

**T.C.**  
**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ**  
**FİZİK BÖLÜMÜ**



**TEMEL FİZİK – II**  
**LABORATUVAR KILAVUZU**  
**B GRUBU**

**SAMSUN-2016**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>i</b>
<b>DENEY 1 ALTERNATİF AKIM FREKANSININ ÖLÇÜLMESİ</b> .....	<b>1</b>
<b>DENEY 2 OHM KANUNU VE WHEATSTONE KÖPRÜSÜ</b> .....	<b>7</b>
<b>DENEY 3 KONDANSATÖRÜN BİR DİRENÇ ÜZERİNDEN DOLUP BOŞALMASI</b> .....	<b>15</b>
<b>DENEY 4 EŞ POTANSİYEL VE ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ</b> .....	<b>23</b>
<b>DENEY 5 REZONANS DEVRELERİ</b> .....	<b>29</b>
<b>DENEY 6 ISININ ELEKTRİKSEL EŞDEĞERİ</b> .....	<b>45</b>
<b>DENEY 7 KİRCHHOFF KURALLARI</b> .....	<b>49</b>
<b>DENEY 8 MANYETİK İNDÜKSİYON</b> .....	<b>53</b>
<b>DENEY 9 BİR BOBİNİN MANYETİK ALANI</b> .....	<b>59</b>
<b>DENEY 10 TRANSFORMATÖR</b> .....	<b>65</b>



## DENEY 1

### DENEYİN ADI

### ALTERNATİF AKIM FREKANSININ ÖLÇÜLMESİ

### DENEYİN AMACI

Duran dalgalardan yararlanarak alternatif akım frekansının ölçülmesi

### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

AC güç kaynağı, deney seti ve çeşitli büyüklükte kütleler

### TEORİK BİLGİ

Okullarda, evlerde, işyerlerinde ve sanayide kullanılan elektrik akımı bir pilden ya da akümülatörden elde edilen elektrik akımından farklıdır. Bir pilin ya da akünün verdiği akım sürekli olarak aynı yönde ve aynı şiddetle akar. Bu tür akıma doğru akım denir. Şehir elektriğine bağlı bir ampulden geçen akım ise sürekli ve düzenli bir biçimde yön değiştirir. Zamanla periyodik olarak yön ve şiddet değiştiren bu tür akımlara alternatif akım denir. Alternatif akım AC veya  $\sim$  sembolüyle gösterilir. Alternatif akımın zamanla değişimi sinüs fonksiyonu şeklindedir. Alternatif akımda potansiyel farkı ile akım şiddetinin zamanla değişimi;

$$V = V_m \sin(\omega t) \quad 1.1$$

$$I = I_m \sin(\omega t) \quad 1.2$$

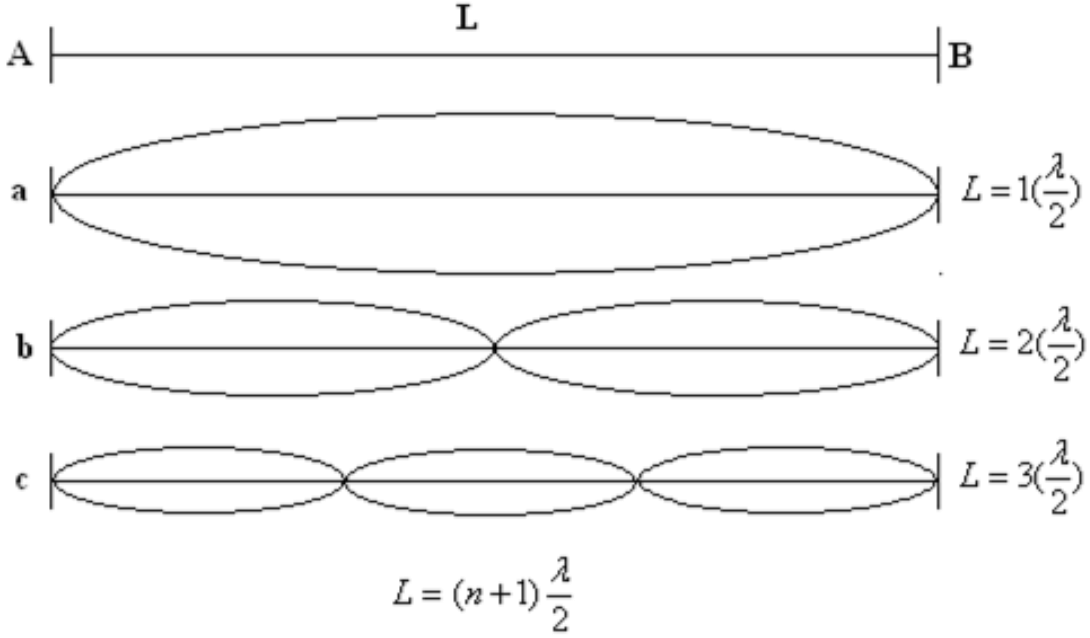
bağıntıları ile verilir. Bu bağıntılarda  $V_m$  ve  $I_m$  sırasıyla potansiyel fark ve akımın maksimum değerleri,  $V$  ve  $I$  ise verilen bir  $t$  anında ani değerlerdir.  $f$ , alternatif akımın frekansı ve  $T$  periyodu olmak üzere,

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad 1.3$$

şeklinde yazılır.

Alternatif akım frekansını ölçmek için duran dalgalardan yararlanırız. Şekil 1.1'deki gibi A ve B noktalarından gerilmiş olan bir teli göz önüne alalım. Telin orta noktasını denge durumundan ayırıp serbest bırakarak meydana getirmiş olduğumuz enine şekil değişimi, sabitlenmiş olan A ve B noktalarına doğru ilerler ve bu noktalardan yansiyarak geri döner. Tel üzerinden ilerleyen dalgalara A ve B noktalarından yansiyarak dönen dalgaların girişimi

sonucu kararlı veya duran dalgalar meydana gelir. En basit hal sabit uç noktalarının birer düğüm noktası (titreşmeyen noktalar), orta noktanın da bir karın noktası (maksimum genlikle titreşen nokta) olmasıdır. Buna temel titreşim hali denir (Şekil 1.1a).



**Şekil 1.1**

Mümkün olan ikinci ve üçüncü titreşimler şekilde belirtilmiştir. Burada  $\lambda$  titreşimin dalga boyudur.  $L$  telin uzunluğu,  $n=0,1,2,\dots$  gibi bir tamsayı olmak üzere  $n$ . titreşim hali için,

$$L = (n+1) \frac{\lambda}{2} \quad 1.4$$

yazabiliriz. Telde dalgaların yayılma hızı  $V$  ve titreşimin frekansı  $f$  olduğuna göre,

$$V = f \lambda \quad 1.5$$

olur. Denklem 1.4 ve 1.5'i kullanarak  $n$ . titreşim hali için,

$$f = \left( \frac{n+1}{2L} \right) V \quad 1.6$$

elde edilir.

$n=0$  haline karşılık gelen titreşime temel titreşim yada öz titreşim,  $n$ 'nin diğer değerlerine karşılık gelen titreşimlere üst titreşimler ya da harmonik titreşimler denir. Buna göre telin temel titreşim frekansı  $n=0$  için denklem 1.6'dan,

$$f_0 = \frac{V}{2L} \quad 1.7$$

elde edilir. Diğer taraftan gerilmiş bir telde enine titreşimlerin yayılma hızı,

$$V = \left( \frac{F}{\mu} \right)^{1/2} \quad 1.8$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $F$  teli geren kuvvet,  $\mu$  ise telin boyca yoğunluğudur.  $V$ 'nin değeri denklem 1.7'de yerine yazılırsa temel titreşim frekansı için,

$$f_0 = \frac{1}{2L} \left( \frac{F}{\mu} \right)^{1/2} \quad 1.9$$

bağıntısı elde edilir.

Manyetik alan içinde bulunan ve üzerinden akım geçen bir iletkene etkiyen kuvvete elektromanyetik kuvvet denir. Bu kuvvet akım ve manyetik alan doğrultularının belirlediği düzleme diktir ve yönü sağ el kuralı ile bulunur. Başparmak, işaret parmağı ve diğer üç parmak birbirleriyle  $90^\circ$  yapacak şekilde tutulur ve başparmak akımın yönünü, işaret parmağı manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde ayarlanırsa, avuç içi kuvvetin yönünü işaret eder.

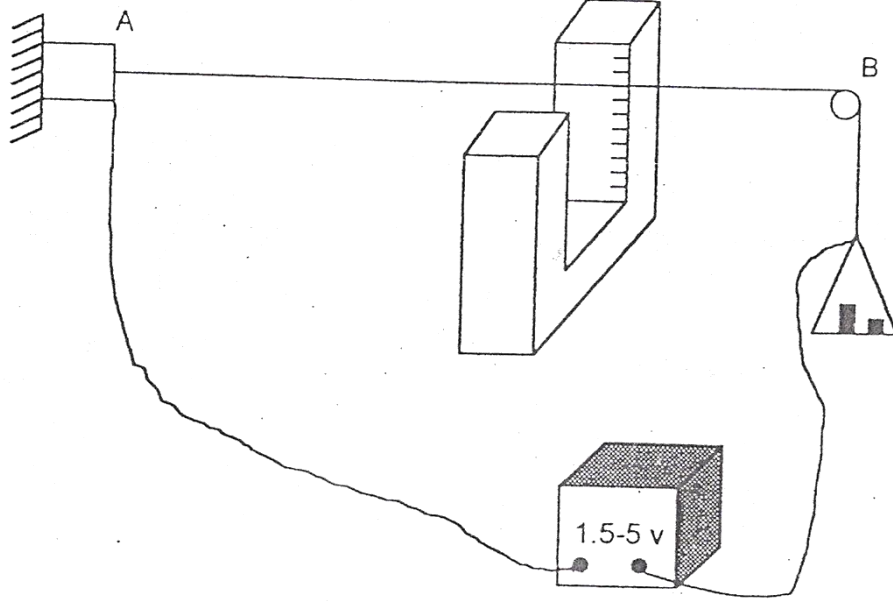
Şekil 1.2'de görüldüğü gibi A ve B noktaları arasına gerilmiş iletken teli geren kuvvet K kefesine konan ağırlıklar vasıtasıyla değiştirilebilmektedir. Gerilmiş olan bu telin orta kısmı bir U mıknatısının kolları arasında manyetik alan içinde bulunmaktadır. Şekildeki devre kurularak bu telden alternatif akım geçirilecek olursa, tele yönü alternatif akımdan kaynaklanan periyodik bir elektromanyetik kuvvet etki edecek ve tel bu periyodik kuvvetin etkisi ile önce küçük genlikli zoruna titreşimler yapmaya başlayacaktır.

Titreşebilen bir sistemde, periyodik bir kuvvetin yapmış olduğu küçük genlikli titreşimlere zoruna titreşimler denir. Periyodik kuvvetin frekansı sistemin temel titreşim frekansına eşit olursa sistemin yaptığı zoruna titreşimlerin genliği maksimum olur ve bu olaya da rezonans denir.

Burada tele etkiyen periyodik kuvvetin frekansı, alternatif akımın frekansı kadardır. Diğer taraftan iki ucu sabit olan AB telinin titreşim frekansı teli geren  $F$  kuvveti ile değişmektedir. Teli geren  $F$  kuvveti, K kefesine konulan ağırlıklar vasıtasıyla yavaş yavaş arttırılırsa denklem 1.9'a göre telin temel titreşim frekansı da artacaktır. Telin temel titreşim frekansı, periyodik olarak etki eden elektromanyetik kuvvetin, dolayısıyla alternatif akımın frekansına eşit olunca titreşim genliği en büyük değeri alır (rezonans hali). Rezonansa karşılık gelen  $F$  germe kuvveti değeri kullanılarak denklem 1.9'dan hesaplanan frekans alternatif akımın frekansını verir.

## DENEYİN YAPILIŞI

1. Şekil 1.2'deki telin bir ucu makaradan geçirilerek kefe bağlanmıştır. Bu tel U şeklindeki mıknatısın uçları arasında şekil 1.3'deki gibi yerleştirin. Mıknatıs AB telinin tam orta noktasında bulunmalıdır.

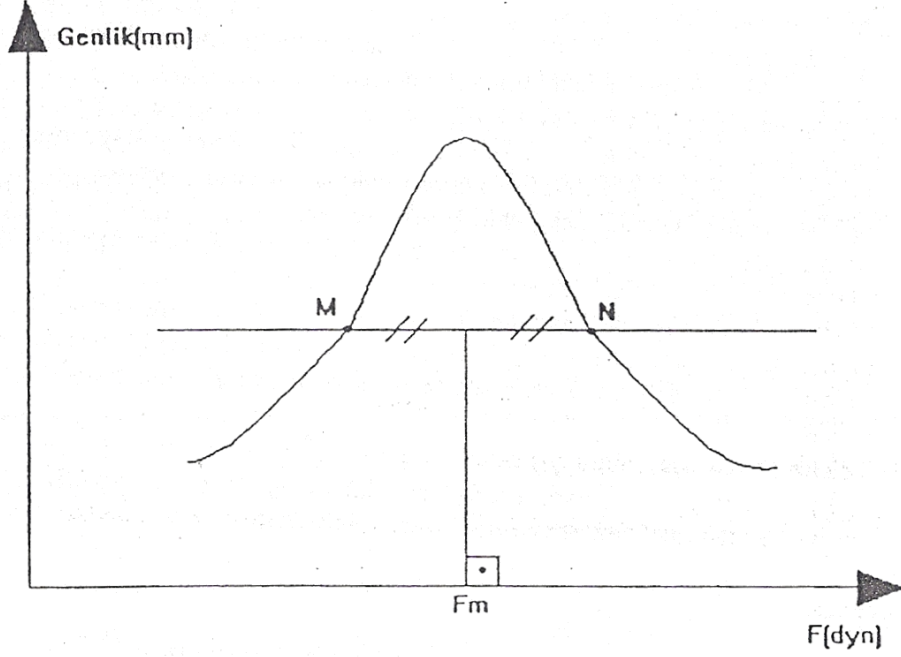


Şekil 1.2 Deney düzeneğinin basit gösterimi

2. Güç kaynağını çalıştırarak telden akım geçirin. Telden akım geçirildiğinde telde oluşan titreşim hareketinin Şekil 1.1a'daki gibi olmasına, yani temel titreşim halinde olmasına dikkat ediniz.
3. Teli geren kuvveti, telin ucundaki kefeye kütleler eklenmesi ile yavaş yavaş artırın. Burada teli geren  $F$  kuvveti, kefedeki kütle ile yerçekimi ivmesinin çarpımıdır ( $F=mg$ ). Çeşitli kütlelere karşılık gelen teldeki titreşim genliklerini cetvel yardımıyla okuyunuz ( $a$  genliği). Ölçüm sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazın.
4. Ölçülen değerler yardımıyla  $a$  genliğinin teli geren  $F$  kuvveti ile değişimini gösteren  $a-f(F)$  grafiğini çizin.
5. Bu eğrinin maksimumuna karşılık gelen  $F_m$  değeri grafikten elde edilir (Şekil 1.3).
6. Telin boyca yoğunluğu ( $\mu$ ) size verilecektir.
7. Denklem 1.9'da  $F$  yerine grafikten elde edilen  $F_m$  değeri, telin AB uzunluğu ve telin boyca yoğunluğu yerine konularak alternatif akımın frekansı hesaplanır. Alternatif akım frekansının teorik değeri 50 Hz'dir.

**Tablo 1.1**

<b>m (gr)</b>							
<b>F (dyn)</b>							
<b>Genlik (mm)</b>							



**Şekil 1.3** Oluşan dalga genliğinin uygulanan kuvvetle değişimini gösteren grafik

### SORULAR

1. Frekans, periyot ve dalga boyu kavramlarını tanımlayınız.
2. Alternatif akım nedir? Nasıl elde edilir açıklayınız.
3. Doğru akım ve alternatif akım arasındaki farklılıkları açıklayınız.
4. Alternatif akımda potansiyel farkı ve şiddet zamanla nasıl değişir? İlgili bağıntıyı yazarak açıklayınız.
5. Elektromanyetik kuvvet nedir? Ve yönünün nasıl belirleneceğini yazınız.
6. Rezonans ve zoruna titreşim kavramlarını açıklayınız.





## **DENEY 2**

### **DENEYİN ADI**

### **OHM KANUNU VE WHEATSTONE KÖPRÜSÜ**

#### **DENEYİN AMACI**

A) Ohm kanunu doğrulamak

B) Wheatstone köprüsünün çalışma prensibini incelemek, tel sürgülü köprü düzeneğini incelemek, Wheatstone Köprüsü yardımıyla iki farklı direncin değerini önce ayrı ayrı sonra da seri ve paralel bağlı iken bulmak

#### **DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR**

A) Güç kaynağı, multimetre, reosta, farklı değerde 3 adet direnç

B) DC güç kaynağı, ortadan sıfırlı mili ampermetre, Wheatstone köprüsü, reosta, çeşitli dirençler.

#### **TEORİK BİLGİ**

##### **A)OHM KANUNU**

Bir kesitten birim zamanda geçen elektrik yükü miktarına AKIM adı verilir ve birimi amperdir. Denklemlerde (-) işaretinden kurtulmak için elektronların hareket yönü ile akımın yönü zıt seçilmiştir. POTANSİYEL FARK ise iki nokta arasındaki elektriksel potansiyellerin farkından ibarettir. Yani a noktasının elektriksel potansiyeli  $V_a$ , b noktasının elektriksel potansiyeli,  $V_b$  ise bu iki nokta arasındaki potansiyel fark matematiksel olarak Denk. (2.1) ile tanımlanır. Fiziksel anlamı ise, birim yükü a noktasından b noktasına götürmek için elektriksel kuvvetlere karşı yapılması gereken iş miktarıdır. Yani akımı oluşturan potansiyel farktır.

$$V_{ab} = V_a - V_b \quad 2.1$$

Elektrik, Benjamin Franklin'in Philadelphia'da fırtınalı bir günde gerçekleştirdiği deney ile keşfedildi. Bundan sonraki en önemli adım Georg Simon Ohm tarafından atıldı. Ohm, metallerin iletkenliklerini araştırıyordu. Bir iletkenin iki ucu arasındaki gerilim farkının, bu iletkenin üzerinden geçen akıma göre grafiği çizildiğinde hep doğrusal bir grafik

çıkıyordu. Ohm, bu doğrunun eğimini direnç olarak tanımladı. DİRENÇ, bir iletkenin akıma karşı gösterdiği etkidir. Bir iletkenin uçları arasına uygun bir V potansiyeli uygularsak I akımı geçer. Örneğin, iletkenin uçları arasındaki potansiyel farkı 2 kat artarsa; buna karşılık iletkenden geçen akım şiddeti de 2 kat artar. Fakat potansiyel farkın akım şiddetine oranı sabit kalır. Bu sabit değere iletkenin direncidir ve “R” ile gösterilir. Bu kanunda OHM KANUNU dur. Bu durum matematiksel olarak Denk. (2.2) şeklinde ifade edilir. Çoğu malzeme geniş voltaj-akım aralığında bu bağıntıya uyar ve bu yüzden bu tür dirençlere OHMİK DİRENÇ denir. Direncin birimi ohm ( $\Omega$ ) olup ideal iletkenler dışında tüm devre elemanlarının bir direnci vardır.

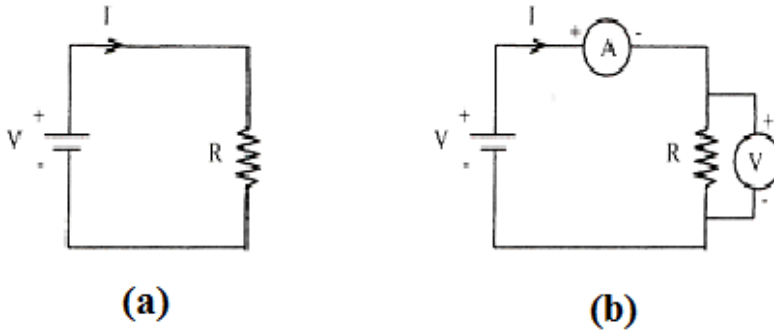
$$V = IR \quad 2.2$$

Bir iletkenin direnci ( $R$ ), öz direnci ( $\rho$ ), kesiti ( $A$ ), uzunluğu ( $L$ ) arasında,

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 2.3$$

bağıntısı vardır. Bu formüle göre iletkenin direnci boyu ile artar, kesiti arttıkça azalır ve her iletkenin özelliğine bağlı olan öz dirençle de değişir. Öz direnç; bir iletkenin birim boyunda ve birim kesitindeki kısmının direncidir. (Birimi: ohm.cm)

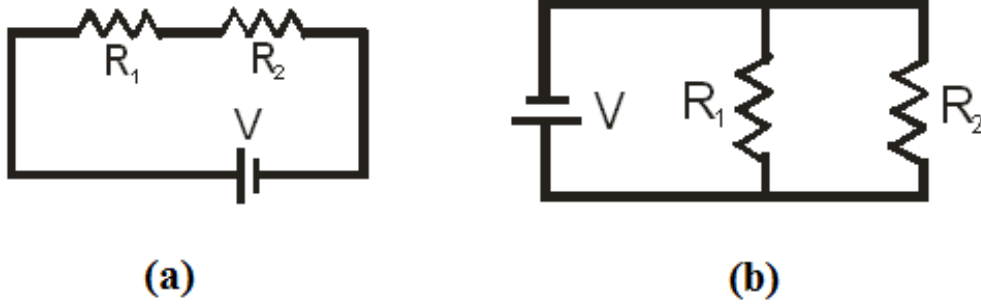
Şimdi basit bir elektrik devresi çizelim; deney yaparken akım ve voltajı ölçebilmek için ampermetre ve voltmetre nasıl kullanılır görelim. Ampermetre, devreden geçen akımı ölçmeye yarar. Bunun için devreye seri bağlanması gerekir. Voltmetre ise devredeki iki nokta arasındaki gerilim farkını ölçmeye yarar ve devreye paralel bağlanması gerekir.



Şekil 2.1 a) Tek dirençli basit devre, b) devreye ampermetre ve voltmetre bağlanması

Eğer devrede birden fazla direnç varsa bu dirençlerin bağlanış şekline göre bize bir eşdeğer direnç verecektir. Bu durumda, devreden geçen akım ohm kanuna göre bu eşdeğere bağlı olarak belirlenecektir. Şimdi dirençlerin seri ve paralel bağlanmasına ve özelliklerine göz atalım.

