (ohm)
Endüktif empedans	$Z_L = j\omega L = j2\pi f L$ (ohm)

## 5. ÖN ÇALIŞMA

Şekil 9'daki devrede  $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  değerleri için.

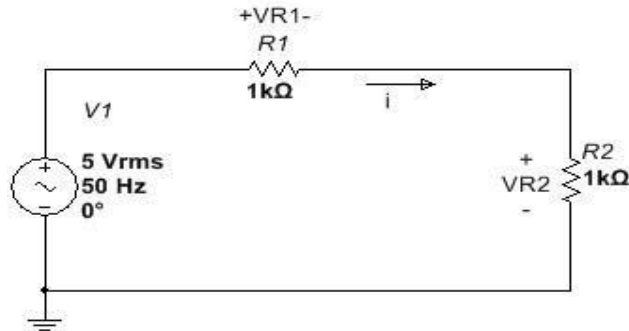
- $i$  akımının RMS değerini hesaplayınız;
- $V_{R1}$  ve  $V_{R2}$  gerilimlerinin zaman alanı ifadelerini yazınız.

Şekil 10'daki devrede  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 1 \mu\text{F}$  değerleri için.

- $V_{R1}$  ve  $V_{C1}$  gerilimlerinin zaman alanı ve fazör alanı ifadelerini yazınız.
- Kondansatörün reaktansını hesaplayınız
- Devrenin emdepansını hesaplayınız ve kartezyen ve kutupsal formda yazınız.
- Ana kol akımının fazör alanı ve zaman alanı ifadelerini yazınız.

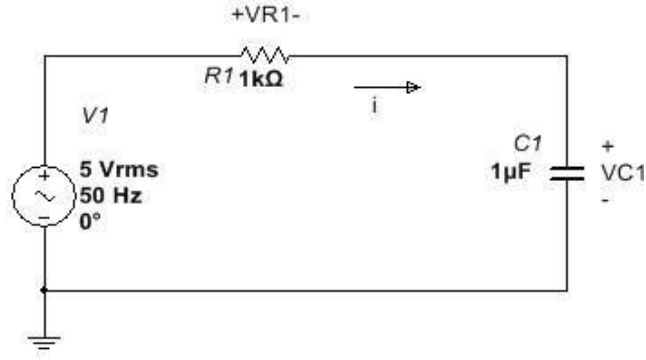
Şekil 11'deki devrede  $R = 1,2 \text{ k}\Omega$ ,  $L = 0,5 \text{ H}$  değerleri için.

- $V_R$  ve  $V_L$  gerilimlerinin zaman alanı ve fazör alanı ifadelerini yazınız.
- Bobinin reaktansını hesaplayınız
- Devrenin emdepansını hesaplayınız ve kartezyen ve kutupsal formda yazınız.
- Ana kol akımının fazör alanı ve zaman alanı ifadelerini yazınız.

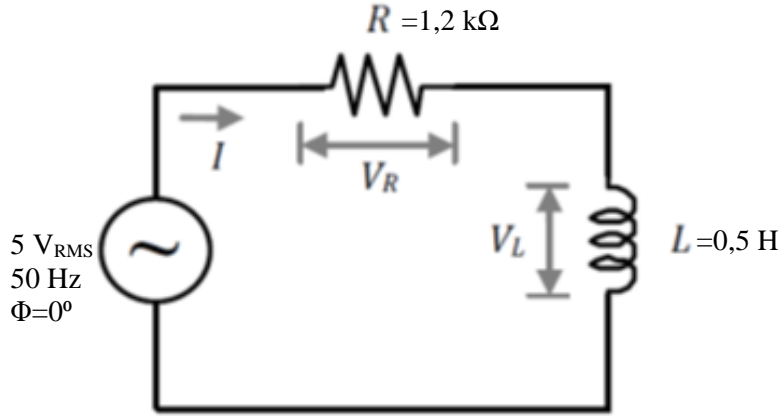


Şekil 9. Seri direnç devresi





Şekil 10. Seri RC devresi



Şekil 11. Seri RL devresi

## 6. KULLANILACAK CİHAZLAR VE MALZEMELER

- Sayısal/Analog osiloskop
- Sinyal jeneratörü
- Devre elemanları (2 x 1 kΩ direnç, 1μF kondansatör, bağlantı kabloları vs.)
- Multimetre

## 7. DENEYİN YAPILIŞI

**a.** Şekil 9’da görülen devreyi sinyal jeneratörünü kullanarak kurunuz.

- V1 gerilimini 5 Vrms için ayarlayınız. Multimetre ile ölçünüz ve kaydediniz.
- V1 gerilimini osiloskop kullanarak teyit ediniz. Volt/div, time/div ayarlarını kullanarak sinyalin en az 2 periyodunu görünüz ya da Autoset düğmesini kullanınız.
- R1 ve R2 direnci üzerine düşen RMS gerilimlerini ölçünüz, kaydediniz ve osiloskopta gösteriniz.
- V1=VR1+VR2 olduğunu kanıtlayınız.

**b.** Şekil 12.a'da görülen devreyi sinyal jeneratörünü kullanarak kurunuz, devredeki değerler Şekil 10'daki ile aynı olmalıdır.

- i. Kaynak gerilimini 5 Vrms için ayarlayınız. Multimetre ile ölçünüz ve kaydediniz.
- ii. R direnci ve C kapasitörü üzerine düşen RMS gerilimlerini ölçünüz ve kaydediniz.
- iii. I akımının RMS değerini ölçünüz ve kaydediniz.

**c.** Şekil 12.b'de görülen devreyi sinyal jeneratörünü kullanarak kurunuz, devredeki değerler Şekil 10'daki ile aynı olmalıdır.

- i. Kaynak gerilimini osiloskop kullanarak teyit ediniz. Volt/div, time/div ayarlarını kullanarak sinyalin en az 2 periyodunu görünüz ya da Autoset düğmesini kullanınız.
- ii. VR gerilimini osiloskobun ikinci kanalını kullanarak en az 2 periyodunu görünüz ya da Autoset düğmesini kullanınız.
- iii. Kaynak gerilimi osiloskobun 1. Kanalında, VR gerilimini osiloskobun B kanalında aynı anda görüntüleyerek iki sinyal aralarındaki faz farkını ölçünüz ve kaydediniz. Devre akımının kaynak geriliminden  $\phi$  açısı kadar ileri fazlı olduğu gözlemleyiniz.

Not: Osiloskopların devreye seri bağlanma yeteneği yoktur, dolayısı ile anakol akımını doğrudan osiloskop ekranında göremeyiz. Amacımız, kaynak gerilimi ile anakol akımı arasındaki faz farkını görmektir. Direncin üzerinden okuduğumuz gerilimi, ohm kanunu ile kolayca akıma dönüştürebiliriz ( $I=V/R$ ). Osiloskop ekranında direnç üzerinden alınan sinyalin, akım sinyalinin R değeri ile çarpılmış hali olduğunu düşünerek, ekrandaki iki sinyal arasındaki faz farkının, kaynak gerilimi ile anakol akımı arasındaki faz farkına eşit olduğu sonucuna ulaşabiliriz.

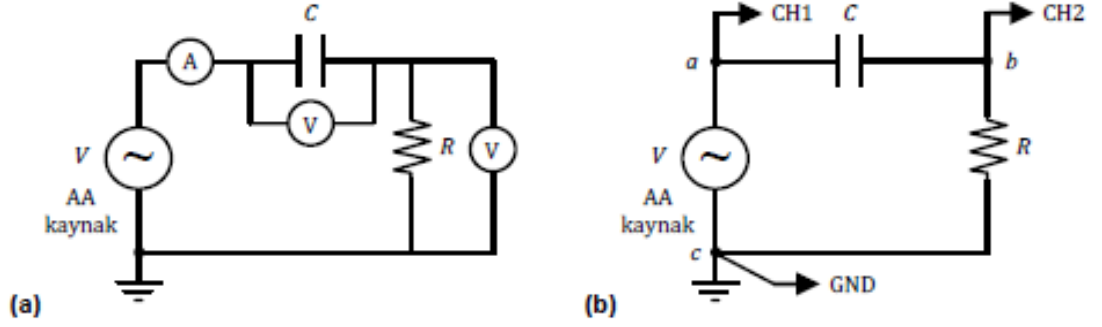
- iv. Lissajous eğrilerini görmek için sayısal osiloskoplarda Display Menüsü altında Format seçeneğini YT'den XY'ye çeviriniz. Faz farkını hesaplayınız.

**d.** (Sadece Simülasyonu Yapılacaktır) Şekil 13.a'da görülen devreyi sinyal jeneratörünü kullanarak kurunuz, devredeki değerler Şekil 11'deki ile aynı olmalıdır.