Seri bağlanan dirençlerin üstünden aynı akım geçer ve devreye verilen voltajı direnç değerlerine göre paylaşırlar (**Şekil 2.2(a)**). Eğer dirençleri paralel bağlarsak dirençlerin üstüne düşen volt eşit olur ve üzerinden geçen akım, direnç değerlerine göre belirlenir (**Şekil 2.2(b)**). Eşdeğer direnç seri devreler de Denk. (2.4) ile paralel devrelerde ise Denk. (2.5) ile bulunur.



**Şekil 2.2** İki direncin **a)** seri bağlanmasıyla **b)** paralel bağlanmasıyla oluşan devre

Seri bağlı devrede ( $I_1=I_2=\dots=I_N=I$ );

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow I R_{eş} = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I(R_1 + R_2)$$

$$\boxed{R_{eş} = R_1 + R_2} \quad 2.4$$

Paralel bağlı devrede ( $V_1=V_2=\dots=V_N=V$ );

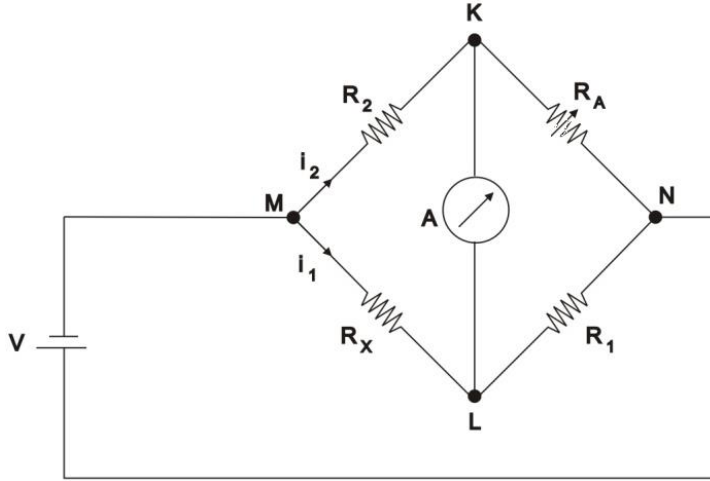
$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow \frac{V}{R_{eş}} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\boxed{\frac{1}{R_{eş}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} \quad 2.5$$

## B) WHEATSTONE KÖPRÜSÜ YÖNTEMİYLE DİRENÇ ÖLÇÜMÜ

Direnç ölçümünde kullanılan birçok yöntem vardır. En dolaysız ölçme yöntemi ampermetre-voltmetre yöntemidir. Bu yöntemle yapılan ölçümlerin duyarlılığı için ampermetre ve voltmetrenin uygun ölçme aralıklarının olması ve ayrıca doğru okuma yapan bu aletlerden en az birinin iç direncinin bilinmesi gerekir.

Hem karşılaştırma hem de sıfırlama yöntemi olduğu için bu deneyde kullanılan Wheatstone köprü yönteminin ampermetre-voltmetre yöntemine göre açık bir üstünlüğü vardır. Bu devre yardımıyla bilinmeyen bir direncin değeri bulunabilir. Bunun için Şekil 2.3'de ki devre kullanılır ve bu devreye *Wheatstone Köprüsü* denilir. Bu devrede  $R_1$  ve  $R_2$  büyüklüğü bilinen dirençlerdir.  $R_A$  ise değeri değiştirilebilen bir dirençtir.  $R_X$  direnci ise değeri bulunmak istenilen dirençtir. Bu yöntemde köprü devresine bağlanmış olan galvanometredeki sapmanın sıfır yapılması ile direnci bilinmeyen bir eleman, değeri bilinen standart bir dirençle karşılaştırılır.



Şekil 2.3 Wheatstone köprü devresi

Devredeki ampermetrenin gösterdiği akım değeri sıfır olduğunda; K ve L noktaları arasında potansiyel fark yoktur demektir. Bu durumda Kirchoff Kanunlarına göre;

$$V_{MK} = V_{ML} \Rightarrow I_2 R_2 = I_1 R_x \quad 2.6$$

$$V_{NK} = V_{NL} \Rightarrow I_2 R_A = I_1 R_1 \quad 2.7$$

olur. Denklem (2.6) ve (2.7) taraf tarafa bölünürse,

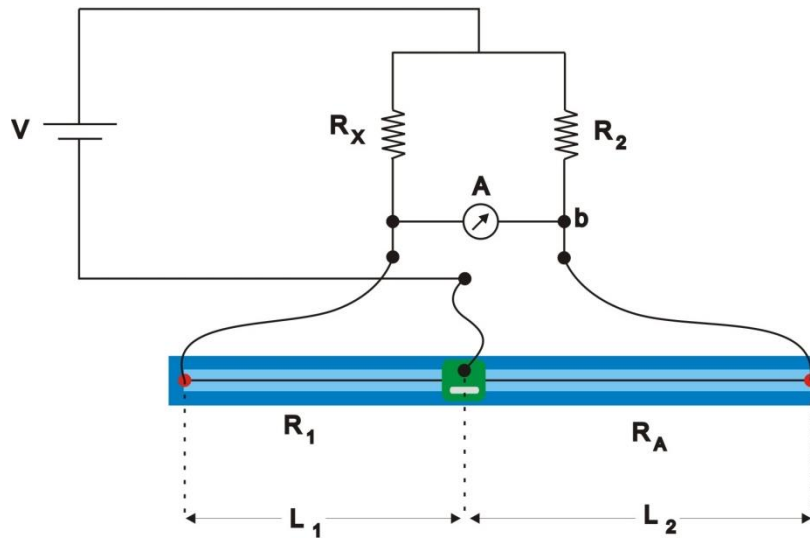
$$\frac{R_2}{R_A} = \frac{R_x}{R_1} \quad 2.8$$

olarak bulunur. Denklem (2.8) düzenlenirse,

$$\boxed{R_x = \frac{R_2}{R_A} R_1} \quad 2.9$$

durumuna gelir. Bu eşitlikte  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_A$  biliniyorsa  $R_x$  direncinin değeri de bulunabilir.

Bizim deney düzeneğimizde Wheatstone köprüsü devresi Şekil 2.4’de ki gibi Tel sürgülü köprü olarak dizayn edilmiştir. Burada  $R_A$  ve  $R_2$  dirençleri yerine direnci yüksek bir telden faydalanılmıştır. Bu şekilde ampermetrenin okuduğu değeri tam sıfır konumuna getirmek için gerekli olan  $R_A$  direncini ayarlamak daha kolay olmuştur.



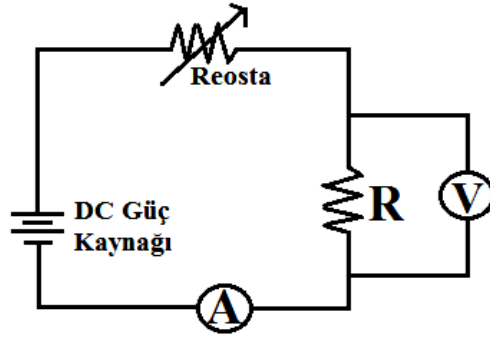
Şekil 2.4 Tel sürgülü Wheatstone köprü devresi

Burada  $R_1(\rho \frac{L_1}{A})$  ve  $R_A(\rho \frac{L_2}{A})$  dirençleri kullanılan metal telin akıma karşı gösterdiği dirençlerdir ve bu direnç değerleri Denk. (2.9)’da yerine yazılırsa,

$$\boxed{R_x = \frac{L_1}{L_2} R_2} \quad 2.10$$

## DENEYİN YAPILIŞI

### A) OHM KANUNU

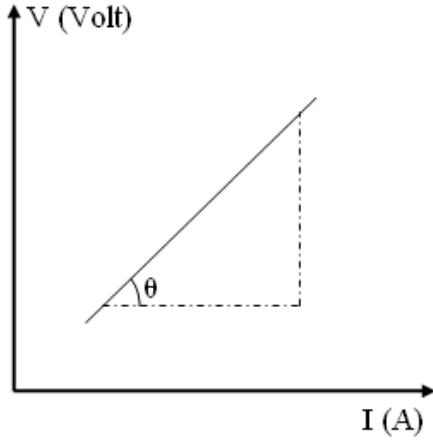


Şekil 2.5 Ohm yasası deney düzeneği

1. Şekil 2.5’de ki devreyi kurunuz.
2. Güç kaynağından voltajı değiştirerek farklı voltaj değerleri için direncin üzerinden geçen akımı ve direnç üzerindeki potansiyel farkı ölçüp Tablo 2.1’e kaydediniz. Bu işlemi beş farklı voltaj için tekrarlayınız.
3. 2. adımda yaptığımız işlemleri farklı bir direnç için ve bu iki direncin seri ve paralel bağlı dirençler için tekrarlayınız.
4.  $V_1-I_1$ ,  $V_2-I_2$ ,  $V_{seri}-I_{seri}$  ve  $V_{paralel}-I_{paralel}$  grafiklerini çizerek bu doğruların eğimlerinden her bir direncin değerini hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları dirençlerin size verilen teorik değerleri ile karşılaştırarak hata paylarını hesaplayınız.

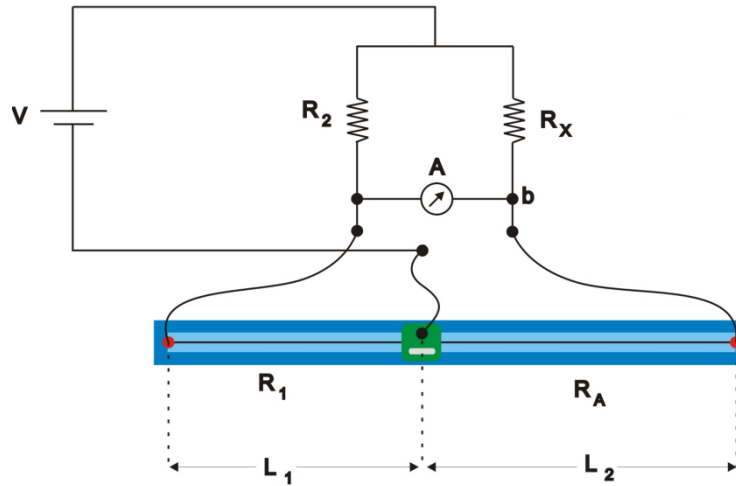
Tablo 2.1

$\mathcal{E}$ (V)	$R_1$ (teorik)=82 $\Omega$		$R_2$ (teorik)= 47 $\Omega$		$R_{seri}$ (teorik)=.....		$R_{paralel}$ (teorik)=.....	
	$V_1$ (V)	$I_1$ (mA)	$V_2$ (V)	$I_2$ (mA)	$V_{seri}$ (V)	$I_{seri}$ (mA)	$V_{paralel}$ (V)	$I_{paralel}$ (mA)
2								
3								
4								
5								
6								



$$m = \tan \theta = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} = R_{den}$$

## B) TEL SÜRGÜLÜ WHEATSTONE KÖPRÜSÜ



**Şekil 2.6** Tel sürgülü Wheatstone köprü deney düzeneği (Deney düzeneğinde  $R_2$  ile  $R_x$  yer değiştirmiştir o nedenle Şekil 2.4'den farklıdır.)

1. Şekil 2.6'da ki devreyi kurunuz. Güç kaynağını 5V'a ayarlayınız.
2.  $R_x$  direnci yerine değerini öğrenmek istediğiniz direnci ve  $R_2$  direnci yerine de değerini bildiğiniz bir direnci bağlayınız.  $R_2$  direncini deney raporuna kaydediniz.
3. İlk olarak multimetreyi a-b noktaları arasında bağlayınız. Multimetrenin okuma skalasını 200mA'e getiriniz.
4. Tel üzerinde hareketli olan kızağı sağa-sola hareket ettirerek multimetredeki okunan akım değerinin sıfır olmasını sağlayınız.(Hareketli kızak üzerindeki düğmeye basıldığı zaman tel ile temas olmaktadır.)



5. Ray üzerindeki cetvel yardımıyla, kızıağın rayın sol ucundan ve sağ ucundan olan uzaklıkları deney raporuna kaydediniz.
6.  $R_x = \frac{L_2}{L_1} R_2$  formülünü kullanarak  $R_x$  direncinin büyüklüğünü hesaplayınız.
7. Aynı işlemleri  $R_x$  direnci aynı iken farklı  $R_2$  dirençleri için tekrarlayınız ve Tablo 2.2'yi doldurunuz.
8.  $R_x$  'in teorik değeri ile hata hesabını yapınız.

**Tablo 2.2**

$R_2(\Omega)$	$L_1(\text{cm})$	$L_2(\text{cm})$	$R_x = \frac{L_1}{L_2} R_2$	Ortalama $R_x$	% Hata

### SORULAR

1. Dirençlerin değerleri nelere bağlıdır? Açıklayınız.
2. Şehirlerarası elektrik iletim hatlarında neden yüksek voltaj-düşük akım tercih edilir açıklayınız. Eğer iletim hatları omik malzemedan yapılabilsedydi bir şey değişir miydi?
3. Ampermetre ve Voltmetre devreye nasıl bağlanır? Nedenini açıklayınız.
4. Wheatstone köprülerinin kullanım yerlerini açıklayınız.
5. Wheatstone köprüsü bağıntısını ispatlayan formülü çıkarınız.
6. Bu deneyde niçin ortadan sıfırlı bir ampermetre veya galvanometre kullanılmaktadır? Normal bir ampermetre kullanılmaz mı?
7. Eğer Şekil 2.4'da  $R_x$  ve  $R_2$ 'nin yerlerinin değiştirilmesi ile denge noktasında d kayması oluyorsa,  $\frac{R_x}{R_2} = \frac{100+d}{100-d}$  olduğunu gösteriniz.

## DENEY 3

### DENEYİN ADI

### KONDANSATÖRÜN BİR DİRENÇ ÜZERİNDEN DOLUP BOŞALMASI

### DENEYİN AMACI

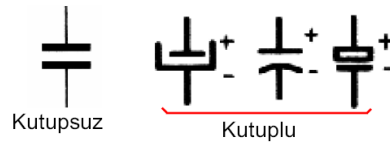
Yüksüz bir kondansatörün bir direnç üzerinden yüklenmesi ve boşaltılması, bu işlemler sırasında devrenin potansiyel şiddetinin zamanla değişiminin incelenerek grafiğinin çizilmesi ve bu grafiğin üstel bir fonksiyon grafiği olduğunu doğrulamak ve devrenin zaman sabiti  $\tau$ 'nun hesaplanması amaçlanmaktadır.

### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

DC güç kaynağı, voltmetre, 2200 ve 1500  $\mu$ F lık 2 adet kondansatör, kronometre

### TEORİK BİLGİ

Enerji, bir elektrik alanda potansiyel enerji olarak depolanabilir ve kondansatör bu enerjiyi depolamakta kullanılan bir aygıttır. Kondansatörün yük depolama yeteneği, kapasitans ya da sığa denilen fiziksel bir nicelikte tanımlanır. Şekil 3.1 de kutuplu ve kutupsuz kondansatör sembolleri gösterilmiştir. Elektrolitik ve tantal tip kondansatörlerde (+) ve (-) uçlar belirtilmiştir. Yani bunlar kutupludur. O nedenle bu elemanlar sadece DC ile çalışan devrelerde kullanılırlar. Kutupsuz (polaritesiz) tip kondansatörler ise DC ve AC ile çalışabilirler.

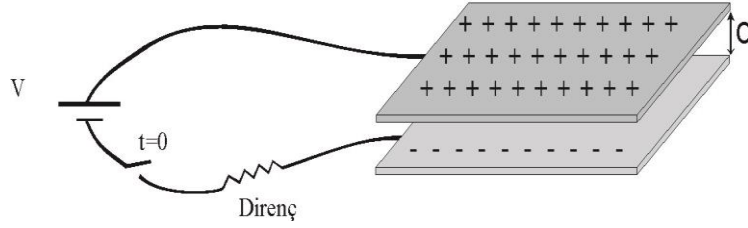


**Şekil 3.1.** Kutupsuz (polaritesiz) ve kutuplu (polariteli) kondansatör sembolleri

Elektronikte kondansatör bir yalıtkan ile ayrılmış iki iletken levhadır. Yalıtkan malzeme olarak seramik, plastik ve cam gibi yapılardır. Aslında kondansatörler genellikle bu yalıtkan malzemelere göre adlandırılmaktadırlar. (seramik kondansatör, tantal kondansatör, polyster kondansatör, mika kondansatör veya elektrolitik kondansatör gibi). Paralel levha kondansatörler (Şekil 3.2), her birinin alanı A olan iki iletken levhanın paralel olarak birbirinden d kadar uzağa yerleştirilmesiyle oluşturulur. Böyle bir kondansatörün sığası;

$$C = \epsilon K \frac{A}{d} \quad 3.1$$

formülü ile hesaplanır. Burada C: Sığa (Farad), A:her bir levhanın alanı (m<sup>2</sup>), d:izolasyon (dielektrik) kalınlığı (m),  $\epsilon$ : iki levha arasındaki bölgenin elektrik alan geçirgenliği (F/m),  $K$ : dielektrik sabitidir. Farad çok büyük bir sığa birimidir. Pratikte pek çok aygıtın sığası, mikroyarad (1 $\mu$ F=10<sup>-6</sup> F), nanoyarad (1nF=10<sup>-9</sup> F) ve pikoyarad (1pF=10<sup>-12</sup> F) gibi değerler alır.

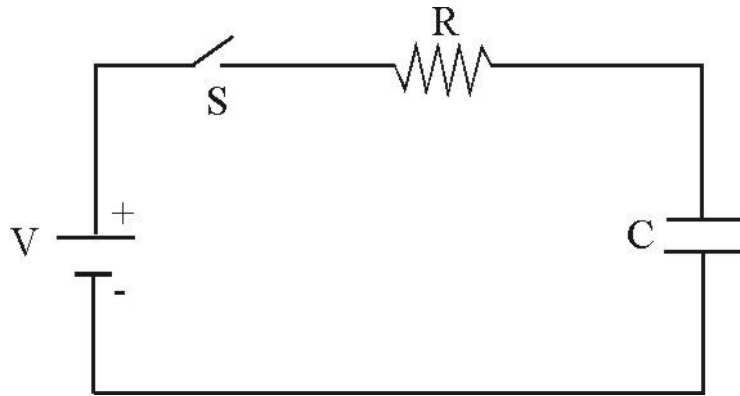


**Şekil 3.2.** Paralel levha kondansatör

Şekil 3.3'deki gibi kondansatör devreye bağlandıktan sonra şarj olmaya başlar ve toplanan bu şarj kondansatör uçları arasında voltaj farkı oluşturur. Kondansatörün uçları arasında  $\Delta V$  kadar gerilim uygulandığı anda plakalar birbirine eşit fakat zıt yükle (+Q, -Q) yüklenmiş olur. Kondansatörün sığası (C), iletkenlerden biri üzerindeki yükün büyüklüğünün, bunlar arasındaki potansiyel farkının büyüklüğüne oranı olarak tanımlanır:

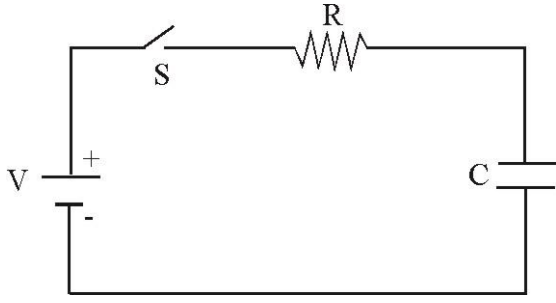
$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad 3.2$$

burada; Q: Kondansatördeki yük miktarı (Coulomb), V: uçları arasındaki gerilim farkı (volt), C: sığa (farad) dır.

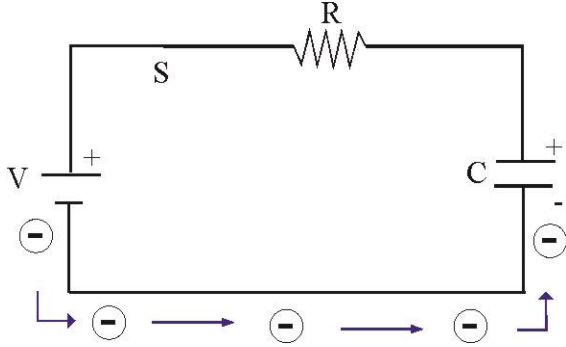


**Şekil 3.3.** Kondansatör ve direnç devre elemanlarından oluşan devre

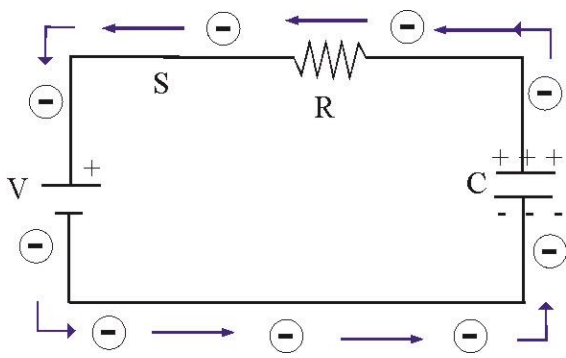
Devrede anahtar kapatılır kapatılmaz, kondansatör Q yükü ile dolmaz, bu maksimum Q yük miktarına ulaşması biraz zaman alır. Bu durumu su doldurduğumuz bir kap olarak düşünebiliriz. Bu durum şematik olarak aşağıda verilmektedir.



Anahtar açıkken; kondansatörümüz boş, aynı şekilde su kabımızda boş.

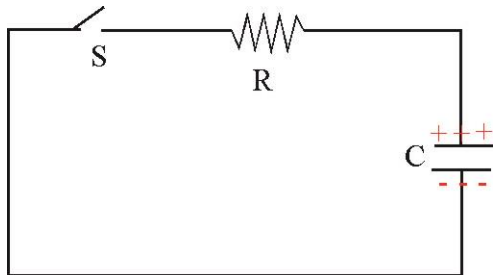


Anahtarı kapattığımız anda aynı suyu açtığımızda kabın dolmaya başlaması gibi devre üzerinde elektronlar akmaya başlar.

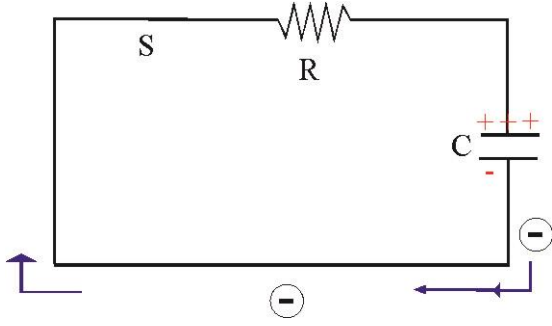


Kondansatörün plakası üzerinde bu elektronlar birikmeye başlar. Aynı zamanda buraya gelip biriken her bir elektron nötr olan karşı plakada bir elektronu iter ve elektrik akımı bu şekilde devreyi tamamlar. Bunun sonucunda üreteçten çıkan bir elektron kondansatörün plakasına gelince karşı plakadan ittiği elektron devreyi tamamlar ve böylece karşı plaka da + yüklenmiş olur. Her bir elektrona karşılık bir + yük karşı plakada kaldığı için plakalar, eşit ama zıt yüklerle yüklenmiş olur.

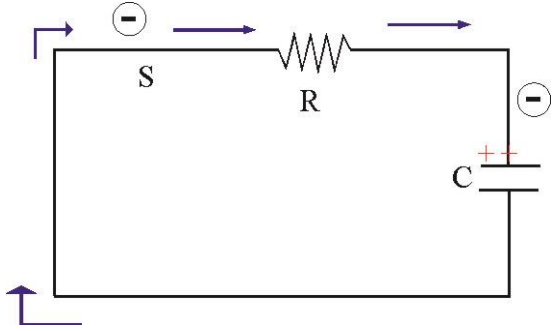
Şekil 3.3'deki gibi bir devrede anahtar kapatılır kapatılmaz, Q yükü ile dolu olan kondansatör hemen boşalmaz. Boşalması biraz zaman alır. Bu durumu su doldurduğumuz bir kabın dibindeki bir musluğu açtığımızda suyun boşalması olarak düşünebiliriz. Bu durum şematik olarak aşağıda verilmektedir.



Yüklü kapasitörümüzü su dolu kap olarak düşünebiliriz.



Devre anahtarı kapatılır kapatılmaz kondansatörün üzerindeki - yükler, + yüklü plakaya doğru harekete geçer. Burada devredeki akım şiddetini yandaki kaptan su boşalma hızı ile ilişkilendirebiliriz.

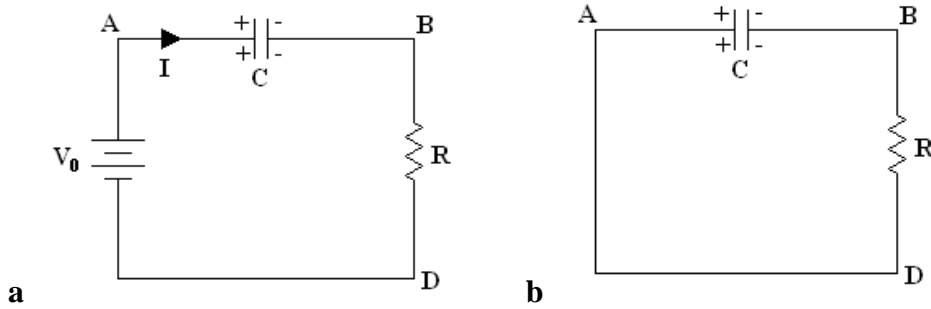


Yani kapta su miktarı fazlayken aşağıdaki musluktan su hızlı ve daha uzağa akar. Su seviyesi azaldıkça hızıda azalır. Devredeki I da aynı şekilde kapasitör doluyken yüksektir ve boşaldıkça azalır.

Sığası C olan bir kondansatör Şekil 3.3'de görüldüğü gibi sabit bir  $V_0$  gerilimi altında doldurulurken kondansatör üzerindeki V gerilimi zıt bir EMK gibi davranacağından, Kirchhoff yasalarına göre

$$V_0 - V - IR = 0 \quad 3.3$$

yazılabilir. Burada  $V_0$  üreticinin sabit EMK'sı, V kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farktır.



Şekil 3.4. Kondansatörün dolması (a) ve boşalmasına (b) ait devreler

Kondansatörün yüklenmesi sırasında potansiyel fark ve akım şiddetlerinin değişimi denklemler 3.4 ve 3.5 ile belirlenir.

$$V_{ab} = V_0 \left( 1 - e^{-t/(RC)} \right) \quad 3.4$$

$$I = I_0 e^{-t/(RC)} \quad 3.5$$

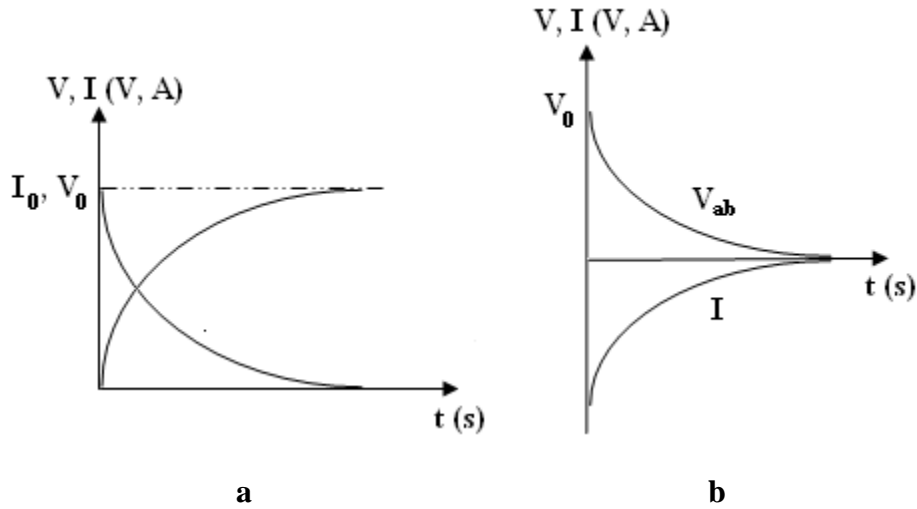
Kondansatörün dolması sırasında  $V_{ab}$  ve  $I$ 'nin zamana göre değişim eğrileri Şekil 3.5a'da verilmiştir.

Kondansatörün bir direnç üzerinden boşalmasına ait potansiyel ve akım şiddetleri;

$$V_{ab} = V_0 e^{-t/(RC)} \quad 3.6$$

$$I = I_0 e^{-t/(RC)} \quad 3.7$$

Kondansatörün bir direnç üzerinden boşalması sırasında  $V_{ab}$  ve  $I$ 'nin zamana göre değişim grafikleri Şekil 3.5b'de gösterilmektedir.



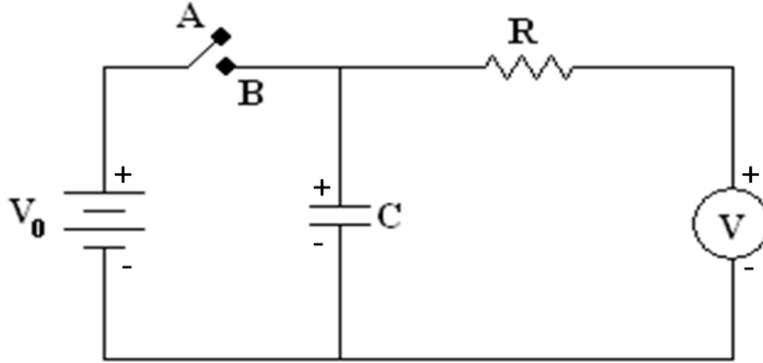
**Şekil 3.5** Kondansatörün dolma ve boşalma durumundaki akım-gerilim karakteristikleri

Zamana bağlı olarak üstel bir şekilde küçülen niceliklerde, değişme hızını belirtmek üzere zaman sabiti kavramı tanımlanır. Üstel olarak değişen niceliğin herhangi bir andaki değerinin  $e$ 'de birine düşmesi için gereken zamana **zaman sabiti** denir ve  $\tau$  ile gösterilir.

Örneğin denklem 3.7'den  $t = RC$  seçilirse;  $V_{ab} = V_0/e$  bulunur. O halde R ve C nin değerleri bilindiğinde  $\tau = RC$  bağlantısından zaman sabiti bulunur.

## DENEYİN YAPILIŞI

A)



Şekil 3.6 Deneyde kurulacak olan devrenin şematik gösterimi

1. Kondansatörün pozitif ve negatif uçlarını göz önüne alarak Şekil 3.5'deki devreyi kurun (R direncinin görevini voltmetrenin iç direnci karşılamaktadır. Ek bir direnç kullanılmayacaktır). Anahtar kapalı konumdayken güç kaynağını açtığınızda kondansatör dolmaya başlayacaktır.
2. Kondansatörü doldurduğunuzda voltmetreden okuduğunuz  $V_0$  değerini kaydediniz.  $V_0/e$  yani  $\left(V_0/2.72\right)$  değerini hesaplayın.
3. Güç kaynağını kapattığınız anda kronometreyi çalıştırın ve voltmetreden gerilimin düştüğünü gözleyin. Gerilim  $\left(V_0/2.72\right)$  değerine düştüğü anda kronometreyi durdurarak geçen süreyi okuyunuz. Bu süre size zaman sabiti  $\tau$ 'yu verecektir.
4. Bu ölçümü 10 kez tekrarlayarak ortalama zaman sabitini hesaplayınız. Bulduğunuz bu ortalama  $\tau_{den}$  değeri ile  $\tau_{teo}$  değerini karşılaştırın.  $\tau$ 'nun hesaplanan değerini bulurken voltmetrenin iç direncini de hesaba katınız.

Tablo 3.1

$V_0 = \dots\dots\dots$		$V_0/2.72 = \dots\dots\dots$								
$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	$t_9$	$t_{10}$	$t_{ort}$

B)

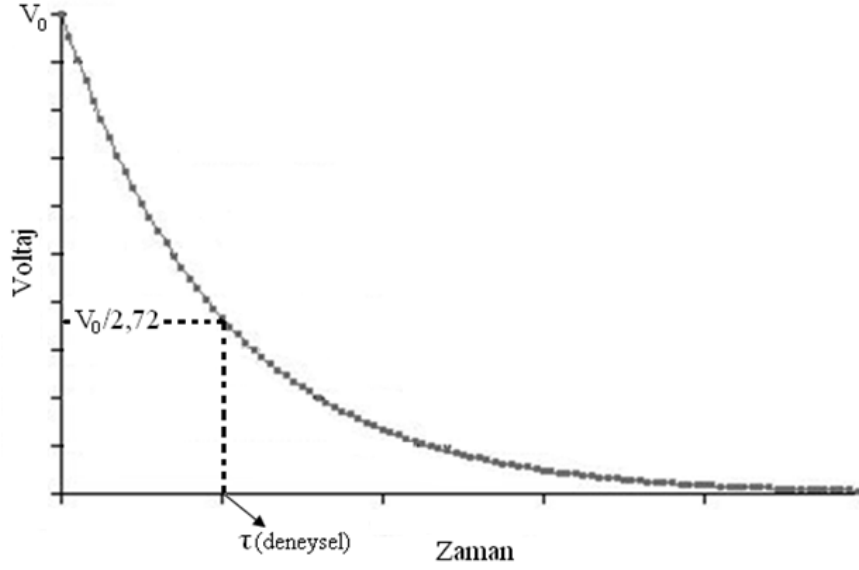
1. Kondansatör için uygun potansiyel değerleri seçin.  $V_0$  potansiyelinin seçilen her bir potansiyel değerine düşme zamanını ölçerek tablo 3.2'ye kaydedin. Bu bilgilerden yararlanarak voltaja karşılık zaman grafiğini çiziniz (Şekil 3.7).
2. V-t grafiğinde, V ekseninde  $V_0/2,72$  değerini belirleyin ve grafik üzerinde bu değere karşı gelen zaman değerini bulun. Bu değer size zaman sabitini verecektir (Şekil 3.6).
3. Ayrıca Şekil 3.8'deki grafiği çizerek bu grafiğin eğiminden  $\tau$ 'yu bulun ve teorik değeri ile karşılaştırınız (Zaman sabitinin değeri grafikten  $\tau = -0.43/m$  eşitliği kullanarak hesaplanır).

**Yaptığımız işlemleri diğer kondansatör için tekrarlayınız.**

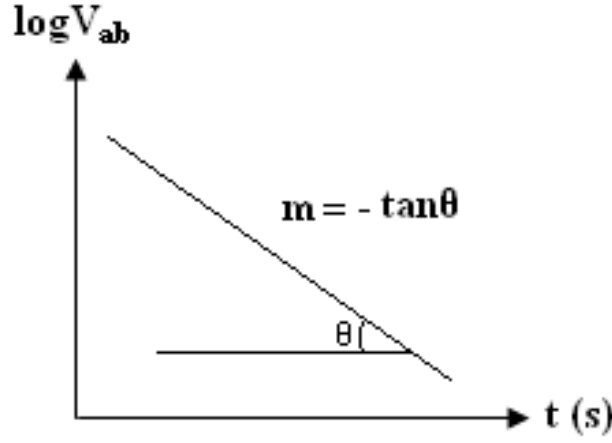
**Tablo 3.2**

$V_{ab}$	$\log V_{ab}$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_{ort}$
$V_1 = \dots\dots$	$\log V_1 = \dots\dots$						
$V_2 = \dots\dots$	$\log V_2 = \dots\dots$						
$V_3 = \dots\dots$	$\log V_3 = \dots\dots$						
$V_4 = \dots\dots$	$\log V_4 = \dots\dots$						
$V_5 = \dots\dots$	$\log V_5 = \dots\dots$						
$V_6 = \dots\dots$	$\log V_6 = \dots\dots$						
$V_7 = \dots\dots$	$\log V_7 = \dots\dots$						
$V_8 = \dots\dots$	$\log V_8 = \dots\dots$						





Şekil 3.7



Şekil 3.8

## SORULAR

1. RC çarpımının zaman boyutunda olduğunu gösterin.
2. Şekil 3.5'de A anahtarı kapatılınca kondansatör niçin hızla doluyor da boşalması yavaş oluyor?
3. Kondansatörün boşalma zamanını ayarlama imkanımız var mıdır? Nasıl?
4. Seri ve paralel bağlı kondansatörler için eşdeğer sığa ifadelerini türetin.
5. Yaptığınız deneyi göz önüne alarak, sığanın değişimi ile zaman sabiti arasında nasıl bir ilişki vardır. Açıklayınız.

## DENEY 4

### DENEYİN ADI

### EŞ POTANSİYEL VE ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

#### DENEYİN AMACI

1. Zıt yüklerle yüklenmiş iki iletkenin oluşturduğu eş potansiyel çizgileri araştırıp bulmak.
2. Bu eş potansiyel çizgileri kullanarak elektrik alan çizgilerinin haritasını çıkarabilmek.
3. Bu düzeneğe eklenmiş bir metal yüzüğün eş potansiyel alan ve elektrik alan çizgilerinin dağılımını nasıl etkilediğini incelemek.

#### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Siyah iletken kağıt, İletken gümüş kalem, Mantar tabla, Sıkıştırıcı iğneler, Kablolar, Halka kalıbı, DC güç kaynağı, Multimetre, Grafik kağıdı.

#### TEORİK BİLGİ

Bildiğimiz gibi, herhangi bir yük dağılımı civarında bulunan bir test yükü üstüne bir kuvvet uygular. Elektrik alan ise; birim pozitif yüke karşı gelen elektrostatik kuvvet olarak tanımlanır:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad 4.1$$

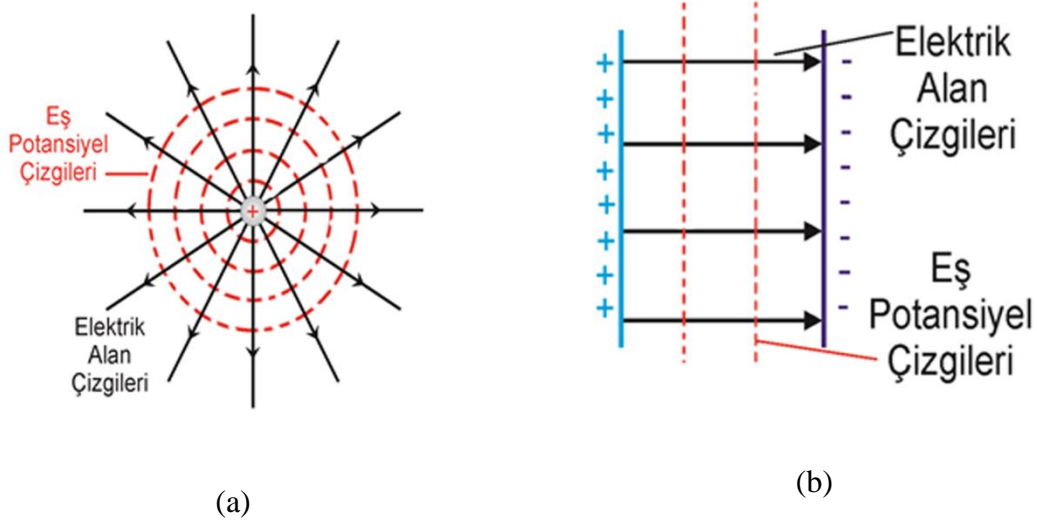
(SI) birim sisteminde F; Newton,  $q$ ; Coulomb birimlerine sahip olduğundan elektrik alanın birimi Newton/Coulomb(N/C) olur.



**Şekil 4.1** Pozitif  $q$  noktasal yükünün elektrik alanının yönü

Yukarıdaki gibi bir durum için A noktasındaki alanın yönü, A noktasındaki pozitif  $q_0$  test yüküne etki eden kuvvetin yönündedir.

$\vec{E}$  vektörel bir büyüklük olduğundan, bir yönü vardır. Bu yön; herhangi bir yük dağılımının pozitif test yükü üstünde oluşturduğu kuvvetin yönündedir. Bir pozitif  $q$  noktasal yükünün civarındaki bir A noktasında yarattığı elektrik alan Şekil 4.1 de gösterilmiştir. Uzayda çeşitli noktalardaki yük dağılımından kaynaklanan elektrik alanların şiddeti ve yönünü temsil etmek üzere elektrik alan çizgileri kullanılır. Bu hayali çizgiler pozitif yük dağılımından başlayıp negatif yük dağılımında sonlanırlar. Her hangi bir bölgedeki elektrik alan çizgilerinin yoğunluğu elektrik alanının o bölgedeki şiddeti ile orantılıdır. Her hangi bir noktadaki elektrik alanın yönü o noktadan geçen alan çizgisine çizilen teğet yönündedir. Bir pozitif noktasal yük ve sonsuz uzunluktaki zıt yüklü paralel iletken iki plaka için elektrik alan çizgileri sırası ile Şekil 4.2(a) ve 4.2(b) de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2** Elektrik Alan Çizgileri (a) Pozitif  $q$  noktasal yükünün elektrik alan çizgileri, (b) Sonsuz uzunluktaki zıt yüklü paralel iletken iki plakanın elektrik alan çizgileri

Pozitif  $q$  noktasal yükünün elektrik alan çizgileri Şekil 4.2(a)'da gösterildiği gibidir. Alan çizgileri radyal olarak dışarıya doğru yayılır ve negatif bir yük yoksa sonsuzda biter. Kaynaktan uzaklaştıkça yoğunlukları azalır. Eş potansiyel çizgileri şekilde noktalar olarak gösterilmiştir. Sonsuz uzunluktaki zıt yüklü paralel iletken iki plakanın elektrik alan çizgileri Şekil 4.2(b)'de

gösterildiği gibidir. Birbirine paralel olduğundan yoğunlukları sabittir yani elektrik alanı düzgündür. Eş potansiyel çizgileri noktalı olarak gösterilmiştir.

Eğer uzayda sadece pozitif ya da negatif yük varsa, elektrik alan çizgileri sonsuzda biter ya da sonsuzda başlar. Böylece; elektrik alan çizgilerin uzaydaki o noktada sadece tek bir yönü olur ve iki elektrik alan çizgisi aynı noktadan geçmez yani elektrik alan çizgileri kesişmez.

Elektrik alan kavramı ile yakından ilgili olan bir diğer kavram da elektrostatik potansiyel enerjidir. Bir yük dağılımı civarındaki herhangi bir A noktasındaki  $q_0$  test yükünün elektrostatik potansiyel enerjisi, o yükü sonsuzdan A noktasına getirmek için yaptığımız iş olarak tanımlanır. Herhangi A ve B gibi iki nokta arasındaki potansiyel enerji farkı, yükü A noktasından B noktasına getirirken yapılan işe eşittir.

$$U_{BA} = U_B - U_A = W_{AB} \quad 4.2$$

Burada  $q$  yükünü A noktasından B noktasına getirirken yapılan iş  $W_{AB}$ dir.

Elektrostatik potansiyel ise birim yük için olan elektrostatik potansiyel enerji olarak tanımlanır. Böylece A ve B noktaları arasındaki elektrostatik potansiyel farkı(ya da kısaca potansiyel farkı) aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$V_{BA} = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad 4.3$$

Genellikle, elektrik alan verilen bir yük dağılımıyla oluşur ve aynı potansiyele sahip birçok nokta vardır. Bu noktalar eş potansiyel noktaları olarak bilinir. Eğer aynı potansiyeldeki tüm noktalar birleştirilirse eş potansiyel çizgileri elde edilir. Eş potansiyel çizgisi üzerindeki tüm noktalar aynı potansiyele sahip olduğundan herhangi bir yükü bu çizgi üzerindeki iki nokta arasında hareket ettirmek için yapılan iş sıfırdır. Bu, verilen yük dağılımının eş potansiyel çizgilerinin elektrik alan çizgilerine dik olduğunu gösterir. Şekil 4.2(a) ve 4.2(b) de iki farklı yük dağılımı için eş potansiyel çizgileri noktalarla gösterilmiştir.

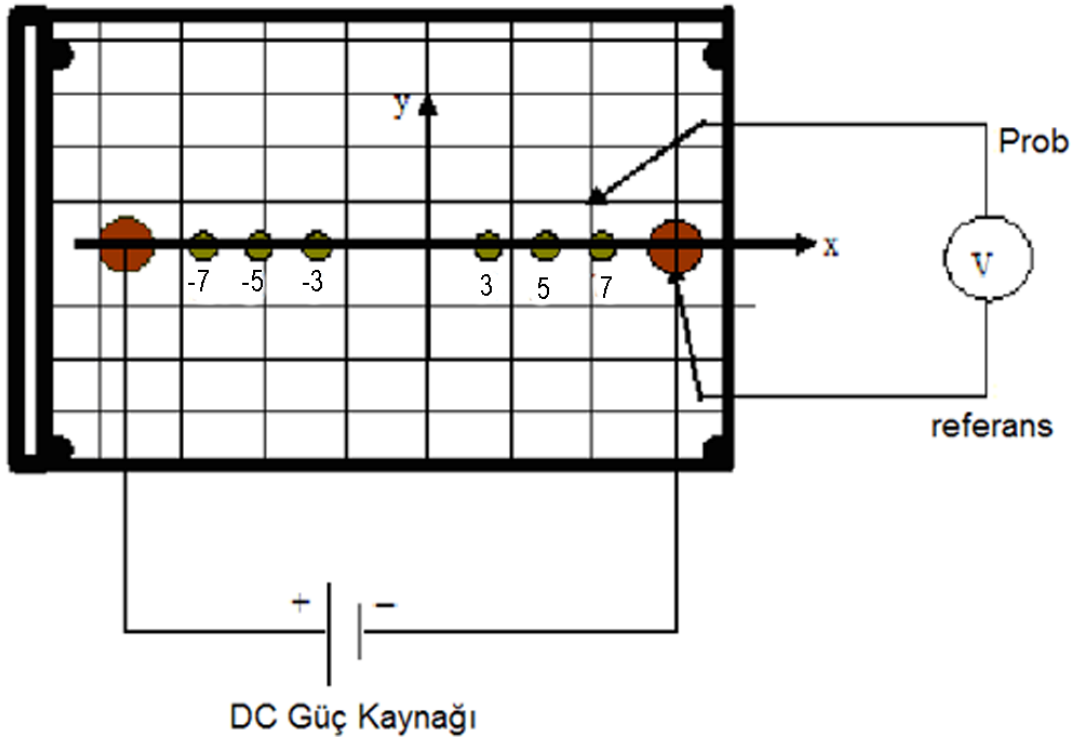
Bilindiği gibi yalıtılmış bir iletken üzerine konulan yük kendisini belirli bir durgun dağılıma göre ayarlar. Bu nedenle yüzey boyunca elektrik alan bileşeni yoktur ve elektrik alan

çizgileri iletkenin yüzeyine diktir. Yükleri iletken yüzeyi üzerinde hareket ettirmek için yapılan iş sıfır olup iletkenin yüzeyi eş potansiyel yüzeyidir.

Bu deneyde; zıt yükle yüklenmiş iletken halkaların eş potansiyel çizgilerini belirleyip çizeceğiz. Deney düzeneği Şekil 4.3 de gösterilmiştir. İletken halkalar siyah iletken kağıdın üzerine yerleştirilmiş olan metal iğnelerden güç kaynağına bağlayacağız. Probları kağıttaki noktalara dokundurarak herhangi iki nokta arasındaki potansiyel farkı bulacağız. Eğer iki nokta aynı potansiyele sahipse bu noktalar eş potansiyel noktaları olarak tanımlanır.

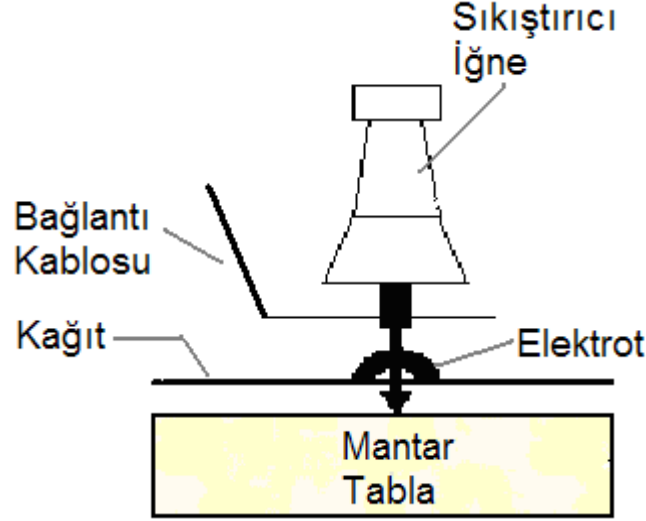
## DENEYİN YAPILIŞI

1. Üzerine elektrotları çizilmiş iletken kağıdı mantar tablanın üzerine yerleştirip plastik raptiyelerle sabit hale getirin.



Şekil 4.3 Deneyin kurulumu.

2. Şekil 4.3 de gösterilen devreyi kurun. Bağlantı kablolarını kullanarak elektrotları DC güç kaynağına bağlayın. Bunun için iletken halka elektrotun üzerine bağlantı kablosunun ucunu yerleştirin, sıkıştırıcı iğneyi sırası ile kablo ucu, elektrot ve iletken kağıttan geçecek şekilde ve mantar tablaya bastırın. Sıkıştırıcı iğnenin, kablonun ucunu ve elektrotu sağlam bir şekilde tuttuğundan emin olun. (Şekil 4.4' te görüldüğü gibi).



Şekil 4.4 Mantar tabla üzerinde iğne, elektrot, kablo ve kağıdın bağlantısı.

3. Güç kaynağının çıkış gerilimini 10 V'a ayarlayın ve anahtarı açın. Tam bir iletkenlik için halkaların kontrolünü yaparken halkanın üzerindeki sıkıştırıcı iğnenin yanına voltmetrenin bir probunu bağlayın. Aynı halka üzerindeki farklı noktalara diğer proba dokununuz. Eğer halka tam olarak çizilmişse halka üzerinde herhangi iki nokta arasındaki potansiyel fark, elektrotlar arasında uygulanan gerilimin %1'ini geçmeyecektir.
4. Ölçüm yapmak için elektrot sıkıştırıcı iğnelerinden bir tanesine voltmetrenin bir probunu bağlayın. Bu elektrot referansımız olur. Voltmetrenin diğer probunu sadece bir noktada kağıda dokundurarak kağıt üzerinde o noktadaki gerilimi ölçebilirsiniz. Grafik kâğıdında x-ekseni boyunca altı nokta (-7, -5, -3, 3, 5 ve 7) seçin. Bu noktalardan herhangi birine probu dokundurun, referans elektroda bağlı olarak bu noktanın gerilimini ölçün ve kayıt edin. Eş potansiyeli çizmek için voltmetre aynı gerilimi gösterene kadar probu hareket ettirin. Bu noktayı yumuşak kurşun kalemle milimetrik kâğıda işaretleyin. Probu hareket ettirmeyi sürdürünüz ama sadece voltmetreden aynı değeri okuduğunuz yönde devam ettirin. Diğer beş referans noktası için deneyi tekrar edin.
5. Her referans noktası için eş potansiyel noktalarını birleştirerek eş potansiyel eğrilerini çizin. Elektrik alan çizgilerinin eş potansiyel eğrilerine dik olması gerektiği gerçeğini de kullanarak halkalar arasındaki bölgede oluşan elektrik alan çizgilerini belirleyin.
6. Şimdi bu incelediğimiz durumu düzeneğe eklenmiş olan bir metal yüzüğün nasıl etkilediğini inceleyeceğiz. Bu amaçla, üzerine iletken gümüş kalemle bir halka çizilmiş

olan siyah iletken kağıdı x-y düzleminin bir çeyreğindeki bir bölgede mantar tablanın üzerine bir adet sıkıştırıcı iğne kullanarak yerleştirin. Seçmiş olduğunuz üç referans noktası için halkanın bulunduğu çeyrek içerisindeki eş potansiyel noktaları araştırın. Her referans noktası için bu eş potansiyel noktalarını bulun ve verileriniz kaydedin. Daha önce almış olduğunuz verilerden farklı renk kullanarak bu yeni eş potansiyel noktalar için eş potansiyel eğrilerini çizin ve yeni elektrik alan çizgilerini de belirleyin.

7. Problemleri kullanarak iletken halka yüzeyinin gerçekten de eş potansiyel bir yüzey olduğunu doğrulayın.

## **SORULAR**

1. Eşpotansiyel yüzeylerin elektrik alan çizgilerinin niçin her zaman dik olduğunu açıklayınız.
2. Elektriksel potansiyel ve elektriksel potansiyel enerji arasındaki farkı kendi ifadenizle belirtiniz.
3. Düzgün bir elektrik alan yönünde negatif bir yük hareket etmektedir. Bunun potansiyel enerjisi azalır mı yoksa artar mı? Elektrik potansiyel azalır mı artar mı?
4. (a) Sonsuz bir çizgisel yük,  
(b) Düzgün yüklü küre için  
Eşpotansiyel yüzeylerini tanıttın.

## DENEY 5

### DENEYİN ADI

### REZONANS DEVRELERİ

#### DENEYİN AMACI

1. İndüktif reaktans ve kapasitif reaktans değerlerinin bulunması.
2. Rezonans frekansının ölçülmesi

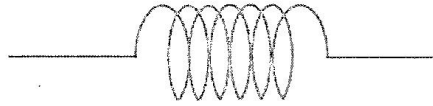
#### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Sinyal Jeneratörü, Osiloskop, 1 nF kapasitör (kondansatör), 2,7 mH indüktans (bobin)ve 10 Ω direnç

#### TEORİK BİLGİ

##### İndüktans:

Alternatif akım devre elemanlarından olan indüktans (bobin), (Şekil 1) kendi üzerinden alternatif bir akım verildiğinde, üzerinden sinüzoidal bir akım geçer. Bu akımın meydana getirdiği manyetik akı da sinüzoidal olarak değişir. Bobinden geçen akımın bobinde oluşturduğu manyetik iki bobini saracağından dolayı bobinde bir emk (elektro motor kuvveti) meydana gelecektir.



Şekil 1 İndüktans (Bobin)

Bobinde meydana gelen emk şu şekilde hesaplanır.

$$\varepsilon = L \frac{di}{dt} \quad 5.1$$

Burada “L” indüktans ve “i” bobinden geçen akımı temsil eder.

Alternatif gerilim uygulanan bir devrenin akıma karşı gösterdiği zorluğa empedans denilir. Empedans  $Z = R + iX$  şeklinde gösterilir. Bir reel ve sanal kısımdan oluşur. Burada “R” devrenin dc akımda gösterdiği dirençler iken “X” devrenin kapasitör ve indüktansın alternatif akıma gösterdiği zorluktur.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad 5.2$$



Bobine karşı uygulanan gerilimin bobinden geçen akıma oranı (V/i) bize bobinin elektrik akımına karşı gösterdiği direnci verir. Bobinin içinden geçen akıma karşı gösterdiği dirence *indüktif empedans* denir ve  $X_L$  ile gösterilir.

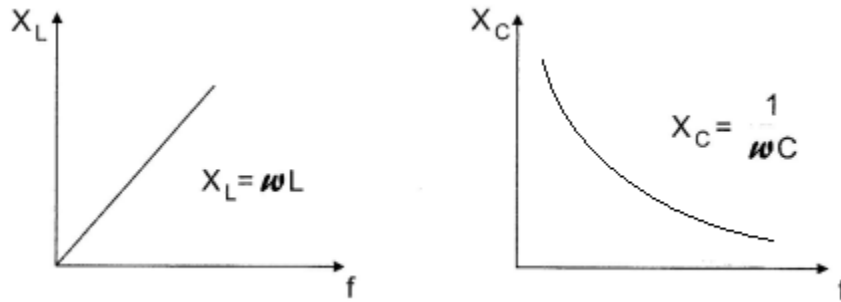
$$X_L = \omega L \quad 5.3$$

Burada “ $\omega$ ” açısal frekanstır ve  $\omega = 2\pi f$  şeklinde bulunabilir.

Bir kondansatöre alternatif akım verildiğinde pozitif beslemede dolma ve negatif beslemede boşalma olur. Bu dolma ve boşalmanın zamanı, akımın frekansına bağlıdır. Kondansatörler dc gerilimde sonsuz direnç gibi davranırlar fakat ac gerilimde de akıma karşı bir zorluk gösterirler. Bu zorluğa kapasitif empedans denilir ve “ $X_C$ ” ile gösterilir.

$$X_C = 1 / \omega C \quad 5.4$$

Görüldüğü gibi kondansatör ve indüktans bulunan devrelerde akım-gerilim ilişkisi incelenirken bu iki devre elemanı arasındaki faz farkı alınmamalıdır. Ayrıca bir devre elemanının akıma karşı gösterdiği zorluğa *empedans* denilir.



**Şekil 2.**İndüktans ve kondansatörün alternatif akıma karşı gösterdikleri empedansların frekansa bağlı değişim grafikleri

İndüktif reaktans ile kapasitif reaktansın değerlerinin birbirlerine eşit olduğu frekansa rezonans frekansı denilir.

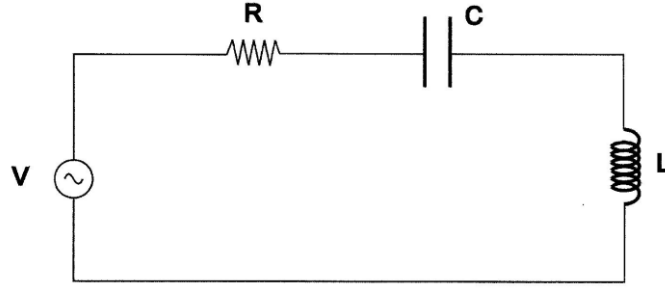
$$X_C = X_L \quad 5.5$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} \quad 5.6$$

Eşitlik 5’de  $f_0$  çekilirse, rezonans frekansı;

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad 5.7$$

bulunur. Bu frekansta devrenin empedansı omiktir, akım maksimum değerindedir ve akım ile gerilim arasında faz farkı yoktur.



**Şekil 3.** Seri rezonans devresi

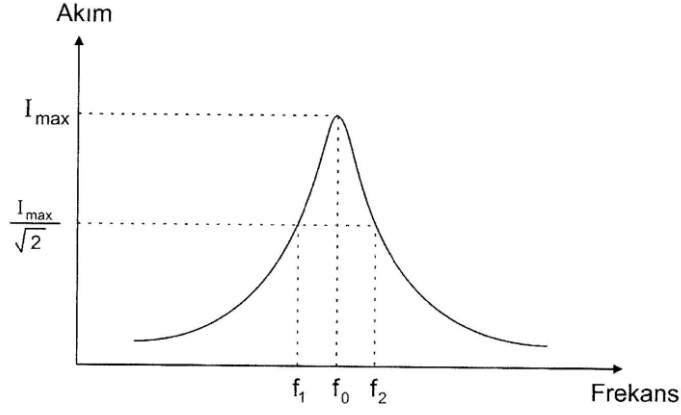
Düşük frekanslarda ( $\omega \rightarrow 0$ ) kapasitif reaktans büyük olduğundan akım çok küçüktür. Yüksek frekanslarda ( $\omega \rightarrow \infty$ ) indüktif reaktans çok büyük olduğundan akım gene çok küçüktür. Akım frekans eğrisi, Rezonans durumunda devreden geçen yüksek akım sebebiyle “rezonans voltaj yükselmesi” denilen olay meydana gelir. Bu durumda devre elemanları üzerindeki gerilimlerin etkin değerlerinin toplamı sıfır değildir. Ancak kapasitör ve bobin üzerinde düşen gerilimlerin anlık değerleri zıt işaretle birbirlerine eşit olduğundan Kirchhoff gerilim yasaları hala geçerlidir.

Kapasitör ve bobin üzerindeki gerilim düşmelerinin etkin değerleri devreye uygulanan gerilimden çok büyük olduğundan rezonans devrelerinde kullanılan elemanlar yüksek gerilime dayanıklı olmalıdır.

Seri bir RLC devresine genliği sabit tutularak farklı frekanslarda alternatif gerilim uygulanırsa akım-frekans karakteristiği elde edilir. (Şekil 4)

$f_0$  rezonans frekansında devrenin net reaktansı sıfır ve toplam empedansı  $Z = R$  olup en küçük değerindedir. Rezonans frekansının altındaki frekanslarda  $X_C > X_L$  dir ve kapasitif reaktans daha baskındır. Üstündeki frekanslarda  $X_L > X_C$  olacağından indüktif reaktans daha baskındır.

Seri bir RLC devresinde, rezonans frekansındaki maksimum akımın  $1/\sqrt{2}$  sine düştüğü frekans değerleri arasındaki farka *Yarı Güç Band Genişliği* denilir.



**Şekil 4.** Yarı Güç Band Genişliği  $f_{yg} = f_2 - f_1$

Eğer seri rezonans devresindeki “R” direncinin değeri büyütülürse Şekil 4’de görülen grafiğin tepe değeri küçülecek ve grafik yayvanlaşacak, band genişliği artacaktır.

Seri rezonans devrelerinde *kalite faktörü*, rezonans frekansındaki indüktif reaktansın yada kapasitif reaktansın devrenin toplam omik direncine oranı olarak tanımlanır.

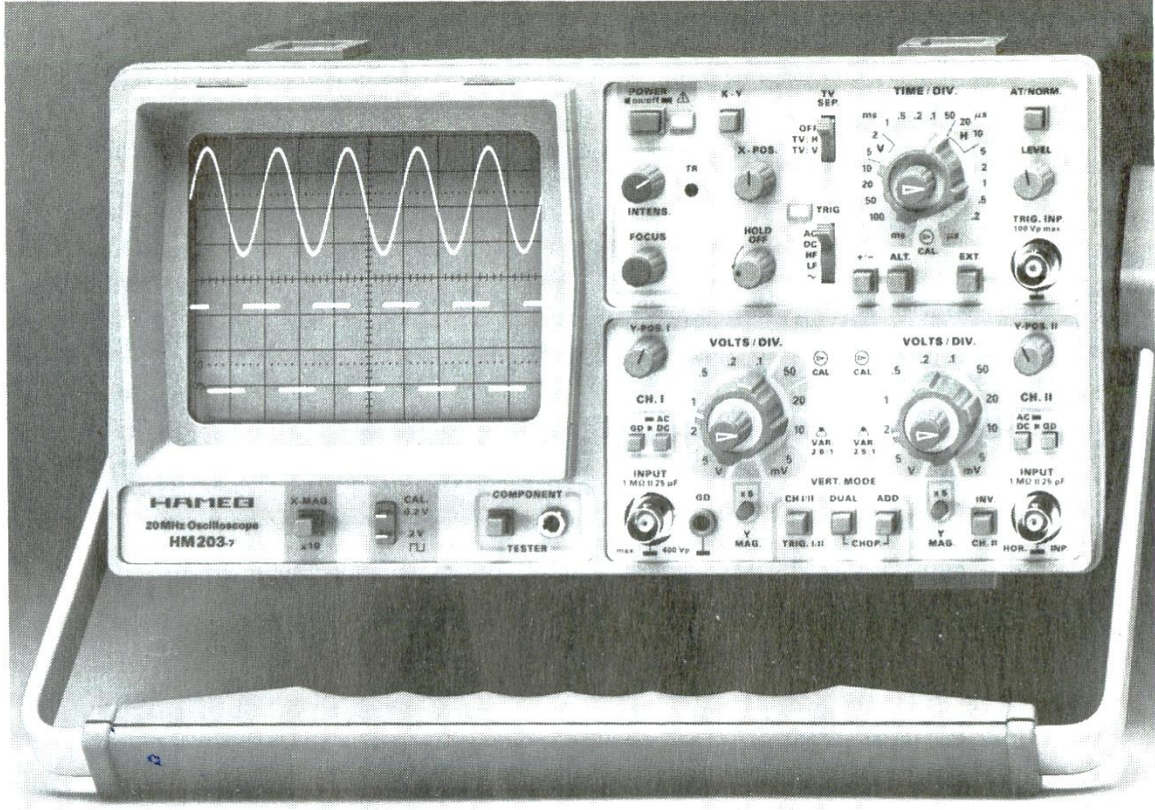
$$Q = \frac{(X_L)_{rez}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} \quad 5.8$$

$$Q = \frac{(X_C)_{rez}}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} \quad 5.9$$

Rezonans devrelerinde direncin büyük kısmı bobin sargılarının omik direncinden meydana gelir. Eşitlik 7 ve Eşitlik 8’de bahsedilen “R” direnci bobinin ve kapasitörün iç dirençleridir. İç dirençler arttıkça kalite faktörü düşer ve bu da kısmi band genişliğinin artmasına sebep olur. Kısmi band genişliği;

$$Kısmi\ Band\ Genişliği = \frac{f_2 - f_1}{f_0} = \frac{1}{Q} \quad 5.10$$

## OSİLOSKOP HAKKINDA TEMEL BİLGİLER VE KULLANIMI



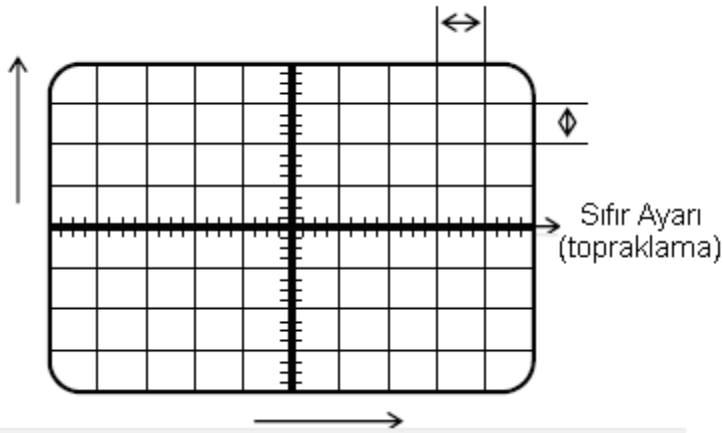
Osiloskoplar periyodik veya periyodik olmayan elektriksel işaretlerin ölçülmesi, gözlenmesini sağlayan çok yönlü bir ölçü cihazıdır. Osiloskopta iki boyutlu görüntü elde edilir. Osiloskoplar daha çok ölçülecek işaretin zamana göre değişimini ölçmek amacı ile kullanılır.

### Osiloskopun İç Yapısı

#### Ekranı

Osiloskop tüpünün ekranı aşağıdaki şekilde gibi yatay ve dikey çizgilerle ölçeklendirilmiştir. Bu ölçekler osiloskobun kazanç ve zamanlama anahtarları ile ayrılır. Bu ölçeklerden yararlanarak işaretin genliği ve periyodu doğru olarak ölçülebilir.

Genelde osiloskop ekranı 10 yatay ve 8 dikey olmak üzere ölçeklendirilmiştir.

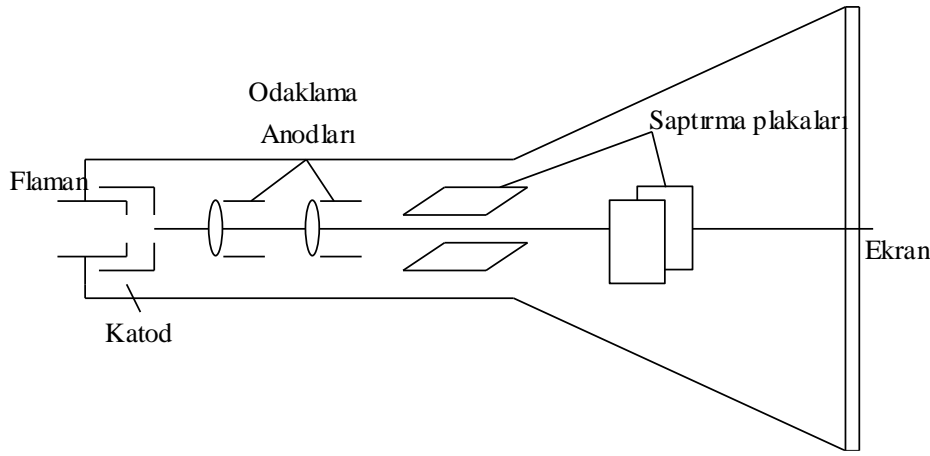


Şekil 1: Osiloskop ekranı

### Katot ışınlı tütün ekranı ve yapısı

Katot ışınlı tütün osiloskobun en önemli parçasıdır. Kısaca CRT (Cathode Ray Tube) şeklinde ifade edilir. Aşağıda gösterilen CRT elektron üreten flaman ile elektron demetini ekrana doğru odaklayıp, hızlandırılan düzeneklerden meydana gelmektedir. Burada odaklama ve hızlandırma elektrostatiktir.

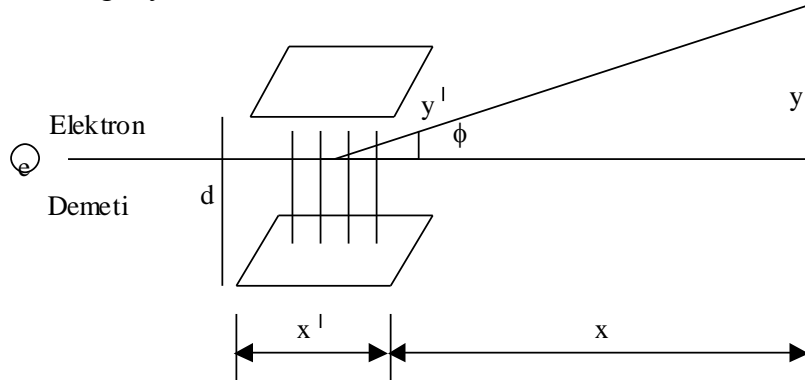
Flaman etrafındaki katodu ısıtır. Katot baryum ve strontium oksit tabakası ile örtülüdür. Isınan katot serbest elektronlar ortaya çıkarır. Katodun etrafında bulunan silindirik yapıya sahip ve negatif gerilim uygulanmış olan elektrot, **kontrol ızgarası** adını alır ve nikelden yapılır. Kontrol ızgarasının ucunda küçük bir delik vardır. Elektronlar buradan geçer. Kontrol ızgarasındaki gerilim geçen elektronların yoğunluğunu ayarlar. Osiloskobun kontrol panelindeki parlaklık (intensite) düğmesi ile kontrol ızgarasının katoda göre negatif gerilimi ayarlanır. Iızgaranın negatif geriliminin artması elektron yoğunluğunun az ve ekrandaki parlaklığın da zayıf olacağını ifade eder.



Şekil 2 Katod Işın tüpü prensip şeması

Silindirik yapıya sahip ve ortasında ince bir delik bulunan **odaklama anoduna** katoda göre 150 – 500 V civarında pozitif bir gerilim uygulanmıştır. Buradan geçen elektronlar ışın şekline gelir.

Flaman ile hızlandırıcı anot arasındaki elemanların tümü **elektron tabancasını** oluşturur. Elektronlar hızlandırıcı anottan sonra düşey ve yatay saptırma plakalarından geçer. Hızlı bir şekilde fosforlu ekrana çarpan elektronların üzerindeki kinetik enerji ışık ve ısı enerjisine dönüşür. Ekrandan çıkan sekonder elektronlar tütün konik yüzeyine çarparlar ve buradaki akuadag diye isimlendirilen iletken tabaka tarafından emilirler.



Şekil 3 Demetin Plakalar Arasından saptırması

Mercek sistemi sayesinde elektronlar ekrana odaklanır ve elektron ışını ekranda bir nokta yada iz şeklinde gözükür. Elektron ışınının odaklanması osiloskop panelinde bulunan odaklama (focus) anahtarı ile sağlanır.

Yatay ve düşey pozisyon potansiyometreleri ile elektron noktasının (aşağı yukarı, sağa sola) ekranın herhangi bir yerine kayması sağlanır. Bu fonksiyonu sağlayan düğme **x – pozisyon** ve **y – pozisyon** şeklinde isimler alır.

Osiloskop ile herhangi bir işlem yapmadan önce pozisyon düğmeleri yardımıyla **Sıfır Ayarı** yapılır. (İz, yatay ve düşey kaydırma düğmeleri yardımıyla osiloskop ekranının ortasına getirilir. Bkz. Şekil 1)

### **Osiloskop ile yapılan Ölçümler**

Bir osiloskopa doğrudan yapılan ölçümler voltaj ve zamandır (periyod).

Osiloskopta en çok kullanılan periyodik sinyaller; sinüs dalga üçgen dalga ve kare dalgadır. Her üç dalga şekli; tepe değeri (genlik), tepeden tepeye genlik, periyot (veya frekans) ve faz parametrelerine sahiptir. Bu dalga şekilleri tamamen periyodiktir. Hassasiyet bakımından biz genellikle alternatif sinyallerin tepeden tepeye değerlerini ölçeriz. Tepe değeri (genlik) bunun yarısıdır. KOK değeri ise sinüs dalgaları için,

$$V_{\text{KOK}} = \frac{V_T}{\sqrt{2}} \quad \text{veya} \quad V_{\text{KOK}} = \frac{V_{\text{TT}}}{2\sqrt{2}}$$

olarak bulunur. Bu ifadelerle  $V_T$ , voltajın tepe değeri (genliği) ve  $V_{T-T}$  'de tepeden tepeye genlik olarak kullanılmaktadır. Bazı kaynaklarda bu ifadeler  $V_T$  ve  $V_{TT}$  olarak da verilir.

### **Dolaylı Ölçümler:**

Voltaj ölçümüne bağlı; akım, direnç ve güç ölçümleri ile zaman ölçümüne bağlı; frekans ve faz ölçümleri bizim kullanacağımız dolaylı ölçümlerdir. Faz farkı ölçümü deney 1 de anlatılmıştır.

### **Akım, Direnç ve Güç Ölçümü:**

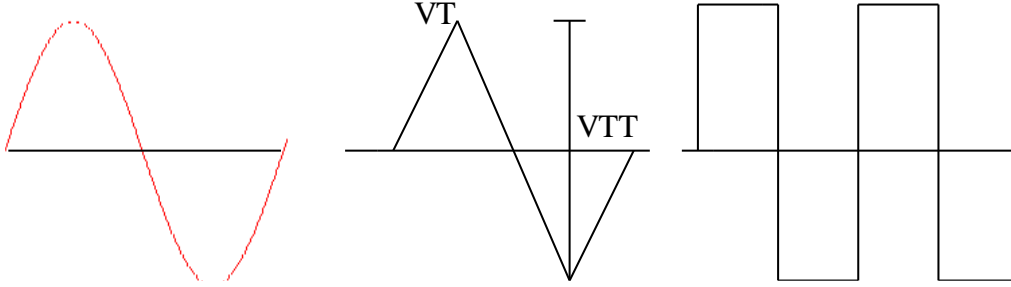
Osiloskopta akım ölçümü için değeri bilinen bir direnç kullanmak gereklidir. Direnç uçlarındaki gerilim düşmesi osiloskopta ölçülerek akım;

$$\text{Direnç} = \frac{\text{Volt}}{\text{Akım}} \quad , \quad R = \frac{V}{I}$$

ifadesinden bulunur. Güç ölçümü yapmak için, yukarıda anlatıldığı şekilde direnç ve akım değerleri ölçüldükten sonra, voltajın ölçülmesiyle güç;

$$Güç = Volt \times Akım = \frac{(Volt)^2}{Direnç} , P = V \times I = \frac{V^2}{I}$$

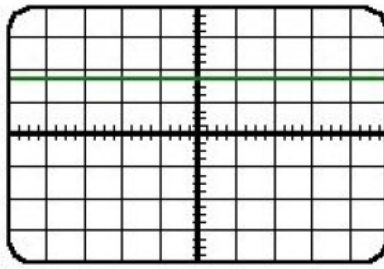
ifadesinden hesaplanır.



Şekil 4 Periyodik Dalga Şekilleri

### Osiloskop ile DC Geriliminin Ölçülmesi;

#### Osiloskop ile DC gerilim ölçümü

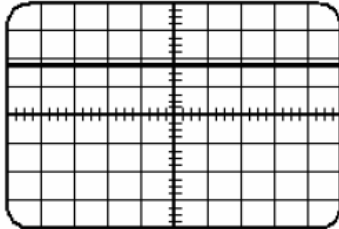


Tam DC gerilim ekranda düz bir çizgi şeklinde görülür.

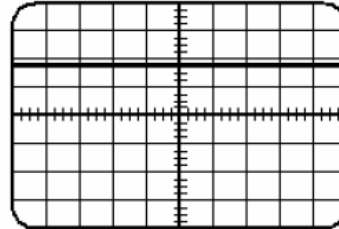
Ekranda görünen DC gerilimin gerçek değerini bulmak için :

$V = \text{prop çarpanı} \times \text{kare sayısı}$   
(düşey) x Volt / division  
formülünü kullanılır.

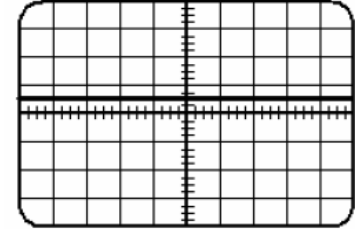
#### Örnekler



1.DENEY



2.DENEY

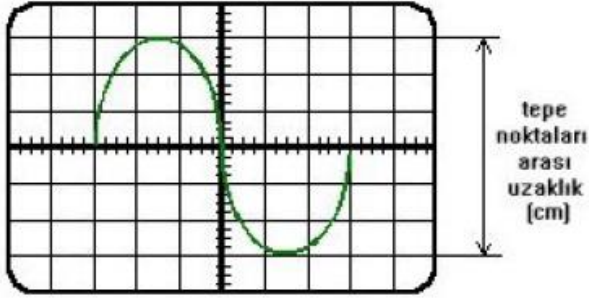


3.DENEY

prop çarpanı	x	kare sayısı (düşey)	x	volt / division	=	volt
1	x	1.8	x	2	=	<b>3.6</b>
1	x	1.8	x	1	=	<b>1.8</b>
1	x	0.6	x	5	=	<b>3</b>

### Osiloskop ile AC Geriliminin Ölçülmesi;

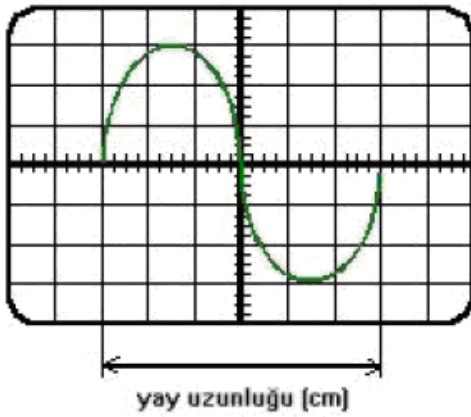
### Osiloskop ile AC gerilim ölçümü



AC gerilimi ekran yüzeyinde dalgalı bir şekil alır. Görülen AC gerilimi bulmak için tepeden tepeye uzunlukla gerekli çarpanlar alınır.

prop çarpanı	x	kare sayısı (düşey)	x	volt / division	=	volt
1	x	6	x	2	=	12
1	x	6	x	1	=	6
1	x	6	x	0,5	=	3

### Osiloskop ile frekans gerilim ölçümü



$T = \text{period}$

$T = \text{prop çarpanı} \times \text{kare sayısı (yatay)} \times \text{time / division}$

**Frekans =  $1 / T$**

### SONUÇ

Osiloskop giriş direnci bakımından gerilim ölçen bir ölçü aletidir.

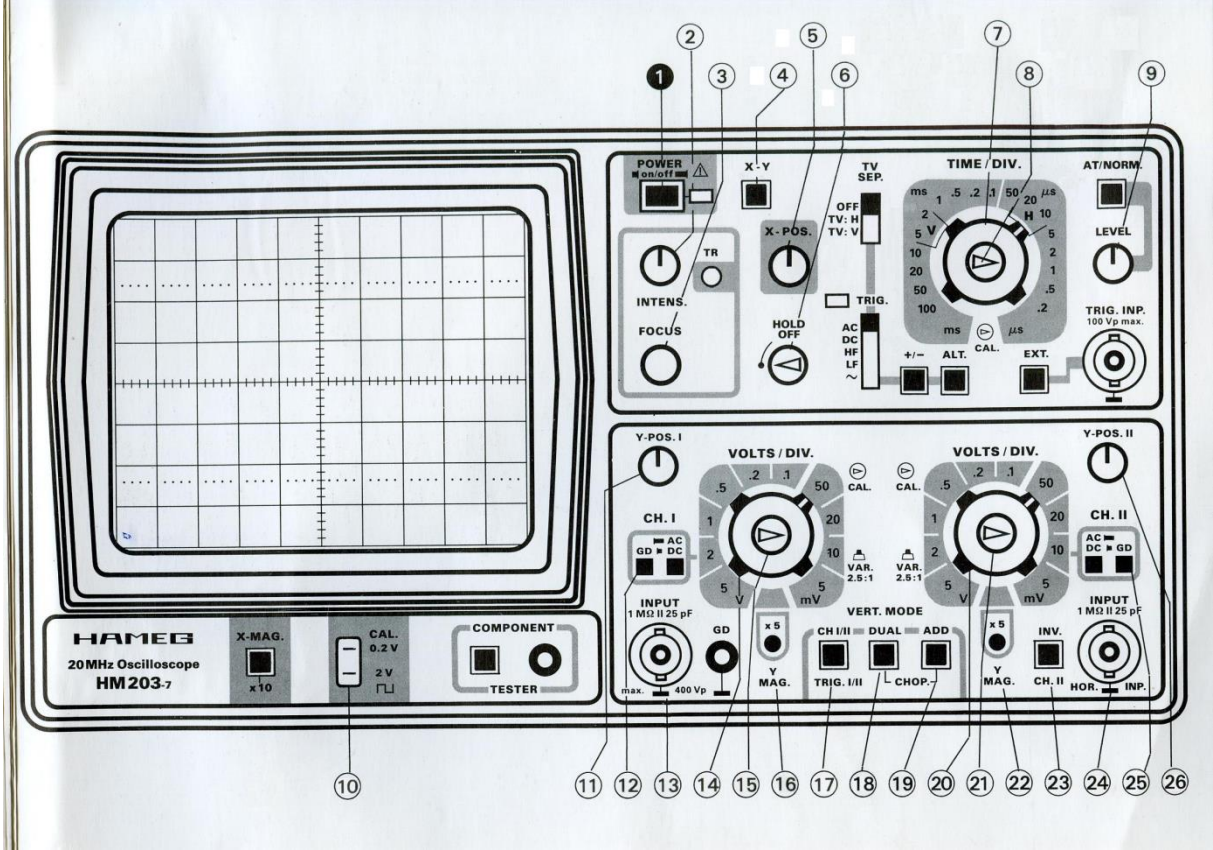
Osiloskop ile ölçülebilen bazı elektriksel ve elektriksel olmayan büyüklükler şunlardır;

- AC ve DC gerilimler.
- AC ve DC akım (Gerilime dönüştürülerek) dolaylı ölçüm.
- Direnç (Bilinen direnç yardımıyla) dolaylı ölçüm.
- Periyot, frekans ve faz ölçümü.
- Yükselme zamanı ve düşme zamanı ölçümü.



- f) Transdüsörler kullanarak; basınç, gerilme, yer değişimi, ışık, sıcaklık, gibi elektriksel olmayan büyüklüklerin gerilime dönüştürülerek dolaylı ölçümü.

## OSİLOSKOBUN KONSOL VE DÜĞMELERİNİN ANLAMLARI VE KULLANIMI



- 1) POWER: Basılırsa cihaz çalışır ve yanındaki sinyal lambası yanar.
- 2) INTENS: İz şiddetini ayarlar.
- 3) FOCUS: İz odaklaması içindir.
- 4) X – Y: Ekrandaki sinyali lissajous şekline çevirir. (X-Y’yi seçer.)
- 5) X-POS: İki kanal için ortak olarak yatay konum seçicisidir. (Işıklı çizginin sağa sola hareket ettirilmesini sağlar.)
- 6) HOLD OFF: Eğer karmaşık sinyallerden kararlı tetikleme elde edilemiyorsa üsteki HOLD OFF düğmesi ile gecikme zaman ayarlanabilir.
- 7) TIME/DIV kontrolü ile sinyalin zaman ayarı yapılır. (Sinyalin periyodu osiloskop ekranında görünebilir hale getirilir)
- 8) Zamanlama yayılımının hızı (1/2.5 oranında indirir)
- 9) LEVEL düğmesi, tetikleme noktası seçimi içindir.
- 10) CAL: 0,2 ve 2V kare dalga verir. Prob kalibrasyon sinyal çıkışıdır. Probun çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.
- 11) Y POS.I: CH<sub>1</sub> için düşey konum seçicisidir. (Işıklı çizginin aşağı yukarı hareket ettirilmesini sağlar.)
- 12) AC-DC düğmesi basılı iken DC sinyal, açık iken AC sinyal ölçer. GD düğmesine basılıyken ise sinyal ölçmez. (CH<sub>1</sub> için)
- 13) CH<sub>1</sub> Girişi

- 14) VOLT DİV: CH<sub>1</sub> için giriş sinyalinin hassaslığını mV-V arasında ölçebilmemizi sağlar. (1,2,5 katlarında çarpanı ayarlar.)
- 15) Volt Div Ayarlanmış seçeneklerinin hassasiyetini 1/2 oranında azaltır. (doğru ölçüm alabilmek için ok saat yönünde çevrilmiş olmalıdır.)
- 16) Y MAG: düğme açıkken Y pozisyonunun hassasiyetini 5 kat artırır.
- 17) CH I/II düğmesine basılı iken CH<sub>1</sub> ölçüm alır.  
Açık iken CH<sub>2</sub> ölçüm alır.
- 18) DUAL düğmesine basılı iken her iki kanal sinyali aynı anda görüntülenir. (ölçüm alır).
- 19) ADD düğmesine basılı iken her iki sinyalin matematiksel toplamı görüntülenir.
- 20) CH<sub>2</sub> için Volt/Div çarpanı. (14 nolu düğme ile aynı işlem)
- 21) CH<sub>2</sub> için hassasiyet ayarı (15 nolu düğme ile aynı işlem)
- 22) CH<sub>2</sub> için 16 nolu düğme ile aynı işlem
- 23) CH<sub>2</sub> sinyalini ters çevirir. ADD düğmesi ile beraber X-Y modunda matematiksel toplamı yapar
- 24) CH<sub>2</sub> için giriş
- 25) AC-DC düğmesi basılı iken DC sinyal, açık iken AC sinyal ölçer.  
GD düğmesine basılıyken ise sinyal ölçmez. (CH<sub>2</sub> için)
- 26) Y POS II: CH<sub>2</sub> için düşey konum seçicisidir. (Işıklı çizginin aşağı yukarı hareket ettirilmesini sağlar.)

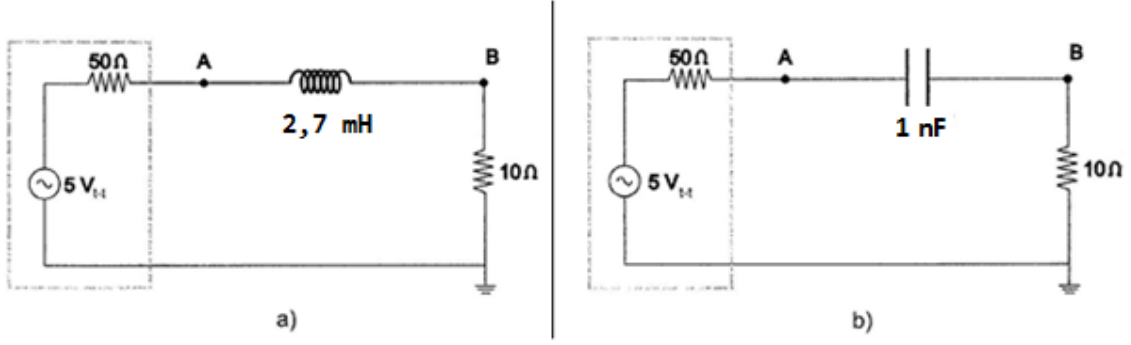
### **Osiloskop Kullanımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar**

Osiloskop ile doğru ölçüm yapabilmek için aygıtın tüm ayarlarının doğru yapılmış olması gerekir. Osiloskop kullanılacağı zaman şu hazırlıklar yapılmalıdır:

1. Cihazın beslemesi topraklı prizden yapılmalıdır.
2. Toz ve nem olmadığı bir ortamda kullanılmalı ve muhafaza edilmelidir.
3. Kullanılacak osiloskobun tüm özellikleri bilinmelidir.
4. Osiloskop açıldıktan 20sn sonra ekranda yatay çizgi yoksa parlaklık düğmesi uygun duruma getirilir.
5. Focus (odaklama) düğmesi ile çizgi netleştirilmelidir.
6. Sinyal uygulamadan önce osiloskobun sıfır ayarı yapılmalıdır.
7. AC-GND-DC komütatörü uygulanan sinyale göre ayarlanmalıdır.
8. Volt/Div. Komütatörü en uygun kademeye getirilerek ölçüme başlanmalıdır.
9. Osiloskop uzun süre kullanılmamışsa prob, Cal noktasına bağlanarak hassasiyet ayarı (kalibrasyon) yapılmalıdır.

### **DENEYİN YAPILIŞI**

#### **I) RL ve RC Devrelerinin İncelenmesi ve Rezonans Frekansının Tayini**



Şekil 5. RC ve RL devre şemaları

1. Şekil 5.a'daki devreyi board üzerinde kurunuz.
2. Tablo 1'i doldurunuz. Bu işlem sırasında giriş gerilimini ( $V_A = 5V_{t-t}$ ) değerinde tutunuz.
3. Osiloskobun her iki girişini de kullanarak birinden girişi diğerinden çıkış gerilimini ( $V_B$ ) gözleyiniz.
4. Şekil 5.b'deki devreyi board üzerinde kurunuz.
5. Tablo 2'yi doldurunuz. Bu işlem sırasında giriş gerilimini ( $V_A = 5V_{t-t}$ ) değerinde tutunuz.
6. Osiloskobun her iki girişini de kullanarak birinden girişi diğerinden çıkış gerilimini ( $V_B$ ) gözleyiniz.
7. Tablo 2'deki verilerden faydalanarak  $X_C-f$  grafiğini, Tablo 1'deki verilerden faydalanarak  $X_L-f$  grafiğini aynı grafik üzerinde çiziniz ve grafiği yorumlayınız.
8. Çizilen iki grafiğin kesiştikleri nokta bu iki devre elemanın bulunduğu bir devre için rezonans frekansıdır.
9. Bulunan rezonans değeri ile Denklem 6'yı kullanarak hesaplanan rezonans frekansıyla karşılaştırınız ve hata hesabı yapınız.

TABLO 1				
f(kHz)	$V_A$ (V)	$V_B$ (V)	$I_C = \frac{V_B}{10}$	$X_C = \frac{V_A - V_B}{I_C}$
10	5 $V_{t-t}$			
20	5 $V_{t-t}$			
40	5 $V_{t-t}$			
60	5 $V_{t-t}$			
80	5 $V_{t-t}$			
100	5 $V_{t-t}$			
120	5 $V_{t-t}$			
140	5 $V_{t-t}$			
170	5 $V_{t-t}$			
200	5 $V_{t-t}$			

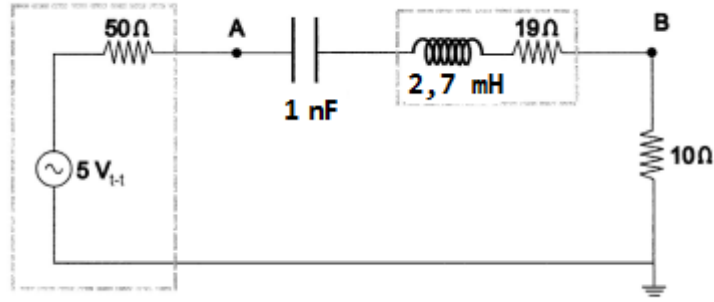
TABLO 2				
f(kHz)	$V_A$ (V)	$V_B$ (V)	$I_C = \frac{V_B}{10}$	$X_C = \frac{V_A - V_B}{I_C}$
10	5 $V_{t-t}$			
20	5 $V_{t-t}$			
40	5 $V_{t-t}$			
60	5 $V_{t-t}$			
80	5 $V_{t-t}$			
100	5 $V_{t-t}$			
120	5 $V_{t-t}$			
140	5 $V_{t-t}$			
170	5 $V_{t-t}$			
200	5 $V_{t-t}$			

Grafikten okunan rezonans frekansı  $f_0 = \dots\dots\dots$

Denklemler 6 dan hesaplanan rezonans frekansı  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dots\dots\dots$

% Hata:  $\dots\dots\dots$

## II) RLC Devresinin İncelenmesi ve Rezonans Frekansının Bulunması



Şekil 6. Seri RLC devresi tasarımı

1. Şekil 6'daki devreyi kurunuz.
2. Giriş gerilimini ( $V_A$ ) sabit  $5 V_{t-t}$  değerinde tutarak uygulanan alternatif gerilimi Tablo 3'deki frekans değerlerinde değiştirerek çıkış gerilimini okuyunuz ve Tablo 3'e kaydediniz.
3. Tablo 3 deki verilerden faydalanarak  $I_B-f$  grafiğini çiziniz.
4. Grafik için rezonans frekansını belirleyiniz. Rezonans frekansında giriş gerilimini  $1 V_{t-t}$  ayarlayarak çıkış gerilimini ölçünüz.
5. "Q" kalite faktörünü  $Q = \frac{V_B}{V_A}$  denklemini kullanarak hesaplayınız.
6. Bulunan "Q" kalite faktörü ile Denklem 7'den bulunan teorik kalite faktörünü karşılaştırınız.
7. Bu iki kalite faktörü için hata hesabı yapınız.

<b>TABLO 3</b>			
<b>f (kHz)</b>	<b><math>V_A</math> (V)</b>	<b><math>V_B</math> (V)</b>	<b><math>I_B = \frac{V_B}{10}</math></b>
10	5 $V_{t-t}$		
20	5 $V_{t-t}$		
40	5 $V_{t-t}$		
42,5	5 $V_{t-t}$		
45	5 $V_{t-t}$		
47,5	5 $V_{t-t}$		
50	5 $V_{t-t}$		
52,5	5 $V_{t-t}$		
55	5 $V_{t-t}$		
57,5	5 $V_{t-t}$		
60	5 $V_{t-t}$		
62,5	5 $V_{t-t}$		
65	5 $V_{t-t}$		
67,5	5 $V_{t-t}$		
80	5 $V_{t-t}$		
100	5 $V_{t-t}$		
120	5 $V_{t-t}$		
140	5 $V_{t-t}$		
170	5 $V_{t-t}$		
200	5 $V_{t-t}$		

**Seri RLC Devresi R = 10  $\Omega$**

$f_0$  (deneysel) = .....

$f_0$  (teorik) =  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dots\dots\dots$

% Hata: .....

Band Genişliği (deneysel): .....

Band Genişliği (teorik) =  $\frac{f_2 - f_1}{f_0} = \dots\dots\dots$

% Hata: .....

$$\text{Kalite faktörü } Q \text{ (deneysel)} = \frac{1}{\text{Kısmi Band Genişliği}} = \dots\dots\dots$$

$$\text{Kalite faktörü } Q \text{ (teorik)} = \frac{(X_L)_{TEZ}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \dots\dots\dots$$

% Hata: .....

## **SORULAR**

1. Kalite katsayısı (Q) 100 olan 50mH bir bobine 100pF'lık bir kondansatör seri bağlıdır. Bu devre hangi frekansta rezonansa gelir? Band genişliği ne kadardır?
2. İndüktansı 20mH direnci 5Ω olan bobine bir kondansatör seri bağlanıyor. Devrenin 1000Hz de rezonansa gelebilmesi için kondansatörün kapasitesi kaç μF olmalıdır?

## **DENEY 6**

### **DENEYİN ADI**

### **ISININ ELEKTRİKSEL EŞDEĞERİ**

### **DENEYİN AMACI**

Isı ile elektrik enerjisi ve mekanik enerji arasındaki sayısal ilişkinin deneysel olarak bulunması.

### **DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR**

DC güç kaynağı, kalorimetre kabı, termometre, ampermetre, voltmetre, Pasco TD-8551A deney düzeneği, kütle takımı, multimetre ve bağlantı kabloları.

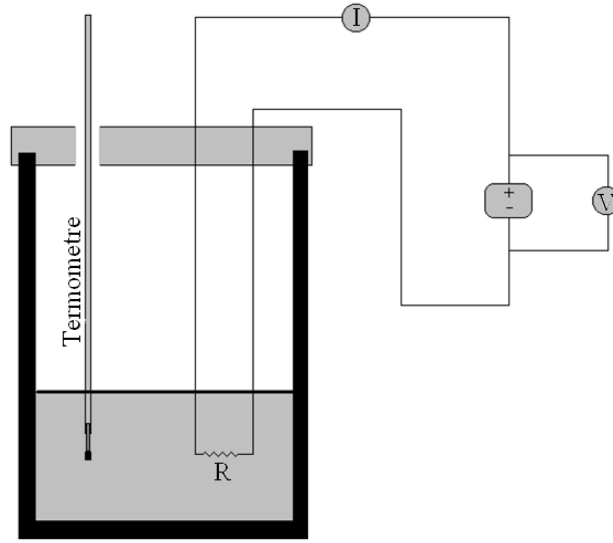
### **TEORİK BİLGİ**

Bu deneyde elektriksel enerjinin termal enerjiye dönüşümünü inceleyeceğiz. Enerjinin korunumu yasasını kullanarak bir nesne üzerinde yapılan iş ile nesnenin iç enerjisindeki artış arasındaki ilişkiyi anlamaya çalışacağız.

James Joule 1940 larda bir seri deneyle mekanik, elektriksel ve termal enerjinin birbirine dönüştüğünü ve bunların aynı niceliğin (enerji) farklı formları olduğunu gösterdi. Ancak tarihsel nedenlerle termal enerji birimi, elektriksel ve mekanik enerji birimlerinden farklıdır. Isı enerjisi kalorik yöntemlerle ölçüldüğü için kalori (cal) birimi ile ölçülürken mekanik ve elektriksel enerji birimi joule'dür. Bu nicelikler, enerjinin farklı formları olmasına rağmen birimlerindeki farklılık nedeniyle aralarındaki ilişki açık değildir. Bu nedenle ısı ve mekanik ya da elektriksel enerji, dolayısıyla cal ve joule birimleri arasında sayısal bir ilişkiye ihtiyaç vardır. Bu ilişki, üzerinde çalışılan deneye bağlı olarak ısıнын mekanik ya da elektriksel eşdeğeri olarak adlandırılır. Bir sistem üzerinde harcanan enerjinin oluşan ısıya oranı sabittir. Bu sabit değer ısıнын eşdeğeri olarak bilinir ve sayısal değeri  $J=4,18$  joule/cal'dir.



## DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 6.1 Kalorimetre kabı

1. Kalorimetre kabının kütlesini ( $m_{\text{kap}}$ ) kapağıyla birlikte ölçün.
2. Kalorimetre kabını işaretli yere kadar su ile doldurun ve tekrar tartarak kap ve suyun toplam kütlesini ( $m_{\text{kap}}+m_{\text{su}}$ ) belirleyin. Ölçtüğünüz iki değer farkını alarak suyun kütlesini ( $m_{\text{su}}$ ) not ediniz.
3. Elektrik devresini şekilde belirtildiği gibi kurunuz ve güç kaynağını 8 volt'a ayarlayın.
4. Güç kaynağını açmadan önce suyun sıcaklığını termometre ile ölçün (Termometreyi suya daldırın ve bir süre bekleddikten sonra termometre üzerindeki değeri okuyun. Eğer mümkünse okuma işlemini termometrenin ucu sudayken yapın. Çıkarmanız gerekiyorsa okuma işlemi sırasında termometrenin civa olan ucuna dokunmayın. Aksi takdirde termometre vücut ısıınızdan etkilenecektir).
5. Saatinize bakarak bir referans zamanı belirleyin ve güç kaynağını açın. Güç kaynağı 20 dk boyunca açık kalacaktır. Bu süre içinde devreden geçen akımı ( $I$ ) ve kalorimetre kabının uçları arasındaki potansiyel farkı ( $V$ ) ölçüp not edin.
6. Deney sonunda kalorimetre kabının içindeki suyu boşaltmayı unutmayın.

Suyun kütlesi ( $m_{\text{su}}$ )	
Suyun başlangıç sıcaklığı ( $T_i$ )	
Suyun son sıcaklığı ( $T_s$ )	
Güç kaynağının açık kaldığı süre ( $t$ )	
Kalorimetre kabının uçları arasındaki potansiyel fark ( $V$ )	
Devreden geçen akım ( $I$ )	

## Elektrik Enerjisini Hesaplama (E)

Rezistans tarafından yayılan enerji, E;

$$E = Pt \quad 6.1$$

formülü ile verilir. Burada t, akımın rezistans üzerinden geçtiği süredir ve güç;

$$P = IV \quad 6.2$$

formülüyle hesaplanır. I, rezistans üzerinden geçen akım ve V, rezistansın uçları arasındaki potansiyel farktır. Böylece harcanan elektrik enerjisi;

$$E = VIt \quad 6.4$$

olarak elde edilir.

## Suya Aktarılan Isı Miktarının Hesaplanması (Q)

Elde edilen ısı miktarı,

$$Q = mc\Delta T = mc(T_s - T_i) \quad 6.5$$

formülüyle hesaplanabilir. Ancak deney sırasında suyla beraber kalorimetre kabı da ısınmaktadır. Formülü buna göre tekrar düzenlersek;

$$Q = m_{su} c_{su} \Delta T + m_{kk} c_{kk} \Delta T \quad 6.6$$

$$Q = (m_{su} c_{su} + m_{kk} c_{kk}) \Delta T \quad 6.7$$

$$Q = c_{su} \left( m_{su} + m_{kk} \frac{c_{kk}}{c_{su}} \right) \Delta T \quad 6.8$$

$$Q = c_{su} (m_{su} + W) \Delta T \quad 6.9$$

ifadesini elde ederiz. Burada W, kalorimetre kabının su cinsinden değeri olarak adlandırılan bir niceliktir ( $m_{kk}$  ve  $c_{kk}$ , sırasıyla kalorimetre kabının kütlesi ve öz ısısıdır).

## Isının Elektriksel Eşdeğerinin Hesaplanması (J)

Isının elektriksel eşdeğeri J, elektrik enerjisi ile üretilen ısının oranına eşittir. Yani;

$$J = \frac{E}{Q} \quad 6.10$$

olmalıdır.

Rezistansa verilen elektrik enerjisi,  $E = VIt = \dots\dots\dots$

Elde edilen ısı,  $Q = c_{su} (m_{su} + W) \Delta T = \dots\dots\dots$

Isının mekanik eşdeğeri,  $J = \frac{E}{Q} = \dots\dots\dots$

Kalorimetre kabının su cinsinden değeri,  $W=120$  gr ve suyun öz ısısı,  $c=1$  cal/g °C

## SORULAR

1. Deneyin yapılışı sırasında, sıcaklığını ölçeceğimiz materyal için başlangıç ve final sıcaklık değerlerinin seçimi önemlidir. Başlangıç ve bitiş sıcaklığının oda sıcaklığına göre simetrik değerlerde seçilmesi (örneğin oda sıcaklığını  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  kabul edersek  $T_i=10\text{ }^{\circ}\text{C}$  iken  $T_s=30\text{ }^{\circ}\text{C}$  olmalıdır) deneyin daha doğru sonuçlar vermesini sağlar. Bunun nedeni ne olabilir?
2. Isı ve sıcaklık kavramlarını açıklayınız.
3. Bu deneyin enerjinin korunumu yasası ile ilişkisini anlatınız.
4. Termodinamik yasalarını açıklayınız ve bu deneyle ilişkisini anlatınız.
5. Deney sırasında suyu karıştırmanın faydası nedir?

## DENEY 7

### DENEYİN ADI

### KİRCHHOFF KURALLARI

#### DENEYİN AMACI

Kirchhoff Kurallarını test etmek.

#### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

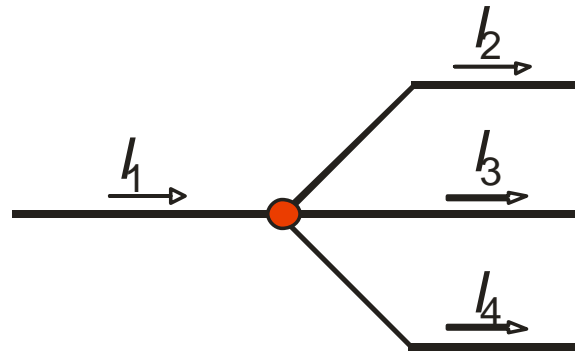
DC güç kaynağı, temel elektrik seti, multimetre, bağlantı kabloları, pil, milimetrik grafik kağıdı.

#### TEORİK BİLGİ

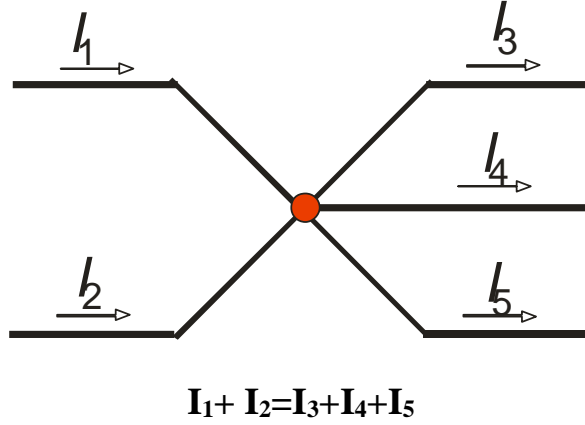
Bazı elektrik devrelerinde, devreyi basit bir devreye dönüştürmek kolay olmayabilir. Hatta bazı devrelerde, devre kolları öyle karışıktır ve devrede birden fazla üreteç vardır ki bu durumda akımın yönüne bile karar veremeyebiliriz. Bu tür başa çıkmakta zorlandığımız devreler için Kirchhoff Kurallarını uygularız. Kirchhoff Kuralları ile akımın yönünü bilmemize gerek yoktur. Şimdi bu kuralları inceleyelim:

#### Kirchhoff Kuralları:

1. Düğüm noktası kuralı: Kapalı herhangi bir elektrik devresinde, herhangi bir noktaya gelen akımların toplamı o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.

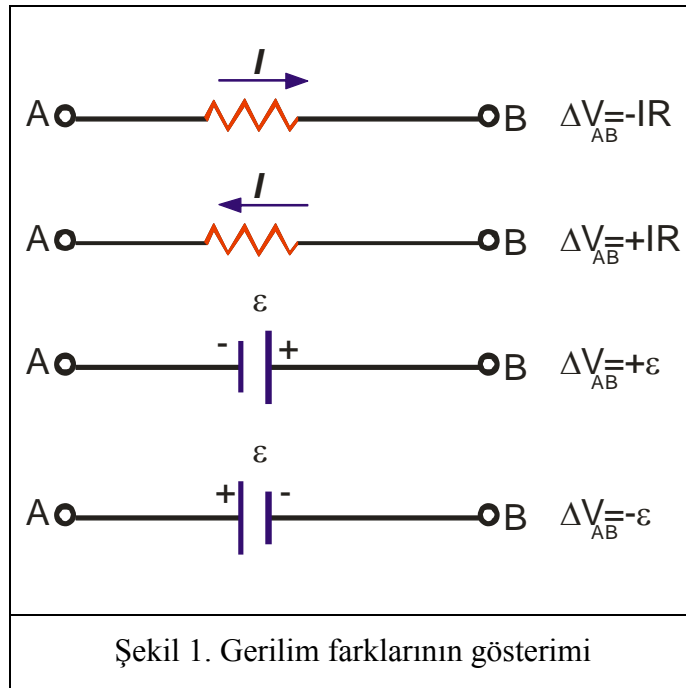


$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$



2. Halka kuralı: Tüm elektrik devrelerinde; kapalı bir halka üzerinde herhangi bir noktadan başlayıp kapalı halkayı herhangi bir yönde takip ederek tekrar başladığımız noktaya geldiğimiz zaman devre elemanlarının uçları arasındaki gerilim farklarının toplamı sıfır olur.

Bu ikinci kuralı uygulayabilmek için dikkat etmemiz gereken bazı önemli noktalar vardır:



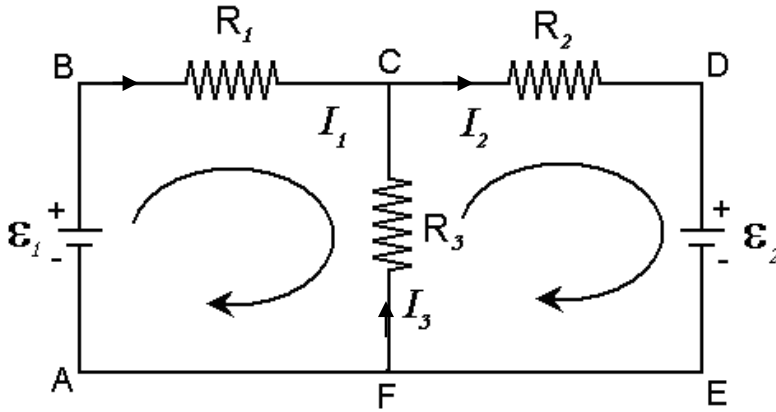
Yükler, direncin yüksek potansiyelli ucundan düşük potansiyelli ucuna hareket ettiği için bir direnç akım yönünde geçiliyorsa, direncin uçları arasındaki potansiyel değişimi –

IR'dir. Direnç akımla ters yönde geçiliyorsa, direncin uçları arasındaki potansiyel farkı +IR'dir.

Bir emk kaynağı, emk yönünde (- uçtan + uca doğru) geçiliyorsa, potansiyel değişimi + $\mathcal{E}$ 'dir. Bir emk kaynağı (iç direnci sıfır farzediliyor), emk'nın ters yönünde (+ uçtan - uca doğru) geçiliyorsa, potansiyel değişimi - $\mathcal{E}$ 'dir.

Şekildeki gibi bir devreyi inceleyelim. Bu devrede akım yönlerine karar veremediğimizi düşünelim. O zaman, akım için her hangi bir yön seçelim ve o yönde devre elemanlarının uçları arasındaki gerilim farklarını toplayarak devam edelim.

Örneğin; aşağıda verilen devrede ABCF halkasını inceleyelim.



**ABCF:** Gösterilen yönde akım aktığını varsayalım ve o yönde kuralı uygulayalım:

$$\mathcal{E}_1 - I_1 R_1 + I_3 R_3 = 0$$

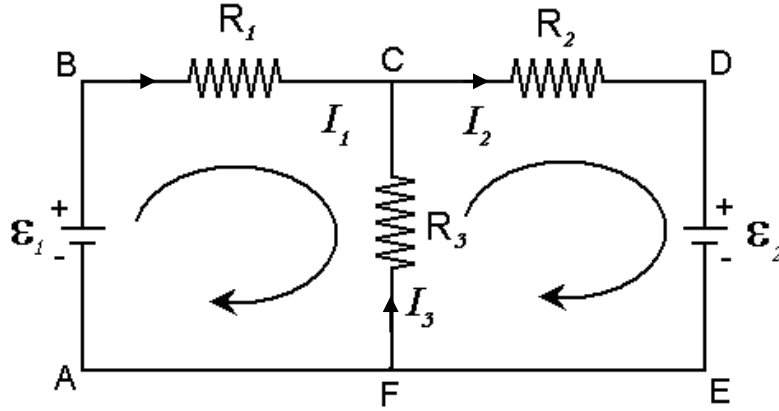
**DEFC:** Gösterilen yönde akım aktığını varsayalım ve o yönde kuralı uygulayalım:

$$-\mathcal{E}_2 - I_3 R_3 - I_2 R_2 = 0$$

Seçtiğimiz yönlerdeki akım şiddetlerinin 1. kurala göre yazarsak  $I_1 + I_3 = I_2$  denklemini elde ederiz. Bu üç denklemi kullanarak üç bilinmeyenli üç denklemi çözdüğümüz zaman tek tek tüm akımları bulabiliriz. Eğer bu sonuçlara göre akımlar - işaretli çıkarsa bunun anlamı; o akım seçtiğimiz yönün ters yönünde akmaktadır.

## DENEYİN YAPILIŞI

1. Aşağıda verilen devreyi Temel Elektrik Setinde kurun.



2. Kurduğunuz devrede, ampermetre yardımıyla her bir koldaki akımları ölçerek kaydediniz.

3. Her bir devre elemanının uçları arasındaki gerilim farkını ölçerek kaydediniz.

$\varepsilon(emk)$ (V)		
$\varepsilon_1$		
$\varepsilon_2$		
$R$ ( $\Omega$ )	$I_{deneysel}$ (A)	$V_{deneysel}$ (V)
$R_1 =$	$I_1 =$	$V_1 =$
$R_2 =$	$I_2 =$	$V_2 =$
$R_3 =$	$I_3 =$	$V_3 =$

## VERİ ANALİZİ

1. Denede elde ettiğiniz akım değerleri ile Kirchooff' un düğüm noktası kuralını doğrulayınız.
2. Kirchooff' un halka kuralını kullanarak her bir direnç üzerindeki akımların teorik değerlerini bulunuz. Ölçmüş olduğunuz deneysel akım değerleri ile elde ettiğiniz teorik değerleri karşılaştırarak yüzde hata hesabı yapınız.
3. Ohm kanununu kullanarak her bir direnç üzerindeki potansiyel farkların teorik değerlerini bulunuz. Ölçmüş olduğunuz deneysel potansiyel fark değerleri ile elde ettiğiniz teorik değerleri karşılaştırarak yüzde hata hesabı yapınız.

## DENEY 8

### DENEYİN ADI

### MANYETİK İNDÜKSİYON

#### DENEYİN AMACI

1. RL devresinde bobin üzerinden geçen akımı ölçüp bunu teorik olarak kıyaslamak.
2. İki bobinden oluşan devrede birincil bobinin ikincil bobin üzerinde oluşturduğu indüklenmiş emk`yi (elektromotor kuvveti) gözlemleyip teorik olarak kıyaslamak.

#### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Sinyal jeneratörü, osiloskop, güç yükselteci, bobinler, bağlantı kabloları, multimetre

#### TEORİK BİLGİ

Manyetik alanın değiştirilmesiyle yüzeyde bir elektrik akımının oluştuğu gözlenmiştir. Bu deneyler sonucunda, Faraday'ın İndüksiyon Kanunu olarak bilinen ve elektro-manyetizmanın çok önemli ve temel bir kanun oluşturulmuş oldu.

Manyetik akı, birim yüzeyden geçen manyetik miktarı olarak açıklanır. Eğer manyetik alanın geçtiği yüzeyin alanı  $A$  ve manyetik alan vektörüne  $\vec{B}$  dersek, manyetik akıyı

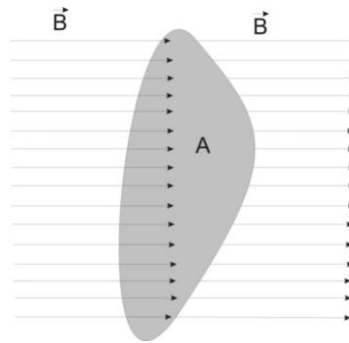
$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad 8.1$$

şeklinde tanımlarız. Burada  $\phi$  manyetik akıyı temsil eder.

Bir bobin içinde oluşan akı homojen olacağından yukarıdaki bağıntıyı

$$\phi(t) = B(t) \cdot A$$

şeklinde tanımlayabiliriz.



Şekil 1. Bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgiler



Faraday Kanununa göre, eğer manyetik akıyı zamanla değiştirecek olursak, elektrik akımı oluşturmuş oluruz. Yani, bu yüzeye bir devre bağlarsak ve manyetik akıyı zamanla değiştirirsek, bu devrede indüklenmiş bir gerilimin oluşmasına sebep olur.

$$U = - \frac{d\phi}{dt} \quad 8.2$$

Eğer elimizde 2 adet bobin varsa ve birincil bobin içerisinde bulunan ikincil bobinde manyetik indükleme yardımı ile gerilim meydana getirecekse (1 a) ve (2) bağıntılarını kullanarak ikincil bobin üzerinde oluşan gerilimi

$$U(t) = -n \cdot A \frac{dB}{dt} \quad 8.2 a$$

şeklinde tanımlayabiliriz. Burada U(t); oluşan gerilim, n; ikincil bobindeki tel sarım sayısı, A ise ikincil bobinin kesit alanıdır.

Birim alandan geçen akım yoğunluğuna  $\vec{J}$  diyecek olursak, herhangi bir yüzeyden geçen toplam akım miktarı;

$$I = \int \vec{J} \cdot d\vec{a} \quad 8.3$$

şeklinde tanımlanır.

Maxwell'in birinci denklemine göre,

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \quad 8.4$$

Burada  $\mu_0$ , manyetik alan sabitidir ve değeri  $\mu_0 = 1.2610^{-6} \text{ V.s/A.m}$  dir.

Bu ifadenin tüm yüzey alanı üzerinden integralini alacak olursak,

$$\int \vec{\nabla} \times \vec{B} \cdot d\vec{A} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad 8.5$$

bulmuş oluruz.

Bu ifadeye Stoke teoremini uygularsak,

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad 8.6$$

Burada eşitlik 3 'ü yerine koyarsak

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I \quad 8.7$$

elde etmiş oluruz.

Eğer bu işlemi n sarımlı bir bobinde uygulayacak olursak,

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{s} = n \mu_0 I \quad 8.8$$

$$B = \frac{n\mu_0 I}{l} \quad 8.9$$

elde etmiş oluruz. Burada  $l$  birincil bobinin boyudur.

Eğer elimizde iki farklı bobinimiz varsa, birinci bobinin içinden geçen akımın oluşturduğu manyetik alan ikinci bobinde indüklenmiş bir gerilim oluşturacaktır. Birincil bobinden zamana bağlı olarak değişen

$$I = I_0 \sin \omega t \quad 8.10$$

alternatif akımı geçirecek olursak,  $n_2$  sarımlı ikincil bobinde indüklenen gerilim; ( 2 a ) , ( 9 ) ve ( 10 ) bağıntılarını kullanarak

$$U = -\mu_0 \omega n_2 A \frac{n}{l} I_0 \cos(\omega t) \quad 8.11$$

olur ve etkili değerler için  $\mu_0$ ;

$$\mu_0 = \frac{U}{I_{eff}} \frac{1}{N_2} \frac{1}{\omega} \frac{1}{A} \frac{l}{N_1} \quad 8.12$$

şeklinde bulunur.

Burada

**U**: ikincil bobin üzerinde oluşan gerilim

**I<sub>eff</sub>** : birincil bobin üzerine sürülen akım

**N<sub>1</sub>** : birincil bobinin sarım sayısı

**N<sub>2</sub>** : ikincil bobin sarım sayısı

**w** :  $2\pi f$  verilen akımın frekansı

**A** : ikincil bobin alan kesiti

**l** : birincil bobin uzunluğudur.

Deney setinde kullanılan birincil bobinin sahip olduğu bir indüktans ve iç direnç vardır. Devrede akım dolaşmasına sebep olan direnç, bu indüktanstan ve iç dirençten kaynaklanır. Fakat devrede alternatif akım dolaştığından bahsedilen toplam direnç, devrenin empedansı olarak adlandırılır. Birincil bobinin indüktans değeri 0,9 mH, iç direnci 0.3  $\Omega$  dur. Birincil bobinin indüktansından dolayı sahip olduğu direnç;

$$X_L = \omega L \quad 8.13$$

şeklinde hesaplanır. Devrenin sahip olduğu empedans;

$$Z = X_L + R$$

8.14

dır. Bobinin iç direnci çok düşük olduğundan ve frekansa bağlı olarak değişmediğinden ihmal edilebilir.

Osiloskoptan gözlenen gerilimin tepeden tepeye değeri etkin gerilimidir. Rahat işlem yapabilmek için bunun ortalama gerilime dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem;

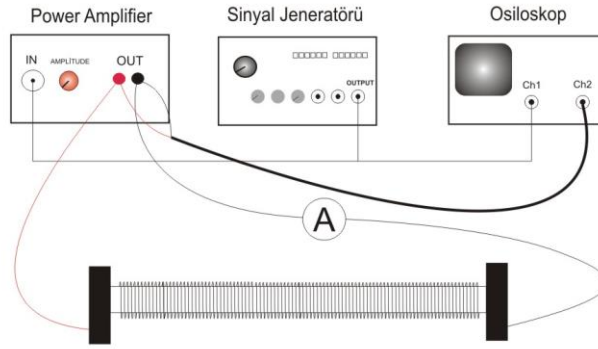
$$V_{ort} = \frac{V_{t-t}}{2\sqrt{2}} \quad 8.15$$

şeklinde yapılabilir. Ortalama gerilim değeri ve evrenin empedansı biliniyorsa devreden geçmesi gereken akım değeri, *Ohm Yasası* yardımıyla teorik olarak hesaplanabilir. Ohm yasası;

$$I = \frac{V_{ort}}{R_T} \quad 8.16$$

## DENEYİN YAPILIŞI

### A) Bölüm1: Bobin Üzerinden Geçen Akımın Ölçülmesi



Şekil 1 Birincil bobin üzerinden geçen akım ölçülmesi amaçlı kurulan devrenin şeması

1. Devre bağlantılarını şekil 1'de görüldüğü gibi yapın.
2. Bağlantıları tamamladıktan sonra sinyal jeneratörünü açın ve üzerindeki ayar tuşlarından yararlanarak sinyal jeneratöründen sinüzoidal dalganın gelmesini sağlayın.
3. Osiloskopu açın. Yukarıda kurulan devrede osiloskopun 1. kanalı giriş gerilimini, 2. kanalı ise bobine giden çıkış gerilimini ölçmektedir.
4. Güç yükselticisini açmadan önce genlik ayarını kullanarak en kısığa getirin, daha sonra güç yükselticisini açın.
5. Güç yükselticisinden multimetreye gelen ucu 20mA girişine ve bobine gidecek olan ucu ise multimetrenin COM girişine bağlayın. Multimetrenin skalasını AC-20mA değerine getirin. Daha sonra multimetreyi açın.
6. Güç yükselticisinin genlik ayarından, 500 Hz frekansında giriş geriliminin tepeden tepeye değerini osiloskopun 2. kanalından takip ederek 25V'a ayarlayın.

7. Bu frekans ve tepeden tepeye gerilim değerinde bobinden geçen akımı multimetreden okuyun.
8. Sinyal jeneratörünün üzerindeki ayarlardan faydalanarak, sinyal jeneratöründen çıkan gerilimin frekansını sırası ile 20-200 Hz, 0.2-2 kHz ve 2-20 kHz aralıklarına ayarlayarak bobin üzerinden geçen akımı multimetreden okuyun.
9. Frekanstaki değişim, sistemin empedansını değiştireceğinden güç yükselticisinden çıkan gerilimin değişmesine neden olacaktır. Her frekans değişiminde çıkış geriliminin 25 V olduğundan emin olun. 25 V değil ise güç yükselticisi üzerindeki genlik ayarından 25 V'a ayarlayın.
10. Teorik olarak hesaplanan akım değeri ile multimetreden okunan akım değerini karşılaştırın. Fark varsa bunun neden kaynaklanabileceğini yorumlayın ve her frekans için hata hesabı yapın.

### Veriler

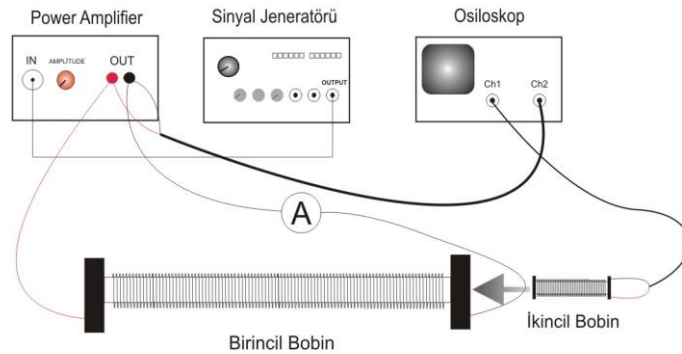
Güç yükselticisi giriş gerilimi  $V_{G_{t-t}} = \dots\dots\dots$

Güç yükselticisi çıkış gerilimi  $V_{C_{t-t}} = \dots\dots\dots$

Birincil bobin: R= $\dots\dots\dots$  L= $\dots\dots\dots$  C= $\dots\dots\dots$

Frekans (Hz)	Akım şiddeti (A)
500	
750	
1000	
1250	
1500	

### B) Bölüm 2: İkincil Bobin Üzerinde İndüklenen Gerilimin Ölçülmesi



**Şekil 2** Birincil bobine uygulanan gerilim farklı gerilim değerleri için ikincil bobinde oluşan indüksiyon geriliminin ölçülmesi devresi

1. Devreyi şekil 2'deki gibi bağlayın.
2. Bağlantıları tamamladıktan sonra sinyal jeneratörünü açın.
3. Osiloskop ve güç yükselticisini açtıktan sonra sinyal jeneratörünün üzerindeki ayarlardan faydalanarak, sinyal jeneratöründen çıkan gerilimin frekansını 0.2-2 kHz aralığına ayarlayın.
4. Osiloskopun 1. kanalı, ikinci bobinde indüklenen gerilimi ve 2. kanalı, güç yükselticisinden çıkıp birincil bobine giden gerilimi göstermektedir.
5. İkincil bobini, birincil bobinin içine şekildeki gibi yerleştirin.
6. Güç yükselticisi üzerindeki genlik ayarını kullanarak birincil bobine uygulanan gerilimi belli bir V değerine getirin (maksimum 200 mV).
7. İkincil bobin üzerinde indüklenen gerilimi okuyun ve manyetik alan sabitini hesaplayın.
8. Aynı işlemi farklı sarımlı bobinler için tekrarlayınız.

### Veriler

Sarım Sayısı ( $N_2$ ):    75                      150                      300

$U =$ ..... .                      .....                      .....

$A (= \pi r^2) =$ ..... .                      .....                      .....

$I =$ ..... .                      .....                      .....

$N_1 / l =$ .....

$w =$ .....

$\mu_0$  (hesaplanan) =.....

Hata Hesabı(%) =.....

### SORULAR

1. Manyetik akı nedir?
2. Tek sarımlı dairesel bir tel halka içerisindeki  $100 \text{ T.m}^2$ 'lik manyetik akı 2 ms içerisinde sıfıra iniyor. Bu durumda halkada oluşacak olan potansiyel miktarı kaç volt olur?
3. Lenz yasası nedir? Açıklayınız.

## DENEY 9

### DENEYİN ADI

### BİR BOBİNİN MANYETİK ALANI

### DENEYİN AMACI

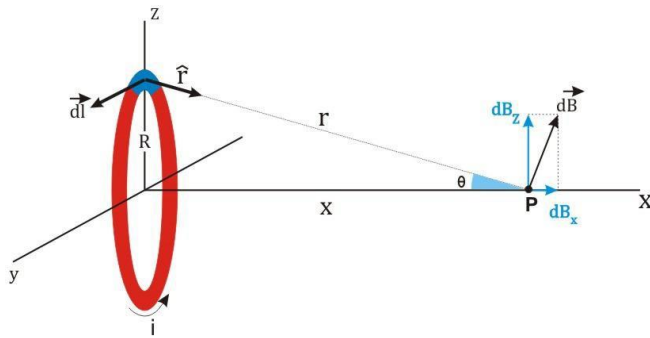
Bir tel halkasının manyetik alanını ölçerek Biot-Savart kanununu deneysel olarak doğrulamak ve bobinde meydana gelen manyetik alanı incelemek.

### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Doğru Akım kaynağı, Gaussmetre, Farklı boyda ve farklı sarımlı bobinler, Farklı yarıçaplı ve 1, 2, 3, 4 sarımlı teller, Bağlantı kabloları, Cetvelli ray, Tutacaklar.

### TEORİK BİLGİ

Oersted, 1819 yılında akım taşıyan bir iletkenin bir pusula iğnesini saptırıldığını keşfetti. Bunun anlamı akım taşıyan bir iletken tel çevresinde bir manyetik alan oluşturmasıydı. Bu keşiften kısa bir süre sonra, Jean Baptiste Biot ve Felix Savart kararlı akım taşıyan bir iletkenin bir mıknatıs üzerinde kuvvet oluşturduğunu gördüler. Biot ve Savart deneysel sonuçlardan yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, bu alanı oluşturan akım cinsinden veren ifadeyi buldular. Bu yasanın matematiksel olarak elde edilmesini, Şekil 9.1'i kullanarak inceleyelim.



Şekil 9.1 İletken bir telden geçen sabit akımın uzaydaki bir P noktasında oluşturduğu manyetik alan

Üzerinden  $i$  akımı geçen tel üzerindeki  $d\vec{l}$  elemanından eksen üzerindeki ölçüm noktasına uzanan vektör  $\vec{r}$  ise, o noktadaki manyetik alan şiddeti  $d\vec{H}$  her iki vektöre de dik olup aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$d\vec{H} = \frac{i}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad 9.1$$

Şekildeki  $d\vec{l}$  vektörü sayfa düzlemine dik,  $\vec{r}$  ve  $d\vec{H}$  vektörleri ise sayfa düzleminindedir. Budurumda tüm çembersel iletken üzerinden integral alınır;

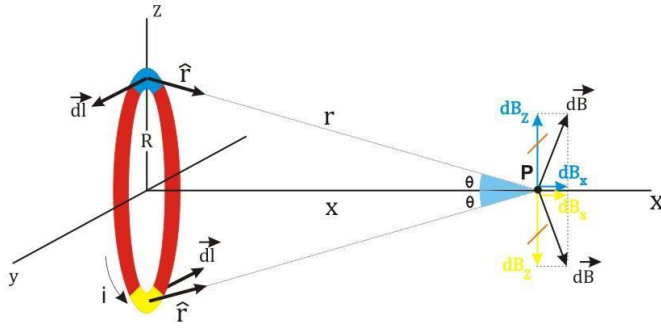
$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad 9.2$$

$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{R \sin \theta d\theta}{r^2} \quad 9.3$$

$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{R^2 d\theta}{r^3} = \frac{i}{4\pi} \frac{R^2 2\pi}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.4$$

$$H = \frac{i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.5$$

Ölçüm noktasındaki (P noktası) manyetik alan vektörü  $d\vec{H}$ , biri z-ekseni doğrultusunda ( $dH_z$ ), diğeri ise x-ekseni doğrultusunda ( $dH_x$ ) olmak üzere iki bileşene ayrılabilir. İletken tel üzerindeki tüm  $d\vec{l}$  elemanlarından kaynaklanan bütün x-ekseni bileşenleri aynı yönde olduklarından birbirlerine eklenirler. Fakat bütün iletken tel üzerindeki  $d\vec{l}$  elemanlarının yarattığı manyetik alanların z-ekseni bileşenleri ters yönlü olduğundan birbirlerini yok ederler (Şekil 9.2).



**Şekil 9.2** İletken tel üzerinden geçen sabit akımın uzaydaki bir P noktasındaki manyetik alan bileşenleri ve net manyetik alan vektörünün yönü

Manyetik alan ( $\vec{B}$ ) ile manyetik alan şiddeti ( $\vec{H}$ ) arasında,

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} \quad 9.6$$

ilişkisi vardır.  $\mu_r = 1.000004$  olduğundan ihmal edilebilir. Denklem 9.5'i, 9.6'yı kullanarak yazacak olursak, P noktasında oluşan manyetik alan büyüklüğü;

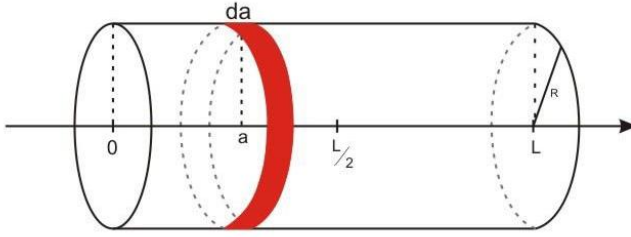
$$B = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 9.7$$

şeklinde bulunur.

Sonuç olarak,  $R$  yarıçaplı  $N$  adet iletken tel çemberden  $i$  akımı geçtiğinde çemberin eksenini boyunca ve merkezden  $x$  uzaklığında oluşan manyetik akı yoğunluğu aşağıdaki denklemlerle verilir:

$$B(x) = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{[x^2 + R^2]^{3/2}} \quad 9.8$$

Uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar büyük ve  $L$  olan  $N$  sarımlı bir bobinin eksenini boyunca manyetik akının karakteristiği sonsuz küçük sayıda ve uzunlukta bobinlerden oluştuğu varsayılarak elde edilir (Şekil 3).



Şekil 9.3 Uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar uzun ve  $L$  olan  $N$  sarımlı bobin

Orijinden belli bir uzaklıktaki bir bobinin kesiti, sonsuz küçüklükte bir manyetik alan verir:

$$dB(x) = \frac{1}{2} \frac{N}{L} \mu_0 i \frac{R^2}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} da \quad 9.9$$

Burada  $Nda/L$ ;  $da$  kalınlıklı bobin kesitindeki sarım sayısıdır. Toplam manyetik alan  $a$  üzerinden integral alınarak bulunur:

$$B(x) = \frac{\mu_0 i N R^2}{2L} \int_0^L \frac{da}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} \quad 9.10$$

İntegralin çözümünden toplam manyetik alan;

$$B(x) = \frac{\mu_0 i N}{2L} \left[ \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{x - L}{\sqrt{R^2 + (x - L)^2}} \right] \quad 9.11$$

şeklinde bulunmuş olur. Uzun, ince bobinin ( $R \ll L$ ) merkezine yakın bir noktada ( $x = \frac{L}{2}$ ) manyetik alanın büyüklüğü Denklem 9.11'den şöyle bulunur:



$$B_{merkez} = \mu_0 i \frac{N}{L} \quad 9.12$$

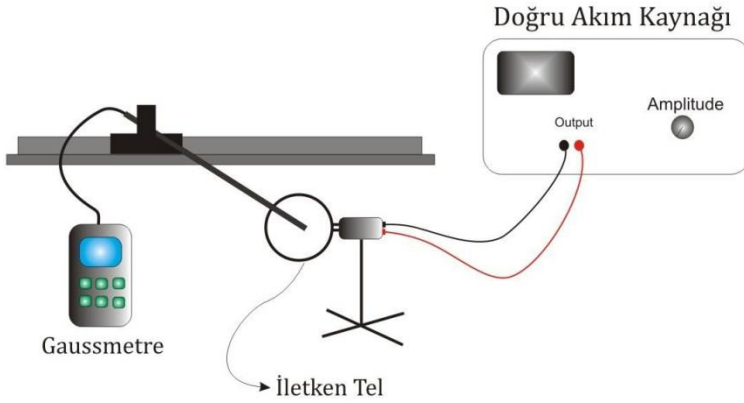
Bobinin merkezindeki manyetik alanın büyüklüğü bu iken bobinin uçlarındaki ( $x = L$ ) manyetik alanın büyüklüğü bu değerin yarısı kadardır.

$$B_{uç} = \frac{1}{2} \mu_0 i \frac{N}{L} \quad 9.13$$

## DENEYİN YAPILIŞI

Deneyimiz iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci olarak farklı sarımlı ve yarıçaplı tellerin üzerinden, sabit değerli bir doğru akım geçirildiğinde yuvarlak telin merkezinde oluşan manyetik alan büyüklüğünden  $\mu_0$  manyetik alan sabitinin bulunmasıdır.

Bunun için öncelikle şekil 9.4'teki devreyi kurunuz.



Şekil 9.4 İletken telin oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesi devresi

### I) Dairesel tel üzerinden geçen manyetik alanın ölçülmesi

1. Devre kurulduktan sonra öncelikle 6 cm yarıçaplı dairesel tellerden 1 sarımlı olanı yerleştirin.
2. Doğru akım kaynağını açın (Açmadan önce genlik (amplitude) ayarının en düşüğe olduğundan emin olun).
3. Doğru akım kaynağı üzerindeki amplitude ayarını kullanarak 5 A'ya ayarlayın.
4. Gaussmetre'yi açın.
5. Gauss-militesla ayarından (G/mT) gauss skalasına geçin (Bunun yapılmasının sebebi gausun daha hassas olmasıdır. Çünkü  $10000G=1T$ )

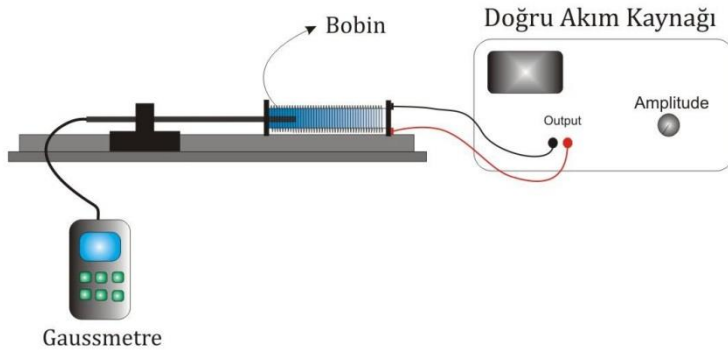
6. Gaussmetre üzerindeki “RANGE” tuşunu kullanarak skalayı virgülden sonra 1/10 hassasiyete getirin.
7. Gaussmetrenin probunun ucunun, kullanılan dairesel telin merkezinde olmasına dikkat edin.
8. Okunan manyetik alan değerini kaydedin.
9. Aynı işlemi sırasıyla 2, 3, 4 sarımlı dairesel teller için tekrarlayın.
10. Okunan manyetik alan değerlerine karşı sarım sayısı grafiğini çizin.
11. Grafiğinin eğiminden Denklem 9.8’i kullanarak  $\mu_0$  manyetik alan sabitini hesaplayın (okuduğunuz manyetik alan değerini SI birimi olan tesla’ya çevirmeyi unutmayın).
12. Manyetik alan sabitini kuramsal değeriyle karşılaştırarak, % hata hesabı yapın.
13. Aynı işlemleri farklı yarıçaplı iletken teller için tekrarlayın.

$\mu_0$ (kuramsal) = _____						
R (cm)	Sarım Sayısı	1	2	3	4	$\mu_0$ (deneysel)
	Manyetik Alan, B (G)					
	Manyetik Alan, B (T)					
	Manyetik Alan, B (G)					
	Manyetik Alan, B (T)					
	Manyetik Alan, B (G)					
	Manyetik Alan, B (T)					

## II) Bir bobinin içinde oluşan manyetik alanın ölçülmesi

1. Şekil 9.5’teki devreyi kurun.
2. Doğru akım kaynağını açın (Açmadan önce genlik (amplitude) ayarının en düşüğe olduğundan emin olun).
3. Doğru akım kaynağı üzerindeki amplitude ayarını kullanarak 5 A’ya ayarlayın.
4. Gaussmetre’yi açın.
5. Gauss-militesla ayarından (Gs/mT) gauss skalasına geçin (Bunun yapılmasının sebebi gaussun daha hassas olmasıdır. Çünkü 10000G=1T)
6. Gaussmetre üzerindeki “RANGE” tuşunu kullanarak skalayı virgülden sonra 1/10 hassasiyete getirin.

7. Gaussmetrenin probunun ucunu bobinin tam ucuna yerleştirin (Probun ucunun bobinin kesit alanının tam merkezinde olmasına dikkat edin).
8. Probu raya bağlayan parçanın bir noktasını referans alarak yavaş hareketlerle bobinin içine doğru hareket ettirin.
9. 1 cm aralıklarla Gaussmetreden okunan manyetik alan değerlerini not edin.
10. Bobinin tam ortasında ( $x = L/2$ ) okunan manyetik alan değerini yorumlayın.
11.  $x = L/2$  iken okunan manyetik alan ile Denklem 9.11'i kullanarak hesaplayacağımız manyetik alan değerini karşılaştırın (Okuduğunuz manyetik alan değerini SI birimi olan "tesla"ya çevirmeyi unutmayın).
12. Aynı işlemleri farklı sarımlı fakat aynı boy ve yarıçaplı bobinler için tekrarlayın.



Şekil 9.5 Bir bobinin oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesi devresi

Sarım Sayısı N	Bobin Boyu L (m)	Bobin Yarıçapı R(m)	Manyetik Alan, B(G)		Manyetik Alan, B(T)	
			Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan

### SORULAR

1. Bobinin ucundan başlayarak gauss metrenin probu içeri doğru hareket ettirildiğinde okunan manyetik alan büyüklükleri nasıl değişiyor?
2. Bu değişimin sebebini yorumlayınız.
3. Dairesel tellerde oluşan manyetik alan büyüklükleri neden bobinlerin yarattığı manyetik alandan küçüktür?

## **DENEY 10**

### **DENEYİN ADI**

### **TRANSFORMATÖR**

### **DENEYİN AMACI**

- 1) Transformatörün yapısının incelenmesi ve kullanım alanlarının öğrenilmesi.
- 2) Transformatörün giriş ve çıkış geriliminin gözlenmesi

### **DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR**

DC/AC Güç Kaynağı, Farklı sarımlı bobinler, Multimetre, Trafo paneli, Bağlantı kabloları, Anahtar kutusu.

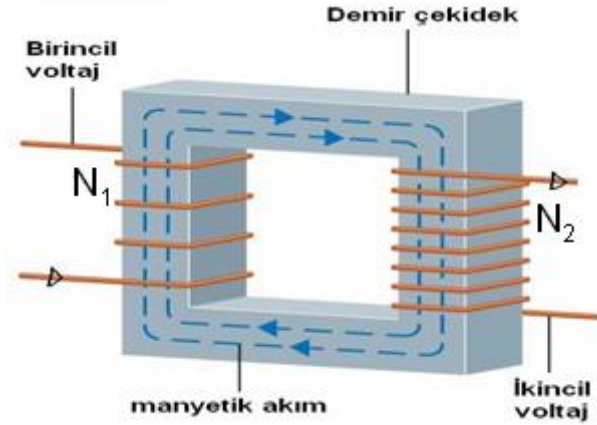
### **TEORİK BİLGİ**

Alternatif akım üreten elektrik santralleri genellikle baraj ve akarsuların bulunduğu yerlere inşa edilir. Üretilen bu enerjinin kilometrelerce uzaklıktaki kullanım yerlerine iletilmesi gerekir. Ancak elektrik iletimi esnasında en az kayıp sağlamak için, tellerdeki  $i^2R$  ısınma enerjisinin az olması istenir. Elektrik enerjisinin en ucuz ve en az kayıpla iletilmesini sağlayan aletler transformatörlerdir.

**Transformatör**, genel olarak iki veya daha fazla elektrik devresini elektromanyetik indüksiyonla birbirine bağlayan bir elektrik aletidir. Bir elektrik devresinden diğer elektrik devresine, enerjiyi elektromanyetik alan aracılığıyla nakleder. Genel olarak transformatörler bir elektrik devresinde voltaj veya akımı indirmek veya yükseltmek için kullanılır. Elektronikteyse esas olarak farklı devrelerdeki yükselticileri birleştirmek, doğru akım dalgalarını daha yüksek bir değerdeki alternatif akıma çevirmek ve sadece belirli frekansları iletmek için kullanılır. Örneğin, elektrik enerjisi evlerimize 220 Volt olarak dağıtılmaktadır. Fakat evlerimizde kullandığımız birçok elektronik alet daha düşük gerilimlerde çalışmaktadır. Bu yüzden elektrik enerjisi daha düşük gerilimlere, bazen de daha yüksek gerilimlere dönüştürülmelidir. Bu işlemi transformatörler gerçekleştirir. Bu transformatörlerden biri Alternatif akım (ac) transformatörleridir.

Bir ac transformatöründe yüksek manyetik geçirgenliği olan manyetik bir çekirdek vardır. Çekirdekte değişen bir manyetik akım olmalı, birbirinden uygun aralıkta tutulan ve yalıtılmış çelik levhalardan yapılmalıdır. Demir çekirdeğin tek döküm olarak değil, ince levhalar şeklinde yapılması fazla ısınmayı önlemek içindir. En basit şekli ile ac

transformatörü, Şekil 10.1’ de görüldüğü gibi, yumuşak bir demir çekirdek etrafına sarılan iki tel bobinden oluşmaktadır. ac giriş voltajına bağlı olan ve  $N_1$  sarımdan oluşan sol taraftaki bobine birincil (primer) sargı;  $N_2$  sarımdan oluşan ve bir R yük direncine bağlanan sağdaki bobine ise ikincil (sekonder) sargı denir.



Şekil 10. 1. Bir transformatörün genel gösterimi

Aynı çekirdek üzerinde fakat birbirinden elektriksel olarak yalıtılmış iki bobinden biri olan,  $N_1$  sarımlı bobine bir gerilim uygulanırsa, bir manyetik alan yaratılmış olur. Birinci bobinin yakınına konulan ikinci bobin bu manyetik alandan etkilenir. Birinci bobine uygulanan gerilim eğer alternatif gerilim olursa oluşan manyetik alanın büyüklüğü ve yönü, alternatif gerilimin frekansına bağlı olarak değişir.

$$I = I_0 \sin \omega t \quad 10.1$$

ikinci bobinde indüklenmiş bir gerilim oluşmasına sebep olur. Oluşan bu indüklenmiş gerilimin sebebi manyetik akının zamana bağlı değişimidir ve 1830 ‘da Faraday tarafından bulunmuştur.

Eğer manyetik alanın geçtiği yüzeyin alanı A ve manyetik alan vektörüne  $\vec{B}$  dersek, manyetik akıyı;

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad 10.2$$

şeklinde tanımlarız.

Faraday Kanununa göre, eğer manyetik akıyı zamanla değiştirecek olursak, elektrik akımı oluşturmuş oluruz. Yani, bu yüzeye bir devre bağlarsak ve manyetik akıyı zamanla değiştirirsek, bu devrede indüklenmiş bir gerilimin oluşmasına sebep olur.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad 10.3$$

Demir çekirdeğin varlığı dolayısıyla, birincil ve ikincilin her sarımındaki,  $\Phi_B$  akıları hemen hemen aynı olduğundan, bu akı değiştiğinde her sarımda indüklenen emk' lar aynı ve denklem 10.3' deki gibidir. Bu nedenle  $N_2$  sarımlı ikincildeki indüklenme emk' sı yada  $V_2$  voltajı

$$V_2 = N_2 \varepsilon = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 10.4$$

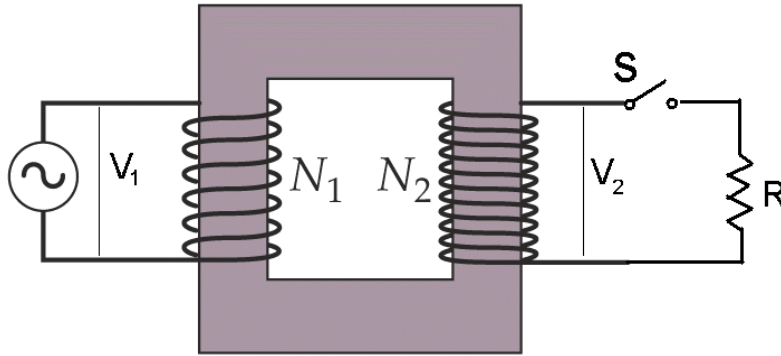
olur.  $N_1$  sarımlı birincildeki indüklenme emk' sı ya da  $V_1$  voltajı ise benzer şekilde,

$$V_1 = N_1 \varepsilon = -N_1 \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 10.5$$

olacaktır. Voltajların oranı alındığında,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad 10.6$$

elde edilir.



**Şekil 10. 2.** İdeal bir transformatör

Burada ikincil devrenin açık olduğu kabul edilmiştir, bu şartlar altında birincil sargı tümüyle indüktif özellik taşır. Çok küçük olan birincil akım, birincil potansiyel farkından  $90^\circ$  geridedir. Bu nedenle güç çarpanı 0 olur ve jeneratörden transformatöre bir güç aktarımı olmaz. Şayet ikincil devredeki S anahtarı kapatıldığında, şu olaylar meydana gelir:

1. İkincil devreden bir  $i_2$  akımı geçer ve R direnci üzerinde  $i_2^2 R$  kadar bir güç kaybına neden olur.

2. Bu akım kendi demir çekirdeği içinde değişken bir manyetik akı oluşturur. *Faraday kanununa* göre değişken akı, kendini meydana getiren sebebe karşı koyacak şekilde, birincil sarımlardan bir akımın geçmesine neden olur.

3. Bu akımdan dolayı  $V_1'$  de bir değişiklik gözlenmez, çünkü devreyi  $\varepsilon$  üreteci beslemektedir. S anahtarını kapatmak durumu değiştirmez.

4. Bu nedenle birincil sargıda, karşı koyucu emk' nin ürettiği  $i_2$  akımını yok edecek biçimde bir  $i_1$  akımı oluşur.

Dirençle yüklü ideal bir transformatörde,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{i_2}{i_1} \quad 10.7$$

olur. Birincil devre açık da olsa kapalı da olsa (10.4) ifadesi geçerli olduğundan,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{i_2}{i_1} \quad 10.8$$

bağıntısı bulunur.

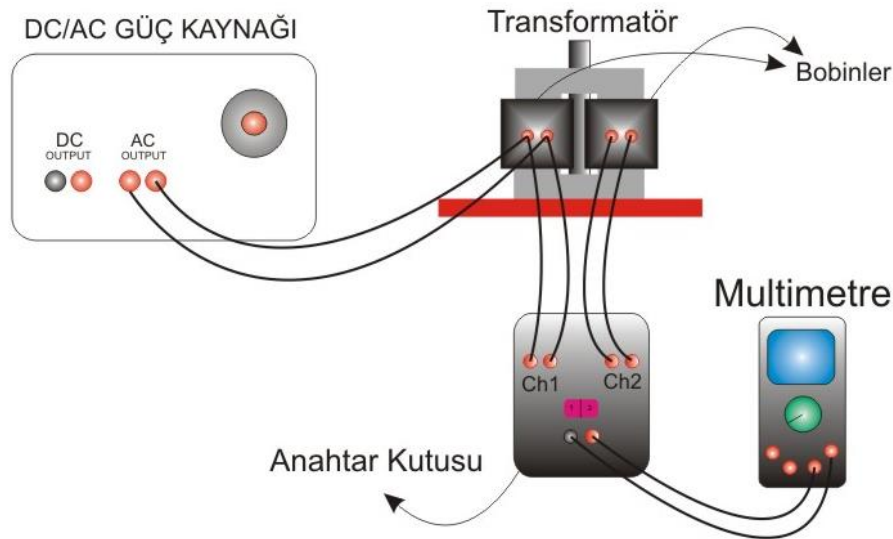
Transformatörler gerilimi alçaltma ve yükseltme şekline göre iki çeşittir;

$$\frac{N_1}{N_2} < 1 \quad \text{ise} \quad \text{yükseltici transformatör}$$

$$\frac{N_1}{N_2} > 1 \quad \text{ise} \quad \text{alçaltıcı transformatör}$$

## DENEYİN YAPILIŞI

### I) Transformatör yüksüz durumdayken giriş ve çıkış gerilimlerinin okunması



Şekil 10.3. Giriş ve çıkış gerilimlerinin ölçülmesi devresi

Devre bu şekilde kurulduğunda sekonder bobinin uçları açık durumdadır. Çünkü bağlanan multimetre, voltmetre olarak kullanıldığında sonsuz iç dirence sahiptir ve açık uçmuş gibi olur.

1. Şekil 10. 3' de görülen devreyi kurunuz.
2. DC/AC Güç kaynağını en kısık konuma getirerek açınız.
3. Multimetreyi uygun skalaya getiriniz.(Deneyin bu kısmında gerilim okunacaktır. Okunan gerilimin alternatif olduğunu unutmayınız.)
4. Güç kaynağının üzerindeki ayar düğmesinden faydalanarak giriş gerilimini 1, 3, 5, 7, 10V değerlerine ayarlayınız.
5. Anahtarı “1” konumuna getirerek “CH1” girişinden giriş gerilimini multimetreden okuyunuz.(Anahtar kutusundaki anahtar “0” konumundayken herhangi bir yeri okumaz. Anahtar hangi tarafa basılırsa, basılı olan taraftaki uçlar arasındaki potansiyel farkı gösterir).
6. Sarım sayıları oranını  $(n = \frac{N_1}{N_2})$  hesaplayınız.
7. Giriş gerilimini, sarım sayıları oranına bölerek çıkış gerilimi değerini hesaplayınız.
8. Anahtarı “2” konumuna getirerek “CH2” girişinden çıkış gerilimini multimetreden okuyunuz.
9. Multimetreden okunan çıkış gerilimi ile hesaplanarak elde edilen çıkış gerilimi değeri arasında yapılan hata oranını hesaplayınız.(Aynı işlemleri farklı primer ve sekonder bobinler için tekrarlayabilirsiniz).

$N_1 = \dots\dots\dots$

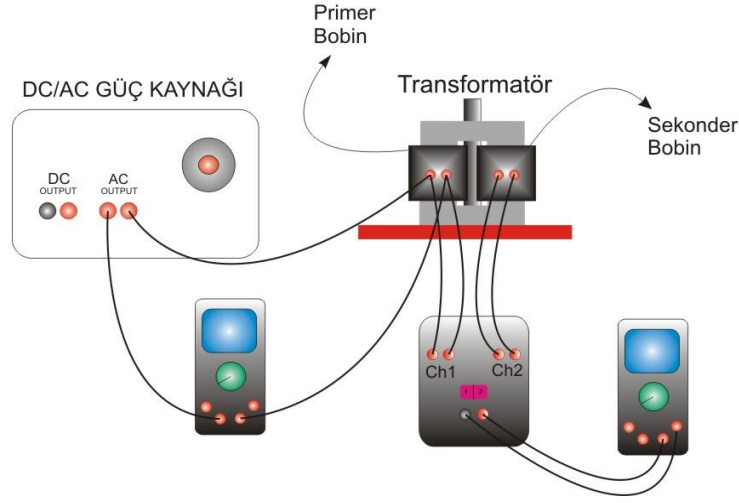
$N_2 = \dots\dots\dots$

$n = \frac{N_1}{N_2} (\text{kuramsal}) = \dots\dots\dots$

$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
3	
5	
7	
10	
<b>Hata Oranı (%) :</b>	



## II) Transformatör yüklü durumdayken giriş çıkış akımlarının ölçülmesi



**Şekil 10. 4.** Primer ve Sekonder bobinden geçen akımların ölçülmesi devresi

Transformatörün yüklü olması demek; sekonder bobinin uçları arasında devre elemanları bağlanarak birleştirilmesi veya iki ucun kısa devre edilmesi anlamına gelir. Biz deneyimizin bu aşamasında sekonder bobinin uçlarını kısa devre edeceğiz.

İlk olarak sekonder bobinin uçları kısa devre edilmeden, primer bobinden geçen akımı okuyunuz. Bunu için Şekil 10. 4 ‘de görülen devreyi kurunuz. Bu devrede sekonder bobinin uçları açık durumdadır.

Sekonder bobinin çıkışına seri ampermetre bağlayınız ve güç kaynağından çıkan gerilim değerini değiştirmeyiniz. Bu durumda sekonder bobinin çıkışı kısa devre edilmiş olur. Sekonder bobinin iki ucu arasında bir kablo bağlamakla ampermetre bağlamak aynı şeydir. Çünkü multimetre, ampermetre durumundayken iç direnci sıfırdır.

- 1) Şekil 10. 4 ‘deki devreyi kurunuz.
- 2) Primer ve sekonder bobinleri kendi isteğinize göre seçiniz ve yerleştiriniz.
- 3) Güç kaynağını en kısık konuma getirerek açınız.
- 4) Primer bobine uygulanacak gerilimi istediğiniz değere ayarlayınız.
- 5) Ampermetre olarak kullanılacak olan multimetrenin skalasını “alternatif akım, 20A’ e getiriniz.
- 6) Primer bobindeki gerilim ve üzerinden geçen akım değerini not ediniz.
- 7) Okunan primer bobin akımını sarım sayıları oranı(n) ile çarparak beklenen sekonder akımı değerini bulunuz.
- 8) Sekonder bobindeki gerilim ve üzerinden geçen akım değerini okuyarak not ediniz.

9) Beklenen değer ile ölçülen sekonder bobin akım değerlerini karşılaştırınız ve hata hesabını yapınız.

Primer bobindeki gerilim ve akım değerlerini, sekonder bobinin uçları açıkken ki gerilim ve akım değerleriyle karşılaştırınız. Sekonder bobinin ucu açıkken okunan değerlerle ucu kısa devreyken ki değerlerin farkını yorumlayınız (Aynı işlemleri farklı primer ve sekonder bobinler için tekrarlayabilirsiniz).

$N_1 = \dots\dots\dots$

$N_2 = \dots\dots\dots$

$n = \frac{N_1}{N_2} (\text{kuramsal}) = \dots\dots\dots$

$V_1$ (V)	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)
3		
5		
7		
10		
<b>Hata Oranı (%) :</b>		

### SORULAR

1. Transformatör nedir? Transformatörlerin günlük hayattaki kullanım alanları nelerdir?
2. Transformatörlerde niçin alternatif akım kullanılır? Doğru akım kullanılırsa ne olur?
3. Transformatörde ikincil devre akımının nasıl oluştuğunu açıklayınız.
4. Yükseltici bir transformatörün primeri 110 V' a bağlı iken, 2,2 kV çıkış voltajı verecek şekilde düzenlenmiştir. Sekonderin uçları arasındaki bir yük direncinden 1,5 A' lik bir akım geçerse primerdeki akım ne olur?