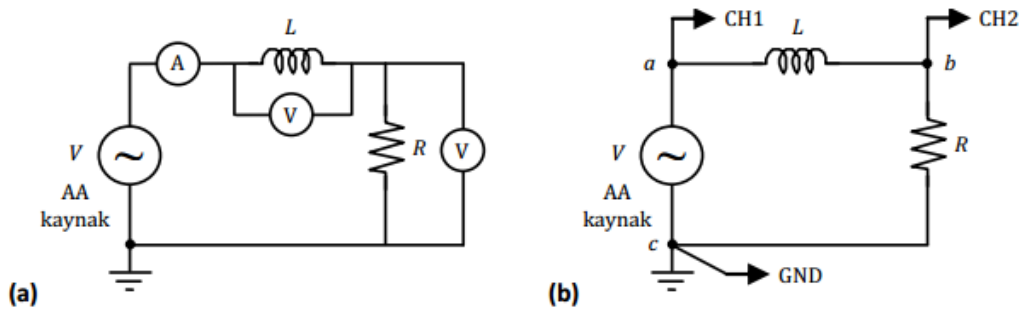
- i. Kaynak gerilimini 5 Vrms için ayarlayınız. Multimetre ile ölçünüz ve kaydediniz.
- ii. R direnci ve L bobini üzerine düşen RMS gerilimlerini ölçünüz ve kaydediniz.
- iii. I akımının RMS değerini ölçünüz ve kaydediniz.

**e. (Sadece Simülasyonu Yapılacaktır)** Şekil 13.b’de görülen devreyi sinyal jeneratörünü kullanarak kurunuz, devredeki değerler Şekil 11’deki ile aynı olmalıdır.

- Kaynak gerilimini osiloskop kullanarak teyit ediniz. Volt/div, time/div ayarlarını kullanarak sinyalin en az 2 periyodunu görünüz ya da Autoset düğmesini kullanınız.
- VR gerilimini osiloskobun ikinci kanalını kullanarak en az 2 periyodunu görünüz ya da Autoset düğmesini kullanınız.
- Kaynak gerilimi osiloskobun 1. Kanalında, VR gerilimini osiloskobun B kanalında aynı anda görüntüleyerek iki sinyal aralarındaki faz farkını ölçünüz ve kaydediniz. Devre akımının kaynak geriliminden  $\phi$  açısı kadar geri fazlı olduğu gözlemleyiniz.
- Lissajous eğrilerini görmek için sayısal osiloskoplarda Display Menüsü altında Format seçeneğini YT’den XY’ye çeviriniz. Faz farkını hesaplayınız.



Şekil 12. Seri RC devresi ölçümleri için devreler



Şekil 13. Seri RL devresi ölçümleri için devreler

## DENEY SONUÇLARI ÇİZELGESİ (SİMÜLASYON İÇİN)

(Deney bitiminde bu çizelgeyi laboratuvar sorumlusuna onaylatıp teslim ediniz)

Hesaplanan/Ölçülen nicelik	Değeri ve Birimi
a. Uygulaması için sonuçlar	
$V_1$ (RMS)	
$V_{R1}$ (RMS)	
$V_{R2}$ (RMS)	
$V_1$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
b. ve c. Uygulamaları için sonuçlar	
$V_{Kaynak}$ (RMS)	
$V_R$ (RMS)	
$V_C$ (RMS)	
$I$ (RMS)	
$V_{R1}$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
$V_{C1}$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
Kaynak gerilimi ile anakol akımı arasındaki faz farkı	
d. ve e. Uygulamaları için sonuçlar	
$V_{Kaynak}$ (RMS)	
$V_R$ (RMS)	
$V_L$ (RMS)	
$I$ (RMS)	
$V_L$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
Kaynak gerilimi ile anakol akımı arasındaki faz farkı	
Fazör Alanı ifadeleri (Tüm değerler için)	
Zaman Alanı ifadeleri (Tüm değerler için)	

Laboratuvar Sorumlusu Onayı:

## DENEY SONUÇLARI ÇİZELGESİ

(Deney bitiminde bu çizelgeyi laboratuvar sorumlusuna onaylatıp teslim ediniz)

Hesaplanan/Ölçülen nicelik	Değeri ve Birimi
a. Uygulaması için sonuçlar	
$V_1$ (RMS)	
$V_{R1}$ (RMS)	
$V_{R2}$ (RMS)	
$V_1$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
b. ve c. Uygulamaları için sonuçlar	
$V_{Kaynak}$ (RMS)	
$V_R$ (RMS)	
$V_C$ (RMS)	
$I$ (RMS)	
$V_{R1}$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
$V_{C1}$ için $V_m$ , $V_{pp}$ , frekans	
Kaynak gerilimi ile anakol akımı arasındaki faz farkı	
Fazör Alanı ifadeleri (Tüm değerler için)	
Zaman Alanı ifadeleri (Tüm değerler için)	

Laboratuvar Sorumlusu Onayı: