



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FİZİK BÖLÜMÜ

FZK1054
ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUVARI
DENEY KILAVUZU

İçindekiler

LABORATUVAR DERSİ İLE İLGİLİ BİLGİLENDİRME VE KURALLAR	2
DENEY I.....	4
OHM YASASI.....	4
DENEY II	10
WHEATSTONE KÖPRÜSÜ İLE DİRENÇ ÖLÇÜMÜ	10
DENEY III	14
KONDANSATÖRÜN DİRENÇ ÜZERİNDEN DOLUP BOŞALMASI	14
DENEY IV	21
FARKLI MALZEMELERİN DİELEKTRİK SABİTİNİN BULUNMASI	21
DENEY V	30
TRANSFORMATÖRLER.....	30
DENEY VI.....	35
BİR BOBİNİN MANYETİK ALANI.....	35
DENEY VII.....	42
HELMHOLTZ BOBİNLERİNDE OLUŞAN MANYETİK ALANIN ÖLÇÜLMESİ.....	42
DENEY VIII	46
TESLA BOBİNİ İLE KABLOSUZ ENERJİ İLETİMİ.....	46
ÖRNEK BİR DENEY RAPORU	48
FİZİKSEL NİCELİKLERİN SEMBOLLERİ VE BİRİMLERİ.....	52
SABİTLER.....	52
KAYNAKLAR	53

LABORATUVAR DERSİ İLE İLGİLİ BİLGİLENDİRME VE KURALLAR

1. II. yarıyıl bahar döneminde toplam 8 deney yapılacaktır.
2. Laboratuvarda deneyler dönüşümlü olarak yapılır. Örneğin ilk hafta 5. deneyi yapan grup bir sonraki hafta 6. deneyi, 8. deneyi yapan ise 1. deneyi yapar.
3. Devamsızlık sınırı toplam deney sayısının % 20'sidir. Raporlu günler, rapor teslim edilmediği için yok sayılan deneyler ve 2'den fazla alınan telafiler de buna dâhildir.
4. Tüm rapor notlarının ortalaması arasınnav notuna %40 oranında etki eder.
5. Her öğrenci deney kılavuzu edinmeli ve bu kılavuzu mutlaka laboratuvara getirmelidir. Kılavuzu yanında olmayan öğrenci derse alınmaz. (Deney kılavuzunun, akıllı telefonlardan pdf şeklinde kullanılmasına izin verilmeyecektir).
6. Öğrenci laboratuvara gelmeden önce yapılacak deneyle ilgili kaynaklara başvurarak mutlaka bir ön çalışma yapmalıdır.
7. Laboratuvar kuralları dikkatlice okunmalı, tüm deneylerde burada söz edilen bilgilere ihtiyaç duyulacağı unutulmamalıdır.
8. Laboratuvara zamanında gelinmeli ve kendi deney masası dışındaki alanlarda bulunulmamalıdır.
9. Geç gelen öğrenci çok önemli bir gerekçesi olmadıkça derse alınmayacaktır.
10. Laboratuvara yiyecek ve içecek getirmek yasaktır.
11. Deneye devam edebilmek için asistanların soracağı sorulara cevap verilmelidir. Cevap veremeyen öğrenciler telafiye bırakılırlar. İki'den fazla telafi hakkı verilmez.
12. Telafiler devamsızlıktan sayılmazlar. Bir öğrenci maksimum 2 telafi alır. 2'den fazla telafi devamsızlık sayılır.
13. Telafi alınan deneyler telafi haftasında yapılır.
14. Deneyin yapılışı sırasında gözlemler, ölçümler ve hesaplamalar not edilmelidir.
15. Deney sonunda öğrenilen bilgiler, toplanan veriler, yapılan hesaplamalar, oluşturulan tablolar, çizilen grafikler ve gerekli açıklamalarla birlikte hazırlanan raporlar bir sonraki hafta deneye gelirken beraberinde getirilir ve ilgili asistana teslim edilir. Raporunu zamanında teslim etmeyen öğrenci o deneye katılmamış kabul edilir.
16. Laboratuvardaki tüm araç ve gereçler kullanılırken özenli ve dikkatli davranılmalıdır.
17. Çalışmalar sırasında ihtiyaç duyulduğunda görevli asistanların yardımına başvurulur ve onların bilgisi dışında araç ve gereç kullanılmaz.

18. Hazırlanan raporlar, ilgili asistan tarafından incelendikten sonra hatalarını görmeleri için öğrencilere geri verilmek üzere laboratuvarında bu amaçla ayrılan bölüme bırakılır.
19. Geri verilen raporlar için ayrılan bölümden, her öğrenci sadece kendi raporunu almalıdır. Diğer arkadaşlarının raporunu almamaya özen göstermelidir.
20. Öğrenciler tüm rapor notlarını ve ortalamasını dönem sonunda öğrenir.
21. Dönem sonunda not veya devam konusunda herhangi bir itirazı olan öğrenci, katıldığı tüm deneylerin incelenerek imzalanmış raporlarını ilgili öğretim üyesine sunmak durumundadır. Aksi halde itiraz hakkı yoktur. Ortaya çıkacak durumdan dolayı ilgili öğretim üyesi ve derse katılan asistanlar sorumlu tutulamaz. Bu gibi durumlar için öğrenciler tüm raporlarını ilgili asistandan imzalı olarak geri almalı ve muhafaza etmelidirler.

DENEY I

OHM YASASI

Amaç

Akım ve gerilim arasındaki ilişkiyi ve bir iletkenin direncini incelemek ve Ohm Yasası'nı doğrulamak.

Deney Malzemeleri

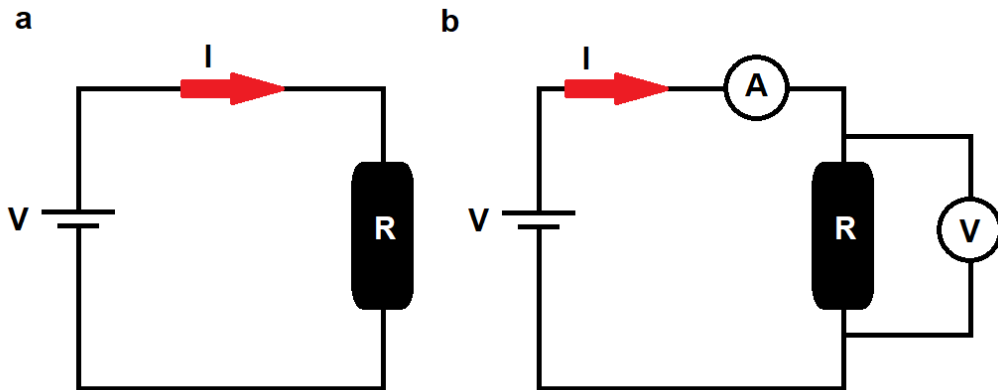
Çeşitli Dirençler, Ampermetre, Voltmetre, Gerilim Kaynağı, Bağlantı Kabloları

Teorik Bilgi

Ohm Yasası, elektrik akımı, gerilim ve direnç arasındaki ilişkiyi tanımlayan temel bir elektrik yasasıdır. Bu yasa, Alman fizikçi Georg Simon Ohm tarafından 1827 yılında keşfedilmiştir. Ohm Yasası, bir devredeki elektrik akımının, gerilimin ve direncin birbirleriyle olan ilişkisini ifade eder. Ohm Yasası'nın matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$V = IR \quad (1.1)$$

Burada I , elektrik akımını (amper, A), V gerilimi (volt, V), R direnci (ohm, Ω) temsil eder. Bu formül, elektrik akımının bir devredeki gerilime ve dirence bağlı olduğunu gösterir.



Şekil 1.1. (a) Basit devre, (b) Devreye ampermetre ve voltmetre bağlanması

Ampermetre: Devreden geçen akımı ölçmeye yarar. Bunun için devreye seri bağlanması gerekir. Paralel bağlanırsa ampermetre içerisindeki koruyucu sigorta yanarak devre dışı kalacağından hiçbir akım okunamaz.

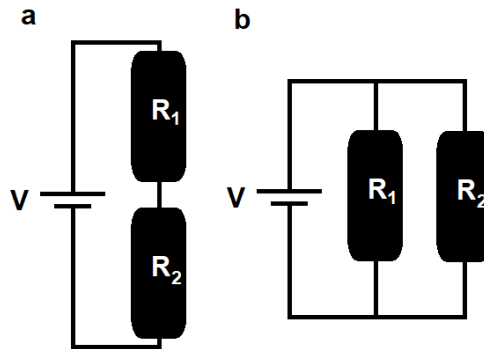
Voltmetre: Devredeki iki nokta arasındaki gerilim farkını ölçmeye yarar. Bunun için devreye paralel bağlanması gerekir.

Seri Bağlı Dirençler: Şekil 1.2a’da gösterildiği gibi dirençler birbirine ardışık olarak bağlanır. Bu durumda toplam direnç, direnç değerlerinin sayısal toplamına eşittir. Ohm Yasası’nın seri bağlı dirençlerdeki uygulaması şu şekildedir:

$$R_{E\grave{s}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (1.2)$$

Paralel Bağlı Dirençler: Şekil 1.2b’de gösterildiği gibi dirençler birbirine paralel olarak bağlanır. Bu durumda toplam direnç, direnç değerlerinin terslerinin toplamının tersine eşittir. Ohm Yasası’nın paralel bağlı dirençlerdeki uygulaması şu şekildedir:

$$\frac{1}{R_{E\grave{s}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (1.3)$$



Şekil 1.2. (a) Seri bağlı ve (b) Paralel bağlı devre

Direnç Renk Kodları: Dirençlerin üzerinde bulunan renk kodları, direncin değerini (Ω) belirtir. Dirençler genellikle dört renkli bir şerit ile kodlanır. Renkler sırasıyla şu anlamlara gelir:

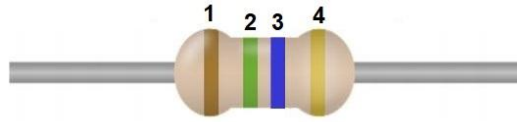
İlk Şerit (İlk Rakam): İlk şerit, direncin ilk rakamını temsil eder. Örneğin, kahverengi 1'e, kırmızı 2'ye karşılık gelir.

İkinci Şerit (İkinci Rakam): İkinci şerit, direncin ikinci rakamını belirtir.

Üçüncü Şerit (Çarpan): Üçüncü şerit, direnç değerinin çarpanını belirtir. Örneğin, kahverengi renk 10^1 çarpanına, kırmızı renk 10^2 çarpanına karşılık gelir.

Dördüncü Şerit (Tolerans): Dördüncü şerit, direncin toleransını belirtir. Tolerans, direnç değerinin ne kadar sapma gösterebileceğini ifade eder. Bu renk genellikle altın ($\pm 5\%$) veya gümüş ($\pm 10\%$) olabilir.

Örneğin, kahverengi, siyah, kırmızı, altın renk şeritleri olan bir direnç, $10 \times 10^2 \Omega$ ($1000 \pm 5\% \Omega$) değerine sahip bir direnci temsil eder.



STANDART RENK TABLOSU			
RENK	DEĞER	ÇARPAN	TOLERANS (%)
Siyah	0	1	20
Kahverengi	1	10	1
Kırmızı	2	100	2
Turuncu	3	1000	3
Sarı	4	10000	4
Yeşil	5	100000	5
Mavi	6	1000000	6
Mor	7	10000000	7
Gri	8	100000000	8
Beyaz	9	1000000000	9
Altın		0.1	5
Gümüş		0.01	10
Renksiz			20

Şekil 1.3. Direnç renk kodları

Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- İlk olarak, deney için gerekli olan tüm malzemeleri temin ediniz.
- Deneyde kullanacağınız farklı dirençlerin direnç değerlerini ölçünüz veya üzerinde yazılı olan değeri Tablo 1.1'e kaydediniz.

Adım 2: Devre Kurulumu

- Şekil 1.1a'daki devreyi kurunuz ve ardından Şekil 1.1b'de gösterildiği gibi devreye ampermetre ve voltmetre bağlayınız.

Adım 3: Akım ve Gerilim Ölçümleri

- Gerilim kaynağını sırası ile 0-2-4-6-8-10 V'a ayarlayıp, iki farklı direnç için ampermetreden akım değerlerini okuyunuz.
- Okuduğunuz akım değerlerini Tablo 1.1'in R_1 ve R_2 kısmındaki Akım (A) sütununa kaydediniz (Not: Değerleri Amper (A) skalasında kaydediniz).

Adım 4: Ohm Yasası'nın Kontrolü

- Oluşturduğunuz tablodan yararlanarak, milimetrik kâğıda yatay eksen akım ve düşey eksen gerilim olacak şekilde grafik çiziniz.
- Grafiğin eğiminden $R_{E\check{S}}$ direncini hesaplayınız.
- Hesaplanan direnç değeri ile ölçülen direnç değerini karşılaştırınız.

Adım 5: Sonuçlar ve Analiz

- Ölçülen ve hesaplanan direnç değerlerini karşılaştırarak Ohm Yasası'nın geçerli olup olmadığını değerlendiriniz.
- Her ölçüm için olası hataları belirtiniz ve sonuçları yorumlayınız.

NOT: Yukarıdaki tüm adımları seri ve paralel bağlı devreler için de tekrarlayınız.

Tablo 1.1. Ohm kanunu deney verileri

R ₁		R ₂	
Gerilim (V)	Akım (A)	Gerilim (V)	Akım (A)
0		0	
2		2	
4		4	
6		6	
8		8	
10		10	
Direnç Değerleri (Ω); R ₁ =		R ₂ =	

Tablo 1.2. Ohm kanunu deney verileri (seri ve paralel bağlı)

Seri Bağlı		Paralel Bağlı	
Gerilim (V)	Akım (A)	Gerilim (V)	Akım (A)
0		0	
2		2	
4		4	
6		6	
8		8	
10		10	

Sorular

- İki direnç, sırasıyla 6 Ω ve 8 Ω , seri olarak bağlıdır. Bu iki direnç birleştirildiğinde oluşan eş değer direnç nedir?
- Üç direnç, sırasıyla 10 Ω , 15 Ω ve 20 Ω , seri olarak bağlıdır. Bu dirençlerin toplam eş değer direnci kaç Ω 'dur?
- Seri bağlı dört direnç var: 3 Ω , 5 Ω , 2 Ω ve 7 Ω . Bu dirençlerin eş değer direnci nedir?
- İki direnç, sırasıyla 4 Ω ve 6 Ω , paralel olarak bağlıdır. Bu iki direnç birleştirildiğinde oluşan eş değer direnç nedir?

5. Üç direnç, sırasıyla 8 Ω , 12 Ω ve 16 Ω , paralel olarak bağlıdır. Bu dirençlerin toplam eş değer direnci kaç Ω 'dur?
6. Paralel bağlı dört direnç var: 2 Ω , 5 Ω , 3 Ω ve 6 Ω . Bu dirençlerin eş değer direnci nedir?
7. Bir devrede iki direnç, 10 Ω ve 15 Ω , seri bağlıdır ve bu seri bağlı direnç paralel olarak 5 Ω bir dirençle bağlıdır. Bu devrenin eş değer direnci nedir?
8. Üç direnç, 6 Ω , 8 Ω ve 12 Ω , paralel olarak bağlıdır ve bu paralel bağlı direnç, 4 Ω bir dirençle seri olarak bağlıdır. Bu devrenin eş değer direnci nedir?

DENEY II

WHEATSTONE KÖPRÜSÜ İLE DİRENÇ ÖLÇÜMÜ

Amaç

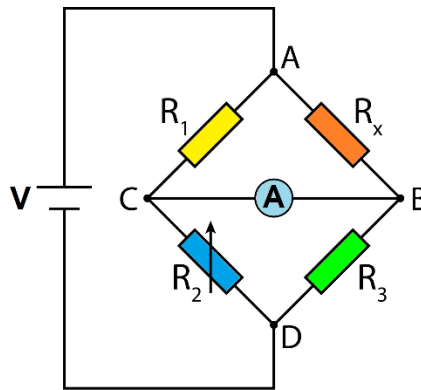
Wheatstone köprüsünün çalışma prensibini incelemek, Wheatstone Köprüsü yardımıyla bilinmeyen bir direnci bulmak.

Deney Malzemeleri

Wheatstone Köprüsü, Çeşitli Dirençler, Tel Sürgülü Reosta, Ampermetre, Voltmetre, Gerilim Kaynağı, Bağlantı Kabloları.

Teorik Bilgi

Wheatstone Köprüsü, direnç ölçümü için kullanılan bir elektrik devre düzeneğidir (Şekil 2.1). Bu yöntem, dört direncin bir köprü devresinde dengeli bir duruma getirilmesini sağlar. Bu devre, 1843 yılında Samuel Hunter Christie tarafından keşfedilmiş ve Sir Charles Wheatstone tarafından geliştirilmiştir. Wheatstone Köprüsü, hassas direnç ölçümleri yapmak ve özellikle belirli bir direncin değerini bulmak için kullanılır.



Şekil 2.1. Wheatstone Köprüsü

Devredeki ampermetrenin gösterdiği akım değeri sıfır olduğunda; C ve B noktaları arasında potansiyel fark yoktur demektir. Bu durumda Kirchhoff kanunlarına göre;

$$V_{AB} = V_{AC} \rightarrow I_2 R_1 = I_1 R_X \quad (2.1)$$

$$V_{DC} = V_{DB} \rightarrow I_2 R_2 = I_1 R_3 \quad (2.2)$$

olur. Denklem (2.1) ve (2.2) taraf tarafa bölünürse,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_X}{R_3} \quad (2.3)$$

olarak bulunur. Denklem (2.3) düzenlenirse,

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad (2.4)$$

durumuna gelir. Bu eşitlikte R_1 , R_2 ve R_3 biliniyorsa R_X direncinin değeri de bulunabilir.

Deneyde tel sürgülü reosta kullanıldığı için (2.4) denklemindeki R_2 ve R_3 dirençlerini uygun ifadeler ile değiştirmek gerekir. L uzunluklu ve A kesit alanına sahip bir telin direnci R_{tel} ;

$$R_{tel} = \frac{\rho L}{A} \quad (2.5)$$

ifadesine eşittir. Burada ρ , telin öz direncidir. R_2 ve R_3 dirençleri (2.5) ifadesine uygun olarak

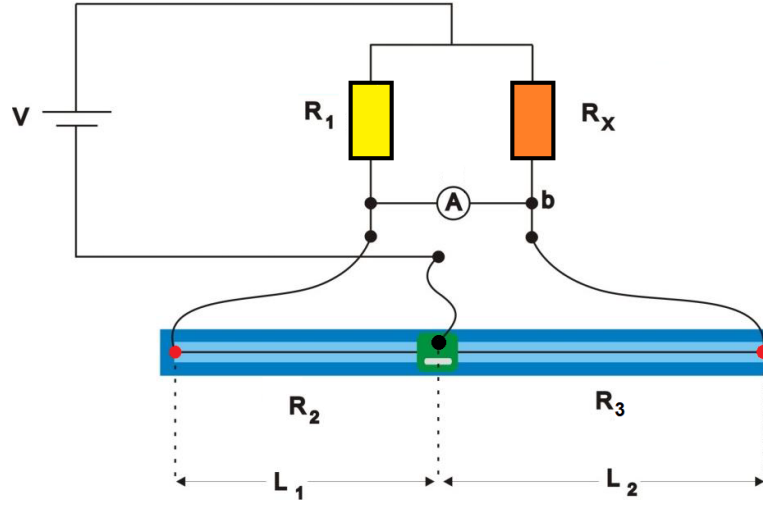
$$R_2 = \frac{\rho L_1}{A} \quad (2.6)$$

$$R_3 = \frac{\rho L_2}{A} \quad (2.7)$$

şeklinde yazılır. (2.6) ve (2.7) eşitliklerini (2.4)'de yerine yazarsak;

$$R_X = \frac{L_2}{L_1} R_1 \quad (2.8)$$

elde edilir.



Şekil 2.2. Tel sürgülü Wheatstone köprü devresi

Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- Tüm cihazları ve malzemeleri düzgün bir şekilde yerleştiriniz.
- Bağlantıları yapmak için uygun kabloları seçiniz.

Adım 2: Devre Bağlantıları

- Şekil 2.2’deki devreyi kurunuz.
- Ampermetrenin doğru bağlandığından emin olunuz.

Adım 3: Direnç Ölçümü

- Sürgüyü tel üzerinde değişik konumlara dokundurunuz. Ampermetre ibresi ya sağa ya da sola doğru sapma gösterecektir. Denge durumunu buluncaya kadar, yani sürgünün üzerinden geçen akım sıfır oluncaya kadar konumunu ayarlayınız ve bu konumdaki uzunluğunu Tablo 2.1’e not ediniz.
- Aynı işlemleri farklı R_1 değerleri için de tekrarlayınız ve tabloya not ediniz.
- Denklem (2.8) yardımıyla R_x bilinmeyen dirençlerinin değerlerini bularak ortalamasını alınız.

Adım 4: Sonuç ve Analiz

- Bulduğunuz R_X değerlerini teorik değerler ile karşılaştırınız.
- Ölçümlerinizi için olası hataları belirtiniz ve sonuçları yorumlayınız.

Tablo 2.1. Wheatstone Köprüsü deney verileri.

$R_1(\Omega)$	L_1 (cm)	L_2 (cm)	$R_X = \frac{L_2}{L_1} R_1$	Ortalama R_X	% Hata

Sorular

1. Wheatstone Köprüsü'nü hangi tür direnç ölçümleri için kullanabilirsiniz?
2. Wheatstone Köprüsü'nün temel çalışma prensibi nedir ve denge durumu ne anlama gelir?
3. Wheatstone Köprüsü devresinde hangi bileşenler bulunur ve her birinin görevi nedir?
4. Deneyde kullanılan Wheatstone Köprüsü'nü kurmak için hangi adımları takip etmelisiniz?
5. Denge durumunu elde etmek için Wheatstone Köprüsü'nde hangi ayarlamaları yaparsınız?
6. Wheatstone Köprüsü deneyinde, bilinmeyen bir direncin değerini nasıl hesaplarsınız?
7. Wheatstone Köprüsü'nü kullanırken, hassasiyeti artırmak veya ölçümleri iyileştirmek için nelere dikkat etmelisiniz?
8. Wheatstone Köprüsü deneyinde kullanılan voltmetre ve ampermetre hangi görevleri üstlenir?
9. Wheatstone Köprüsü'nün avantajları nelerdir ve hangi durumlarda kullanılabilir?
10. Deney sonuçlarından elde ettiğiniz verilerle, bilinmeyen direncin ölçümünü yapmak için nasıl bir hesaplama yaparsınız?

DENEY III

KONDANSATÖRÜN DİRENÇ ÜZERİNDEN DOLUP BOŞALMASI

Amaç

Bir kondansatörün yüklenmesi ve bir direnç üzerinden boşalması sırasındaki akım-gerilim ilişkilerinin incelenmesi, zaman sabitinin (τ) bulunması.

Deney Malzemeleri

Direnç, Kondansatör, Güç Kaynağı, Ampermetre, Voltmetre, Kronometre.

Teorik Bilgi

Kondansatör, iki iletken plaka arasına dielektrik (yalıtkan) bir madde konulmasıyla elde edilen ve yük depolamaya yarayan devre elemanıdır. Kondansatörler, birçok elektronik devrede enerji depolama, filtreleme, zaman sabitleme ve sinyal işleme gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır.

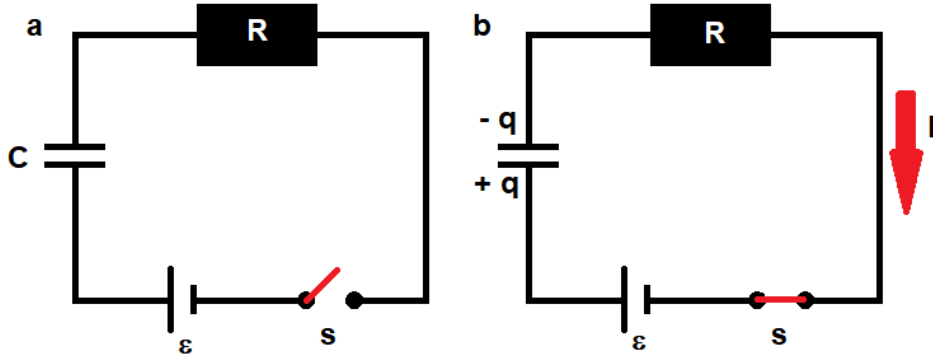
Kondansatörün plakaları arasına uygulanan potansiyel fark (ΔV), elektrik yükü (Q) şeklinde depolanır. Bir kondansatörün levhaları üzerinde biriken Q yük miktarının, bu iletken levhalar arasındaki ΔV potansiyel farka oranı sabit olup kondansatörün sığası ya da kapasitesi olarak adlandırılır ve genel olarak C ile gösterilir. Buna göre kondansatörün sığası,

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (3.1)$$

şeklinde yazılır. Şekil 3.1a'daki devrede başlangıçta kondansatörün yüksüz olduğunu varsayalım. Anahtar açık iken akım yoktur. Anahtar $t = 0$ anında kapatılırsa, yük hareketi ile kondansatör yüklenmeye başlayacaktır (Şekil 3.1b). Anahtar kapatıldıktan sonraki durum için Kirchhoff kuralını uygularsak;

$$\varepsilon - \frac{q}{C} - IR = 0 \quad (3.2)$$

Bir Kondansatörün Dolması:



Şekil 3.1. Bir kondansatörün dolması a) S anahtarı kapatılmadan önce b) S anahtarı kapatıldıktan sonra devre şeması

yazılır. Burada IR , direncin uçları ve q/C de kondansatörün uçları arasındaki potansiyel düşmesidir. Kondansatör için, Kirchhoff kuralına göre pozitif plakadan negatif plakaya doğru gidilmesi durumunda potansiyel azalacaktır. Buna göre eşitlik (3.2)'de kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkın işareti negatif olur.

Anahtar kapatıldığı anda, yani $t = 0$ anında, kondansatör üzerindeki yük sıfırdır ve (3.2) eşitliğinden, akımın I_0 başlangıç değeri maksimum ve

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R} \quad (3.3)$$

olduğu görülür. Bu anda potansiyel düşmesi tümüyle direncin uçları arasında oluşur. Daha sonra kondansatör maksimum Q değerine kadar yüklendiğinde, yük akışı durur, devredeki akım sıfır olur ve potansiyel düşmesi tümüyle kondansatörün uçları arasında oluşur. $I = 0$ 'ı eşitlik (3.2)'de yerine yazarsak Q için maksimum değeri;

$$Q = C\varepsilon \quad (3.4)$$

olarak elde edilir. Seri devrelerin bütün kısımlarında akım aynı olmalıdır. O halde R direncindeki akım, kondansatör plakalarına giren ve çıkan akımla aynı olmalıdır. Bu akım kondansatör levhaları üzerindeki yükün zamana göre değişimine eşittir. Buna göre, $I = dq/dt$ ifadesini (3.2) eşitliğinde yerine yazarsak ve düzenlersek,

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC} \quad (3.5)$$

eşitliğini elde ederiz.

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q - C\varepsilon}{RC} \quad (3.6)$$

denklemini dt ile çarparsak ve $q - C\varepsilon$ ile bölersek,

$$\frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\frac{1}{RC} dt \quad (3.7)$$

denklemini elde edilir. Bu ifadenin integrali alınırsa, ($t = 0, q = 0$)

$$\int_0^q \frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \quad (3.8)$$

$$\ln\left(\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon}\right) = -\frac{1}{RC} \quad (3.9)$$

elde edilir.

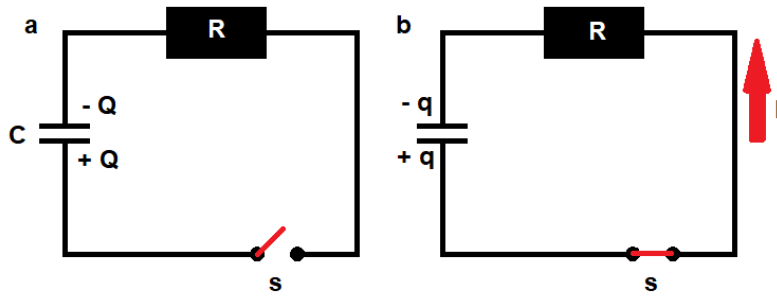
$$q(t) = C\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = Q \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (3.10)$$

şeklinde yazılabilir. Eşitliğin zamana göre diferansiyelini alarak, dolma akımı için $I = dq/dt$ ifadesi kullanılarak,

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3.11)$$

bulunur. Bu eşitliklerden görüleceği gibi kondansatörün dolması üstel fonksiyonlarla betimlenmektedir. Bu üstel terimlerde ortaya çıkan RC niceliğine devrenin zaman sabiti denir ve genel olarak τ ile gösterilir. Zaman sabiti üstel ifadeyi boyutsuz kılan ve kendisi zaman boyutunda olan bir sabittir.

Bir Kondansatörün Boşalması:



Şekil 3.2. Bir kondansatörün boşalması a) S anahtarı kapatılmadan önce b) S anahtarı kapatıldıktan sonra devre şeması

Şekil 3.2(b)'de görüldüğü gibi, devrede anahtar kapatıldığı anda Q yükü ile dolu olan kondansatör hemen boşalmaz; kondansatörün boşalması biraz zaman alır. Anahtar kapatıldığında, kondansatör direnç üzerinden boşalmaya başlar. Boşalma esnasındaki herhangi bir anda, devredeki akım I ve kondansatör üzerindeki yük q 'dur. Bu devreye Kirchhoff kuralı uygulanırsa,

$$-\frac{q}{C} - IR = 0 \quad (3.12)$$

$I = dq/dt$ ifadesi (3.12)'de yerine yazılırsa,

$$-R \frac{dq}{dt} = \frac{q}{C} \quad (3.13)$$

$$\frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} dt \quad (3.14)$$

olur. $t = 0$ 'da $q = Q$ başlangıç şartını kullanarak, bu ifadenin integrali alınır,

$$\int_0^q \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \quad (3.15)$$

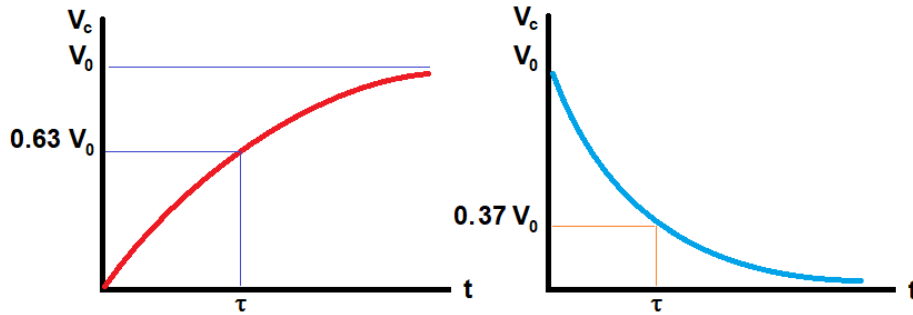
$$\ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \quad (3.16)$$

$$q(t) = Qe^{-\frac{t}{RC}} \quad (3.17)$$

bulunur. Bu ifadenin zamana göre türevini alarak, zamana bağlı akım ifadesi elde edilir.

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d\left(Qe^{-\frac{t}{RC}}\right)}{dt} = -\frac{Q}{RC}e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3.18)$$

Böylece kondansatör üzerindeki yük ve akım, $\tau = RC$ zaman sabiti ile belirlenen bir hızla üstel olarak değişir. RC zaman sabiti, akımın başlangıç değerinin $1/e$ katına düşmesi için geçen süreyi gösterir. Yani τ zamanında $I = I/I_0 = 0.37I_0$ olması demektir.

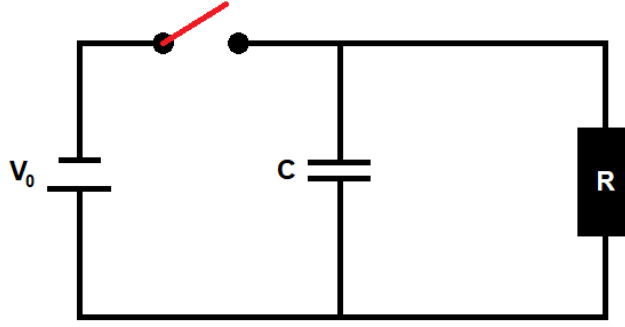


Şekil 3.3. Bir kondansatörün yüklenmesi ve boşalması sırasında üzerindeki gerilimin zamanla değişim grafiği

Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- Deney devresindeki (Şekil 3.4.) tüm cihazları ve malzemeleri düzgün bir şekilde yerleştiriniz.
- Bağlantıları yapmak için uygun kabloları seçiniz.



Şekil 3.4. Deney devresi

Adım 2: Voltmetrenin iç direncinin bulunması

- Şekil 3.4'deki devreyi R direnci olmadan $10 \mu F$ kondansatörü kullanarak kurunuz. Kondansatörün polaritesine dikkat ediniz.
- Kondansatörün uçlarına bir voltmetre bağlayınız. Bu durumda devredeki tek direnç voltmetrenin iç direnci olacaktır.
- Devredeki anahtarı kapatarak kondansatörü doldurunuz.
- Bir süre bekledikten sonra voltmetreden gerilim değerini okuyunuz.
- Devre anahtarını açınız. Anahtarı açtığınız anda kronometreyi de çalıştırınız ve gerilimin azalmasını gözleyerek boşalan bir kondansatörün levhaları arasındaki gerilim farkının başlangıçtaki değerinin $1/e$ değerine düşmesi için geçen süreyi ölçünüz.
- $\tau = R_{iç}C$ bağıntısında yerine yazarak voltmetrenin iç direncini ($R_{iç}$) bulunuz.

Adım 3: Zaman sabitinin bulunması

- Şekil 3.4'deki devreyi $R_1 = 1 M\Omega$ direncini ve $C_1 = 100 \mu F$ kondansatörünü kullanarak kurunuz.
- Adım 2'de anlatıldığı şekilde τ 'yu ölçünüz ($\tau_{deneysel}$) ve Tablo 1'e kaydediniz.
- $\tau = RC$ formülünde R ve C değerlerini yazarak zaman sabitini teorik olarak hesaplayınız (τ_{teorik}) ve Tablo 3.1'e kaydediniz.
- Deneyi $R_2 = 2.2 M\Omega$ direncini ve $C_2 = 10 \mu F$ kondansatörünü ve $R_3 = 0.1 M\Omega$ direncini ve $C_3 = 470 \mu F$ kondansatörünü kullanarak tekrarlayınız.
- Bu hesaplamalar sırasında kullandığınız voltmetrenin iç direncini de dikkate alınız.

Adım 4: Sonuç ve Analiz

- Bulduğunuz τ değerlerini teorik değerler ile karşılaştırınız.

- Farklı R ve C değerleri için τ nasıl değişmektedir, açıklayınız.
- Ölçümlerinizi için olası hataları belirtiniz ve sonuçları yorumlayınız.

Tablo 3.1. Ölçülen ve hesaplanan τ değerleri

τ (s)	$R_1 = 1\text{ M}\Omega$ $C_1 = 100\text{ }\mu\text{F}$	$R_2 = 2.2\text{ M}\Omega$ $C_2 = 10\text{ }\mu\text{F}$	$R_3 = 0.1\text{ M}\Omega$ $C_3 = 470\text{ }\mu\text{F}$
$\tau_{deneysel}$			
τ_{teorik}			

Sorular

1. Kondansörün temel işlevini ve nasıl çalıştığını açıklayınız.
2. Kondansörlerin “depolama kapasitesi” ne demektir?
3. Dielektrik malzemenin kondansördeki etkisini açıklayınız.
4. Kondansörün yüklenme sürecini açıklayınız.
5. Yüklenmiş bir kondansörde pozitif ve negatif yüklerin nasıl dağıldığını açıklayınız.
6. Kondansörlerin polarize olup olamayacağını ve polaritenin önemini açıklayınız. Yanlış polarite bağlantısının kondansöre etkilerini tartışınız.
7. Kondansörün üzerindeki gerilimin ve kapasitesinin nasıl birbirine bağlı olduğunu açıklayınız. Gerilim arttıkça kapasitenin nasıl etkilendiğini tartışınız.

DENEY IV

FARKLI MALZEMELERİN DİELEKTRİK SABİTİNİN BULUNMASI

Amaç

Yük ve gerilim arasındaki ilişkiyi, boşluğun ve plastik levhanın dielektrik sabitlerini belirlemek.

Deney Malzemeleri

Paralel Levhalı Kondansatör, Yüksek Gerilim Güç Kaynağı, Yükselteç, Voltmetre, 220 nF Kondansatör, Plastik Levha, Bağlantı Kabloları.

Teorik Bilgi

Elektrostatik olayların boşluktaki davranışını anlamak için, Maxwell denklemlerinin integral formunu kullanabiliriz. Bu denklemler, elektrostatik alanın boşluktaki dağılımını tanımlar.

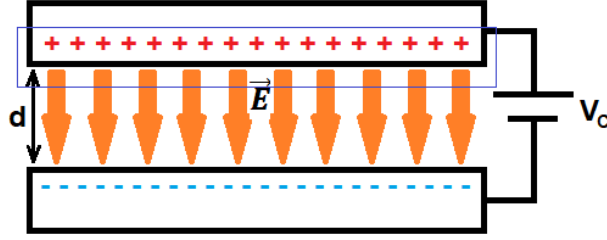
$$\oiint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (4.1)$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (4.2)$$

Burada, $\vec{E}$ elektrik alan vektörünü, $d\vec{S}$ kapalı bir yüzeyden (A) geçen kapalı bir yolu temsil eder. Ayrıca, $\oint$ integrali kapalı bir yüzey üzerinde alınan integrali simgeler. Maxwell denklemleri, boşlukta geçerli olan bu elektrostatik olayları ifade eder.

Şekil 4.1’de gösterildiği gibi, paralel kondansatör levhaları arasında oluşan elektrik alanını anlamak için, kondansatör levhalarına V_c gerilimi uygulandığında ortaya çıkan elektrik alanını inceleyebiliriz. Bu durumu ifade eden denklem şu şekilde yazılır:

$$V_c = \int_{1.levha}^{2.levha} \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (4.3)$$



Şekil 4.1. Paralel levhalar arasında oluşan elektrik alan. Koyu mavi dikdörtgen integral elemanını temsil eder.

Elektrik alan çizgilerinin, A levha yüzey alanına dik olduğunu varsayıp, simetri durumunu da kullanırsak, kondansatör levhaları arasındaki gerilim için Denklem (4.3),

$$V_c = Ed \quad (4.4)$$

şeklinde elde edilir. Şekil 4.1’de sadece bir levhayı kapsayan ve koyu mavi dikdörtgen ile gösterilen hacim kullanılırsa, Denklem (4.1)’den levhalar arasındaki elektrik alan,

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad (4.5)$$

olarak bulunur. Burada ϵ_0 , boşluğun elektriksel geçirgenlik katsayısıdır. Bu denklemde Q , kapalı hacim (koyu mavi dikdörtgenin çevrelediği hacim) içinde kalan yükü temsil eder. Denklem (4.4) ve (4.5) kullanılarak, levhalardaki toplam yük için,

$$Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} V_c \quad (4.6)$$

ifadesi elde edilir. Buna göre, kondansatörün Q yükü, kondansatöre uygulanan V_c gerilimi ile doğru orantılıdır:

$$Q = CV_c \quad (4.7)$$

Denklem (4.7)’deki orantı sabiti C ise kondansatörün kapasitansı (sığası) olarak adlandırılır. Eğer V_c , Q , d ve A değerleri ölçülebilirse, bu değerler yardımı ile ϵ_0 dielektrik sabiti hesaplanabilir:

$$\varepsilon_0 = \frac{Qd}{AV_c} \quad (4.8)$$

Bu denklemler, homojen ve düzgün bir elektrik alanının varlığını varsayar. Yani elektrik alan çizgilerinin düzgün ve birbirlerine paralel olması gerekmektedir. Dolayısıyla kondansatör levhaları arasındaki uzaklık arttıkça elektrik alan çizgilerinin homojenliği ve birbirine paralelliği bozulacaktır. Bu sebepten dolayı kondansatör tasarlanırken levhalar arası oldukça küçük tutulmalıdır.

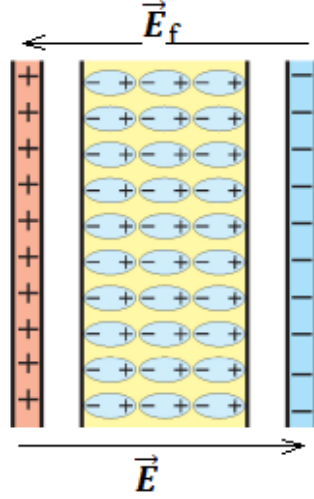
Şimdiye kadar levhalar arasında dielektrik malzemenin olmadığı durumu inceledik. Levhalar arasına dielektrik malzeme yerleştirilirse durum değişecektir. Dielektrik malzemeler yalıtkan özellik göstermelerine rağmen, atomik boyutlarda artı ve eksi yüklere sahiptirler. Dolayısıyla bu artı ve eksi yükler, Şekil 4.2'deki gibi bir elektrik alan varlığında alan boyunca polarize olup, elektrik dipolleri oluşturacaklardır. Alan boyunca hizalanan dipoller, şekilden de görüldüğü gibi dielektrik malzemenin, kenar yüzeyleri boyunca zıt yüklerin toplanmasına neden olacaklardır. Böylece yüzeylerde biriken zıt yükler, $\vec{E}$ elektrik alanına ters yönde bir $\vec{E}_f$ elektrik alanı oluşturacaktır. Malzeme içerisinde oluşan bu elektrik alan, kondansatör levhalarındaki Q yüklerinden kaynaklanan E_0 elektrik alanını zayıflatır. Elektrik alandaki bu azalma, malzemeye bağlı olan boyutsuz ε (boşluk için $\varepsilon = 1$) sabiti ile ifade edilebilir:

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon} \quad (4.9)$$

Buna göre dielektrik malzeme içerisindeki serbest yüklerden kaynaklanan E_f elektrik alanı,

$$\vec{E}_f = \vec{E}_0 - \vec{E} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \vec{E}_0 \quad (4.10)$$

şeklinde olur.



Şekil 4.2. Paralel levhalı kondansatörün elektrik alanı içindeki moleküllerin dielektrik polarizasyonu ile yalıtkan malzeme içerisinde serbest yük oluşumu

Malzeme içerisindeki yükler mikroskobik boyutta ihmal edilirse, sadece yüzeydeki serbest yükler ($\pm Q_f$) zıt elektrik alanı oluşturur:

$$\vec{E}_f = \frac{Q_f}{A\epsilon_0} = \frac{Q_f d}{V\epsilon_0} = \frac{p}{V\epsilon_0} \quad (4.11)$$

Burada, p yüzey yüklerinin oluşturduğu toplam dipol momentidir. Homojen olmayan dielektrik malzeme için Denklem (4.11) kullanılarak genel bir ifade yazılmak istenirse, malzeme içerisindeki elektrik alan,

$$\vec{E}_f = \frac{1}{\epsilon_0} \int \frac{d\vec{P}}{dV} = \frac{1}{\epsilon_0} \vec{P} \quad (4.12)$$

şekilde olur. Burada $\vec{P}$, dielektrik polarizasyon olarak adlandırılır ve birim hacimdeki toplam dipol momentine eşittir.

Ek olarak bir $\vec{D}$ alanı (dielektrik yer değiştirme) tanımlanabilir:

$$\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E} \quad (4.13)$$

Bu dielektrik yer değiştirme alanının çizgileri sadece gerçek yüklerde (yani doğrudan ölçülebilir yükler) başlar ya da biter. Bu üç büyüklük arasındaki ilişki - $\mathbf{E}$ elektrik alan, $\mathbf{D}$ dielektrik yer değiştirme ve $\mathbf{P}$ dielektrik polarizasyon - Denklem (4.14) ile verilir:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} + \vec{P} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} \quad (4.14)$$

Eğer, Q yüklü kondansatör levhalarının arasına bir dielektrik malzeme yerleştirilirse, yükler sabit kalacaktır. Ancak levhalar arasındaki V_c gerilimi, boşluktaki değeri (V_{vac}) ile karşılaştırıldığında azalacaktır:

$$V_c = \frac{V_{vac}}{\epsilon} \quad (4.15)$$

Bu değer Denklem (4.7)'de yerine yazılırsa, kapasitans değeri için,

$$C = \epsilon C_{vac} \quad (4.16)$$

ifadesi elde edilir. Toplam yük ise,

$$Q = \frac{\epsilon \epsilon_0 A}{d} V_c \quad (4.17)$$

olur.

Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- Deney devresindeki (şekil 4.3) tüm cihazları ve malzemeleri düzgün bir şekilde yerleştiriniz.
- Bağlantıları yapmak için uygun kabloları seçiniz.



Şekil 4.3. Deney düzeneği

Adım 2: Deneysel Ölçümler

1. Kısım

- Şekil 4.3'te verilen devreyi kurunuz. Bu kısımda, sabit potansiyel altında kondansatör yükünün levhalar arasındaki uzaklığa bağlı değişimi incelenecektir. Ölçüm sonucunda elde edilen veriler yardımı ile Denklem (4.6) kullanılarak boşluğun dielektrik sabiti hesaplanacaktır. Ölçümler sırasında kondansatörün çok yakınında olmamaya dikkat ediniz. Aksi takdirde kondansatör levhaları arasında oluşan elektrik alan bozulacaktır.
- Kondansatör levhalar arasındaki uzaklığı (d) 0.10 cm 'ye ve gerilim değerini (V_c) 1.5 kV 'a ayarlayınız.
- Güç kaynağının (GK) pozitif kutbunu $10\text{ M}\Omega$ 'luk direnç üzerinden levha kondansatöre bağlayınız. 220 nF 'lık kondansatörün devreye bağlı olmadığından emin olunuz.
- Levha kondansatörün yüklenmesi için birkaç saniye bekleyiniz.
- GK'nın pozitif kutup bağlantısını sökünüz ve kabloyu 220 nF kondansatöre bağlayınız.
- 220 nF kondansatörün yüklenmesi için 30 s bekleyiniz.
- Bu durumda her iki kondansatör birbirine seri olarak bağlanmıştır. Dolayısıyla her iki kondansatör üzerinde de aynı miktarda yük birikmiş olur.
- 220 nF kondansatör üzerindeki $V_{220\text{nF}}$ gerilimini okuyunuz ve Tablo 4.1'e kaydediniz. Daha sonra 220 nF kondansatör bağlantısını sökünüz.
- Yük değerini Denklem (4.18) yardımı ile hesaplayınız.

$$Q = C_{220nF} V_{220nF} \quad (4.18)$$

- 3-8. madde arasındaki adımları her bir d değeri için tekrar ediniz ve Tablo 4.1'e kaydediniz.
- Q yükünün $1/d$ değerlerine karşılık grafiğini çizerek eğimini hesaplayınız. Eğim ne anlama gelir? Açıklayınız.
- Boşluğun dielektrik sabitini Denklem (4.8)'i kullanarak hesaplayınız.
- ϵ_0 'ın ortalama değerini hesaplayınız.

2. Kısım

- Bu kısımda aynı d değeri için levhalar arası boşken ve arada dielektrik malzeme olduğu durumda kondansatörde toplanan yükün uygulanan gerilime bağlı değişimi incelenecektir.
- Levhalar arası d uzaklığını 0.98 cm değerine ayarlayınız.
- GK'yı 0.5 kV 'a ayarlayınız.
- GK'nın pozitif kutbunu $10 \text{ M}\Omega$ direnç üzerinden levha kondansatöre bağlayınız. 220 nF kondansatörün devreye bağlı olmadığından emin olunuz.
- Kondansatörün yüklenmesi için birkaç saniye bekleyiniz.
- GK'nın pozitif kutup bağlantısını sökünüz ve kabloyu 220 nF kondansatöre bağlayınız. Kondansatörün yüklenmesi için 30 s bekleyiniz.
- 220 nF kondansatör üzerindeki V_{220nF} değerini ölçünüz ve bağlantısını sökünüz.
- Denklem (4.18)'i kullanarak yük değerini hesaplayınız ve değeri Tablo 4.2'e kaydediniz.
- 3-8. madde arasındaki adımları her bir gerilim değeri için tekrar ediniz ve değerleri Tablo 4.2'ye kaydediniz.
- $Q - V_c$ grafiğini çizin ve eğimini hesaplayınız. Eğim ne anlama gelir? Açıklayınız.
- Boşluğun dielektrik sabitini, Denklem (4.8)'i kullanarak hesaplayınız.
- Ortalama ϵ_0 değerini hesaplayınız.
- Plastik levhayı sağlam bir şekilde kondansatör levhaları arasına yerleştiriniz (hiç boşluk kalmamalıdır). Bu durumda, $d = 0.98 \text{ cm}$.
- 3-8. madde arasındaki adımları tekrarlayınız ve değerleri Tablo 4.2'e kaydediniz. Denklem (4.18)'i kullanarak yük değerlerini hesaplayınız.
- $Q - V_c$ grafiğini çizerek eğimi bulunuz. Eğim ne anlama gelir? Açıklayınız.

- Denklem (4.16)'yı kullanarak plastik levhanın yapıldığı malzemenin dielektrik sabitini hesaplayınız ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C/V.m}$).
- Ortalama ϵ değerini hesaplayınız.

Adım 4: Sonuç ve Analiz

- Deneyi yorumlayınız.
- Ölçümlerinizi için olası hataları belirtiniz ve sonuçları yorumlayınız.

Tablo 4.1. Boşluk için $Q - V_c$ veri tablosu

$A = 0.0531 \text{ m}^2, d = 0.98 \text{ cm}, C = 220 \text{ nF}$			
$V_c \text{ (kV)}$	$V_{220\text{nF}} \text{ (V)}$	$Q \text{ (nC)}$	$\epsilon_0 \text{ (C/Vm)}$
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			

Tablo 4.2. Plastik levha için $Q - V_c$ veri tablosu

$A = 0.0531 \text{ m}^2, d = 0.98 \text{ cm}, C = 220 \text{ nF}$			
$V_c \text{ (kV)}$	$V_{220\text{nF}} \text{ (V)}$	$Q \text{ (nC)}$	$\epsilon \text{ (C/Vm)}$
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			

Sorular

1. Dielektrik sabitinin ne olduğunu ve bir malzemenin dielektrik sabiti ile ne ifade ettiğini açıklayınız.
2. Daha yüksek dielektrik sabitine sahip malzemelerin hangi uygulamalarda kullanılabileceğini tartışınız.
3. Bu deneyin endüstriyel uygulamaları nelerdir?

DENEY V

TRANSFORMATÖRLER

Amaç

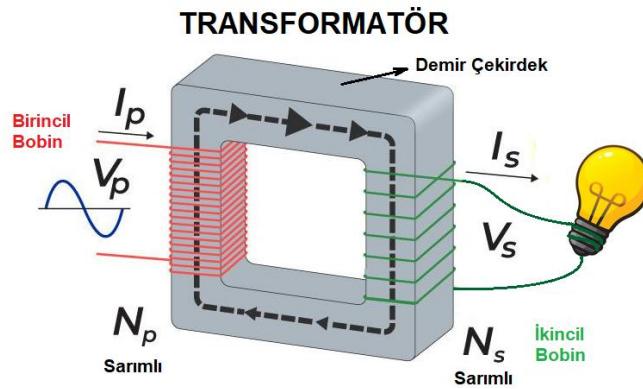
Transformatörlerin çalışma prensiplerini anlamak, dönüşüm oranlarını gözlemlemek ve enerji transferini incelemektir.

Deney Malzemeleri

DC/AC Güç Kaynağı, Farklı Sarımlı Bobinler, Trafo Paneli, Ampermetre, Voltmetre, Bağlantı Kabloları.

Teorik Bilgi

Transformatör kelimesi dilimize Fransızca'dan girmiştir ve “dönüştürücü” anlamına gelmektedir. Transformatörler, elektrik enerjisini bir devreden başka bir devreye elektromanyetik alan aracılığıyla aktarır. Genellikle alternatif akım (AC) sistemlerinde kullanılan transformatörler, gerilim ve akım değerlerini dönüştürmek amacıyla tasarlanmışlardır. En basit halde, birbirine yakın yerleştirilen iki bobinden oluşur (Şekil 4.1). Eğer bu iki bobin ince demir levhaların üzerine sarılmışsa buna demir çekirdekli transformatör denir.



Şekil 4.1. Basit transformatör yapısı

Alternatif akım (AC), zamana bağlı değişken bir akımdır. Bu tür bir akım, zaman içinde periyodik olarak değişen bir gerilim ve akım dalgası üretir. Bu değişim genellikle sinüzoidal bir dalga formuyla ifade edilir. Alternatif akımdaki zamana bağlılık, dalga formunun bir periyottan diğerine nasıl değiştiğini ifade eder. İdeal bir AC dalga formu şu şekilde ifade edilir:

$$\varepsilon = V_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (5.1)$$

Burada ε , zamana bağlı elektromotor kuvvet (EMK), V_0 gerilim genliği, ω açısal frekans, t zaman ve φ faz açısıdır.

Alternatif akımdaki EMK, genellikle bir bobin veya jeneratör tarafından üretilir. Bir bobin, manyetik alan içinde döndürüldüğünde veya bu bobin üzerinden değişen bir akım geçirildiğinde bir EMK üretebilir. Bir bobin tarafından oluşturulan indüksiyon EMK'sı, Denklem (4.2)'de Faraday yasası ile verilir.

$$\varepsilon(t) = -N \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (5.2)$$

Faraday yasasına göre birincil bobinde meydana gelen indüksiyon EMK'sı devreden geçen manyetik akı değişim hızına eşittir.

$$\varepsilon_p(t) = -N_p \frac{d\Phi(t)}{dt} = -L \frac{dI_p}{dt} \quad (5.3)$$

$$\Phi = LI_p, \quad L = \mu_0 A \frac{N_p^2}{l_p} \quad (5.4)$$

Burada L , özindüksiyon katsayısıdır. Şekil 4.1'deki gibi karşılıklı iki bobinin olduğu sistemde birinci bobindeki akım şiddetinin değişimi, ikinci bobinde manyetik akı değişimine neden olur. İkincil bobindeki karşılıklı indüksiyon (M) nedeniyle oluşan EMK,

$$\varepsilon_s(t) = -M \frac{dI_p}{dt} \quad (5.5)$$

şeklinde verilir.

$$M = \mu_0 A \frac{N_p}{l_p} \quad (5.6)$$

Denklem (4.3)'teki $\frac{dI_p}{dt}$ ifadesi çekilip, Denklem (4.5)'de yerine yazılırsa,

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{M}{L} = \frac{N_s}{N_p} \quad (5.7)$$

olur. Eşitlik (4.7), iki bobinin gerilim genlikleri V_p ve V_s 'yi birbirine bağlar.

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad (5.8)$$

Burada, N_p ve N_s , sırasıyla birincil ve ikincil bobindeki sarım sayıları ve V_p ve V_s , sırasıyla birincil ve ikincil bobindeki gerilim değerleridir.

Transformatörün girişine uygulanan gerilimi ya da akımı yükseltmesi veya düşürmesi sarım sayılarına bağlıdır. $N_2 > N_1$ ise, ikincil bobindeki gerilim genliği birincil bobininkinden daha büyük olur. Böyle transformatöre yükseltici transformatör denir. $N_2 < N_1$ ise, ikincil bobindeki gerilim genliği birincil bobininkinden daha küçük olur. Böyle transformatöre düşürücü transformatör denir.

Yüksek gerilimlerde, yükseltme ya da düşürme sırasında, manyetik alanın zamanla değişimi nedeniyle bobinlerin sarılı olduğu demir çekirdek ısınır ve bu ısınmadan dolayı gerilim transferi sırasında bir güç kaybı gerçekleşir. Bunu minimuma indirmek için demir çekirdek tek parça döküm olarak değil, ince levhaların üst üste istiflenmesi ile yapılır. Böylece enerji akış hızı, her iki bobinde de aynı olur. Böyle bir durumda,

$$\varepsilon_p I_p = \varepsilon_s I_s \quad (5.9)$$

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P} \quad (5.10)$$

elde edilir.

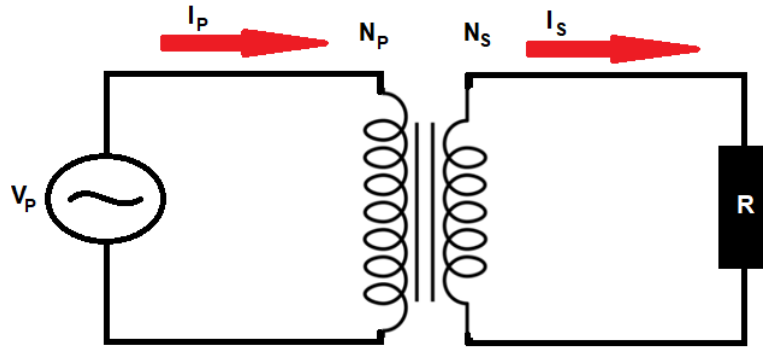
Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- Deneyde kullanılacak bobinlerin sarım sayılarını Tablo 4.1'e kaydediniz.
- Bağlantıları yapmak için uygun kabloları seçiniz.

Adım 2: Devre Kurulumu

- Şekil 4.2'deki devreyi kurunuz.
- Transformatörün birincil bobinini AC güç kaynağına bağlayınız.
- Transformatörün ikincil bobinine voltmetre ve ampermetreye bağlayınız.



Şekil 4.2. Deney devresi

Adım 3: Gerilim ve Akım Ölçümü

- Demir çekirdeğin birincil bobin kısmına sarım sayısı düşük, ikincil bobin kısmına ise sarım sayısı yüksek bobinler yerleştiriniz.
- AC güç kaynağını açınız ve birincil bobine enerji uygulayarak transformatörü çalıştırınız.
- Voltmetre ve ampermetre ile ikincil bobindeki gerilimi ve akımı ölçünüz.
- Ölçtüğünüz değerleri Tablo 4.1'e kaydediniz.

- Birincil ve ikincil bobindeki gerilim değerlerini karşılaştırarak dönüşüm oranını hesaplayınız. Dönüşüm oranı, ikincil gerilim / birincil gerilim şeklinde bulunur.
- Transformatörün verimini hesaplayınız.
- Birincil ve ikincil bobinleri yer değiştiriniz ve aynı işlemleri tekrarlayınız.

Adım 4: Sonuç ve Analiz

- Transformatörün dönüşüm oranını ve yük altındaki performansını değerlendiriniz.
- Elde ettiğiniz verileri analiz ediniz ve transformatörün temel özellikleri hakkında çıkarımlar yapınız.

Tablo 4.1. Bobin verileri

Birincil Bobin		İkincil Bobin	
Gerilim (V)	Akım (A)	Gerilim (V)	Akım (A)
5			
10			
20			
30			
$N_P =$		$N_S =$	

Sorular

1. Transformatörün temel görevini ve elektrik güç sistemlerindeki rolünü açıklayınız.
2. Güç transformatörleri ve dağıtım transformatörleri gibi transformatör çeşitlerini açıklayınız.
3. Transformatörlerdeki güç kayıplarının sebepleri nelerdir?
4. Transformatörlerdeki güç kayıplarını azaltmak için neler yapılabilir?
5. Manyetik alanın transformatör içindeki rolünü açıklayınız.
6. Demir çekirdeğin tek bir blok değil de levhalar halinde yapılmasının nedenini açıklayınız.
7. Demir çekirdekteki titreşimin nedenini açıklayınız.

DENEY VI

BİR BOBİNİN MANYETİK ALANI

Amaç

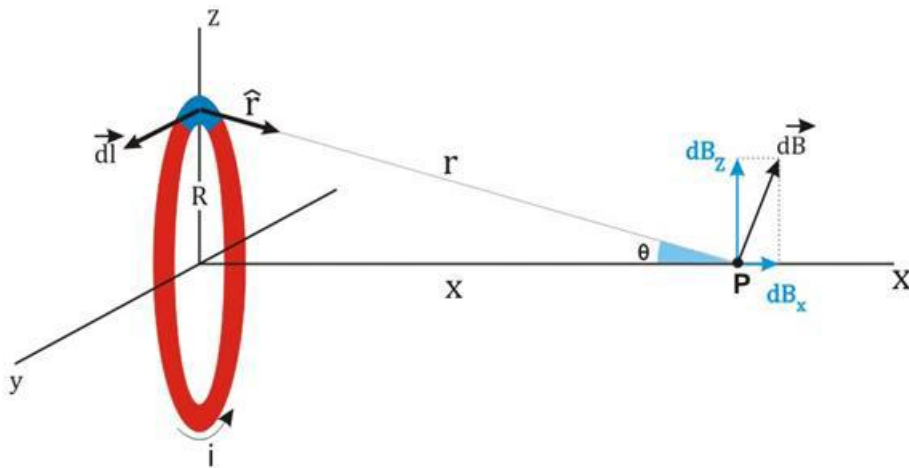
Bobinde meydana gelen manyetik alanı incelemek.

Deney Malzemeleri

Doğru Akım Kaynağı, Teslametre, Farklı Boyda ve Farklı Sarımlı Bobinler, Bağlantı Kabloları.

Teorik Bilgi

Oersted, 1819 yılında akım taşıyan bir iletkenin bir pusula iğnesini saptırdığını keşfetmiştir. Bunun anlamı akım taşıyan bir iletken telin çevresinde bir manyetik alan oluşturmasıdır. Bu keşiften kısa bir süre sonra, Jean Baptiste Biort ve Felix Savart adındaki bilim insanları kararlı akım taşıyan bir iletkenin bir mıknatıs üzerinde kuvvet oluşturduğunu görmüşlerdir. Biort ve Savart deneysel sonuçlardan yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, bu alanı oluşturan akım cinsinden veren ifadeyi bulmuşlardır. Bu yasanın matematiksel olarak elde edilmesini, Şekil 6.1'i kullanarak inceleyebiliriz.



Şekil 6.1. 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 $\hat{r}$ ise, o noktadaki manyetik alan şiddeti $d\vec{H}$ her iki vektöre de dik olup aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$d\vec{H} = \frac{i}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^3} \quad (6.1)$$

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

$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{dl}{r^2} \sin \theta \quad (6.2)$$

$$H = \frac{i}{4\pi} \int \frac{dl \times R}{r^3} \quad (6.3)$$

$$H = \frac{i}{4\pi} 2\pi R \frac{R}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6.4)$$

$$H = \frac{i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6.5)$$

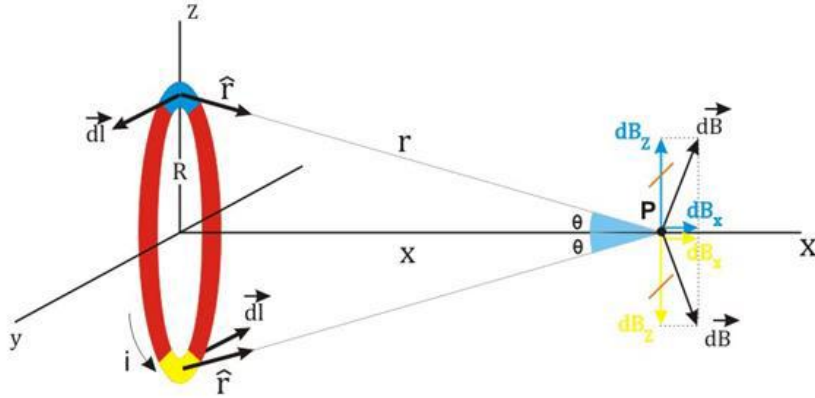
elde edilir. Ölçüm noktasındaki (P noktası) manyetik alan vektörü $d\vec{H}$, biri z-ekseni doğrultusunda (dH_z), diğeri ise x-ekseni doğrultusunda (dH_x) olmak üzere iki bileşene ayrılabilir. İletken tel üzerindeki tüm dl elemanlarından kaynaklanan bütün x-ekseni bileşenleri aynı yönde olduklarından birbirlerine eklenirler. Fakat bütün iletken tel üzerindeki dl elemanlarının yarattığı manyetik alanların z-ekseni bileşenleri ters yönlü olduğundan birbirlerini yok ederler (Şekil 6.2).

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

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} \quad (6.6)$$

ilişkisi vardır. $\mu_r = 1.000004$ olduğundan ihmal edilebilir. Eşitlik (6.5)'i, Eşitlik (6.6)'yı kullanarak yazacak olursak, P noktasında oluşan manyetik alan büyüklüğü,

$$B = \frac{i\mu_0}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6.7)$$

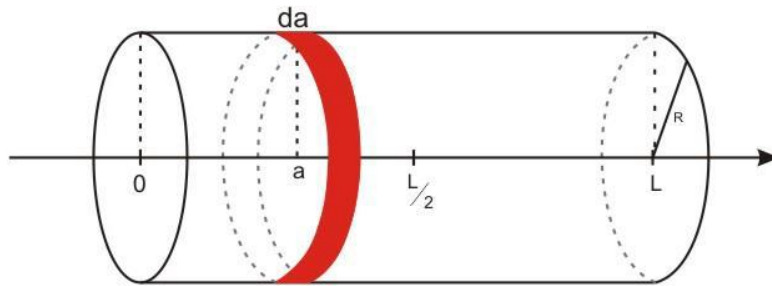


Şekil 6.2. İletken tel üzerinden geçen sabit akımın uzaydaki bir P noktasındaki manyetik alan bileşenleri ve net manyetik alan vektörünün yönü

olur. Sonuç olarak, R yarıçaplı, N adet iletken tel çemberden i akımı geçtiğinde çemberin eksenı boyunca ve merkezden x uzaklığında oluşan manyetik akı yoğunluğu Denklem (6.8) ile verilir:

$$B(x) = N\mu_0 \frac{i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6.8)$$

Uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar büyük ve L olan N sarımlı bir bobinin eksenı boyunca manyetik akının karakteristiğı sonsuz küçük sayıda ve uzunlukta bobinlerden oluştuğı varsayılarak elde edilir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar uzun ve L olan N sarımlı bobin

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

$$dB(x) = \frac{1}{2} \frac{N}{L} \mu_0 i \frac{R^2}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} da \quad (6.9)$$

Burada $\frac{N}{L}$, da kalınlıklı bobin kesitindeki sarım sayısıdır. Toplam manyetik alan “a” üzerinden integral alınarak bulunur:

$$B(x) = \frac{N\mu_0 i R^2}{2L} \int \frac{da}{[R^2 + (x - a)^2]^{3/2}} \quad (6.10)$$

Eğer bu integral hesaplanırsa;

$$B(x) = \frac{N\mu_0 i}{2L} \left[\frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{x - L}{\sqrt{R^2 + (x - L)^2}} \right] \quad (6.11)$$

elde edilir. Uzun, ince bobinin ($R \ll L$) merkezine yakın bir noktada ($x = \frac{L}{2}$) manyetik alanın büyüklüğü Denklem (6.11)’den şöyle bulunur:

$$B_{\text{merkez}} = \mu_0 i \frac{N}{L} \quad (6.12)$$

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

$$B_{\text{uç}} = \frac{1}{2} \mu_0 i \frac{N}{L} \quad (6.13)$$



Şekil 6.4. Deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- Deneyde kullanılacak bobinlerin sarım sayılarını Tablo 6.1'e kaydediniz.
- Bağlantıları yapmak için uygun kabloları seçiniz.

Adım 2: Deney Düzeneği Kurulumu ve Ölçüm Alınması

1. Kısım: Yer Değiştirmeye Bağlı Olarak Manyetik Alanın Değişimi

- Şekil 6.4'deki devreyi kurunuz.
- Gaussmetrenin probunun ucunu bobinin tam ucuna yerleştiriniz. Probun ucunun bobinin kesit alanının tam merkezinde olmasına dikkat ediniz.
- Akım değerini 0.8 A'e ayarlayarak bobinlere sabit voltaj uygulayınız.
- Gaussmetre probunu 1 cm aralıklarla bobinin merkezine doğru itiniz.
- 1 cm aralıklarla Gaussmetreden okunan manyetik alan değerlerini Tablo 6.1'e not ediniz.
- Bobinin tam ortasında okunan manyetik alan değerini yorumlayınız.
- $x = L/2$ iken okunan manyetik alan ile Denklem (6.11)'i kullanarak hesaplayınız ve manyetik alan değerini karşılaştırınız. Okuduğunuz manyetik alan değerini SI birimine çeviriniz.
- Aynı işlemleri farklı sarımlı fakat aynı boylu ve yarıçaplı bobinler için tekrarlayınız.

- Herhangi bir bobin için, bobine uyguladığınız akımı yavaş yavaş arttırarak manyetik alandaki değişimi gözleyiniz. Vereceğiniz akımın bobini yakmayacak sınırdan olduğuna dikkat ediniz.

2. Kısım: Bobinin Merkezindeki Manyetik Alan

- Hall probunu farklı sarım sayılı bobinler için bobinin tam merkezine geldiğinde ($x=0$) manyetik alanın değerini okuyarak Tablo 6.2'ye kaydediniz.
- Denklem (6.13)'ten manyetik alanı hesaplayınız ve ölçülen değerler ile karşılaştırarak hata hesabı yapınız.

Adım 3: Sonuç ve Analiz

- Deney sonuçlarınızı analiz ediniz ve akım ile manyetik alan arasındaki ilişkiyi anlamaya çalışınız.
- Sarım sayısı ve bobin çapı gibi faktörlerin manyetik alan üzerindeki etkilerini değerlendiriniz.

Tablo 6.1. Yer değiştirmeye bağlı olarak manyetik alan için ölçümler

x (cm)	Bobin 1	Bobin 2	Bobin 3	Bobin 4
	N =	N =	N =	N =
	R =	R =	R =	R =
	L =	L =	L =	L =
	B (mT)	B (mT)	B (mT)	B (mT)
0				
1				
2				
3				
4				
5				

Tablo 6.2. Bobinin merkezindeki manyetik alan için ölçüm değerleri tablosu.

N	L (cm)	R (cm)	B (mT)

Sorular

1. Bobinin manyetik alanı deneyinin temel amacını açıklayın.
2. Manyetik alanın yönünü belirlemenin yöntemlerini açıklayın.
3. Bobinin manyetik alanının şiddetini nasıl ölçtüğünüzü açıklayın.
4. Deneyin günlük hayatta pratik uygulamaları nelerdir? Açıklayın.

DENEY VII

HELMHOLTZ BOBİNLERİNDE OLUŞAN MANYETİK ALANIN ÖLÇÜLMESİ

Amaç

Bobinde meydana gelen manyetik alanı incelemek.

Deney Malzemeleri

Digiac 1750 Deney Seti, Bağlantı Kabloları.

Teorik Bilgi

Aynı eksen üzerine yerleştirilmiş eşit sarımlı iki bobinden oluşan sistem Helmholtz bobini olarak bilinir. Bu bobinin özelliği bobinler arasındaki uzaklığın bobinlerin ortak yarıçapına eşit olmasıdır.

Düzgün bir manyetik alan üretmek istendiğinde yaygın olarak Helmholtz bobini kullanılır. Bobinlerin birinden x kadar uzaklıktaki eksen üzerinde i akımı taşıyan yarıçapı a olan N sarımlı bir bobinin eksenindeki manyetik alan şöyledir:

$$H = \frac{Ni}{2a} \left(1 + \frac{x^2}{a^2} \right)^{-\frac{3}{2}} \quad (7.1)$$

Bobinlerin birini $x = 0$ ve diğerini $x = a$ konumuna yerleştirelim. İki bobinden de aynı yönlü akım geçtiğinde, bobinlerin ortasındaki manyetik alan,

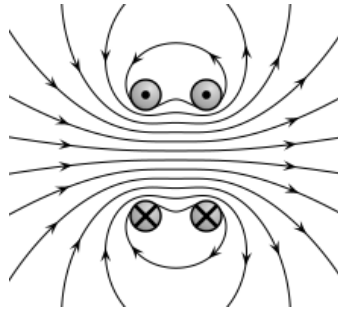
$$H = \frac{Ni}{2a} \left[\left(1 + \frac{x^2}{a^2} \right)^{-\frac{3}{2}} + \left(1 + \frac{(a-x)^2}{a^2} \right)^{-\frac{3}{2}} \right] \quad (7.2)$$

olur. Eksen üzerinde, orta nokta $\left(x = \frac{a}{2}\right)$ Helmholtz bobini için manyetik alanın eksen bileşeni,

$$H = \frac{0.8^{\frac{3}{2}}Ni}{a} = \frac{0.7155Ni}{a} \quad (7.3)$$

şeklinde elde edilir.

Eksen üzerinde yarıçap yönündeki bileşen simetriden dolayı sıfır olmaktadır. Sonuçta Helmholtz bobininde ortak eksen x eksenini boyunca düzgün bir alan, eksenden yarıçap doğrultusundaki yönde yani z eksenini boyunca zayıf bir alan oluşmaktadır. Bundan dolayı manyetik alan şiddeti bobinler arasındaki geniş bir bölgede oldukça sabittir. Helmholtz bobininde oluşan düzgün manyetik alan Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Helmholtz bobininde oluşan düzgün manyetik alan

Bobinlerin birinden geçen akım terslendirilirse, oluşan alanlar zıt olacaktır. Bu koşullarda eksen üzerindeki alan,

$$H = \frac{Ni}{2a} \left[\left(1 + \frac{x^2}{a^2}\right)^{-\frac{3}{2}} - \left(1 + \frac{(a-x)^2}{a^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \right] \quad (7.4)$$

olur. Helmholtz bobinleri, bir örneğe sabit bir kuvvet uygulamak için kullanışlı olan düzgün bir alan değişimi üretir.

Deneyin Yapılışı

Adım 1: Malzemelerin Hazırlanması

- Bağlantıları yapmak için uygun kablolarını seçiniz.

Adım 2: Deney Düzeneği Kurulumu ve Ölçüm Alınması

- Deney setinin bobinlerini, üzerlerinden aynı yönde akım geçirecek şekilde ayarlayınız ve x uzaklığına göre manyetik akı yoğunluğunu (manyetik indüksiyonu, B) ölçüp Tablo 7.1'e kaydediniz.
- Tablo 7.1'den yararlanarak manyetik alan şiddeti (H) değerlerini Denklem (7.5)'i kullanarak bulunuz.

$$B = \mu_0 H, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{H}{m} \quad (7.5)$$

- Hesaplanan manyetik alan şiddetinin, uzaklığa bağlı grafiğini çizin.
- Bobinlerden aynı yönde akım geçmesi durumu için Denklem (7.2)'yi kullanarak Tablo 7.1'deki x değerlerine karşılık H (teorik) değerleri hesaplayınız. Hesapladığınız H (teorik) değerleri ile birinci aşamada bulduğunuz H (deneysel) değerlerini karşılaştırınız.
- Aynı işlemi bobinlerin birinden geçen akımı terslendirerek tekrarlayınız. Teorik H değerlerini hesaplamak için Denklem (7.4)'den yararlanınız.

Adım 3: Sonuç ve Analiz

- Helmholtz bobinlerinin manyetik alan üretme kapasitesi hakkında elde ettiğiniz bilgileri değerlendiriniz ve bu bilgilerin pratikte nasıl kullanılabileceğini düşününüz.

Tablo 7.1. Uzaklığa göre ölçülen manyetik akı yoğunluğu değerleri

x (cm)	B (mT)	x (cm)	B (mT)
7.5		-7.5	
7		-7	
6		-6	
5		-5	
4		-4	
3		-3	
2		-2	
1		-1	
0			

Sorular

1. Manyetik alanın homojenliği ve kontrol edilebilirliği, Helmholtz bobinlerini manyetik alan uygulamalarında ne kadar kullanışlı kılar?
2. Deneyin günlük hayatta pratik uygulamaları nelerdir? Açıklayınız.

DENEY VIII

TESLA BOBİNİ İLE KABLOSUZ ENERJİ İLETİMİ

Amaç

Tesla bobini aracılığıyla kablosuz enerji iletimini incelemek.

Deney Malzemeleri

Tesla Bobini, Güç Kaynağı.

Teorik Bilgi

Tesla bobini, yüksek frekanslı alternatif akımı (AC) kullanarak gerilimi artıran bir elektrik devresi transformatörüdür. Son derece yüksek gerilime sahip olması nedeniyle, Tesla bobini elektriği hava yoluyla iletebilir ve yakındaki elektronik cihazları besleyebilir ya da zarar verebilir. Tesla bobini, son derece yüksek gerilim üretmesine rağmen, düşük akım ve yüksek frekanslı alternatif akım üretmesi genellikle çoğu insanın yara almadan cihaza yaklaşmasını mümkün kılar. Tesla bobini ile oluşturulan elektrik arkları veya plazma gibi etkileyici görüntüler cihazı popüler kılmıştır, bununla birlikte bobinin temel prensipleri aynı zamanda radyo teknolojisinin gelişiminde de önemli rol oynamıştır.

Sırp-Amerikalı mucit Nikola Tesla tarafından 1891'de Tesla bobini icat edilmiştir. Tesla, özellikle aydınlatma için kablosuz elektrik iletim potansiyeliyle ilgilenmiştir. Ancak bu planında pek başarılı olamamıştır.

Tesla Bobinin Temel Bileşenleri

Birincil Bobin: Genellikle düşük dirençli ve kalın telli bir bobindir. Primer bobin, enerjinin ana kaynağıdır ve bir yüksek frekansta alternatif akım üretir.

İkincil Bobin: Primer bobinin etrafına sarılı, daha ince ve daha uzun bir bobindir. İkincil bobin, enerjinin transfer edildiği ve yüksek voltajlı bir çıkış ürettiği yerdir.

Manyetik Çekirdek: Genellikle ferrit veya başka bir manyetik malzeme kullanılır. Manyetik çekirdek, manyetik akıyı artırarak indüksiyonu güçlendirir.

Yüksek Gerilim Kaynağı: Primer bobine enerji sağlayan yüksek gerilimli bir kaynaktır. Bu kaynak genellikle bir transformatör veya yüksek frekansta çalışan bir devre içerebilir.

Kondansatör: Yüksek gerilim kaynağının enerjisini depolayan ve daha sonra boşaltan bir kondansatör kullanılır. Bu, yüksek frekanslı salınımların oluşturulmasını sağlar.

Yüksek Frekansta Çalışan Anahtar: Enerjiyi anlık olarak bobinlere ileten bir anahtar bulunur. Bu anahtar, yüksek frekansta açılıp kapanarak manyetik alanın oluşmasını sağlar.

Çalışma Prensibi

Primer Akımı: Yüksek gerilim kaynağı, kondansatörü yükler. Yüklenen kondansatör aniden boşaltılır ve bu, birincil bobinde bir akımın oluşmasına neden olur.

Manyetik Alanın Oluşumu: Birincil bobin üzerinden geçen bu akım, manyetik bir alan oluşturur. Manyetik çekirdek, bu manyetik alanı artırarak indüksiyonu güçlendirir.

İkincil Akımın Oluşumu: Birincil bobinde oluşan manyetik alan, ikincil bobinde bir akımın oluşmasına neden olur. İkincil bobinde oluşan bu akım, yüksek frekansta ve yüksek voltajda bir çıkış üretir.

Yüksek Gerilim ve Frekanslı Çıkış: İkincil bobinde oluşan yüksek gerilimli akım, çıkış uçlarından yüksek frekansta salınımlar üreterek çevreye enerji iletimi sağlar.

ÖRNEK BİR DENEY RAPORU

DENEY NO:

DENEY ADI:

AD : Z****

SOYAD : G*****

ÖĞR. NO : 50*****

Amaç

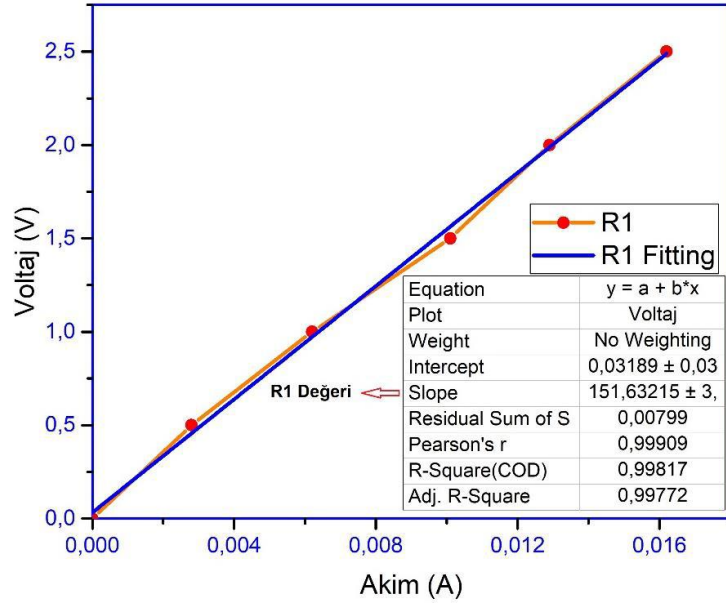
Akım ve gerilim arasındaki ilişkiyi ve bir iletkenin direncini incelemek ve Ohm Yasası'nı doğrulamak.

Deney Malzemeleri

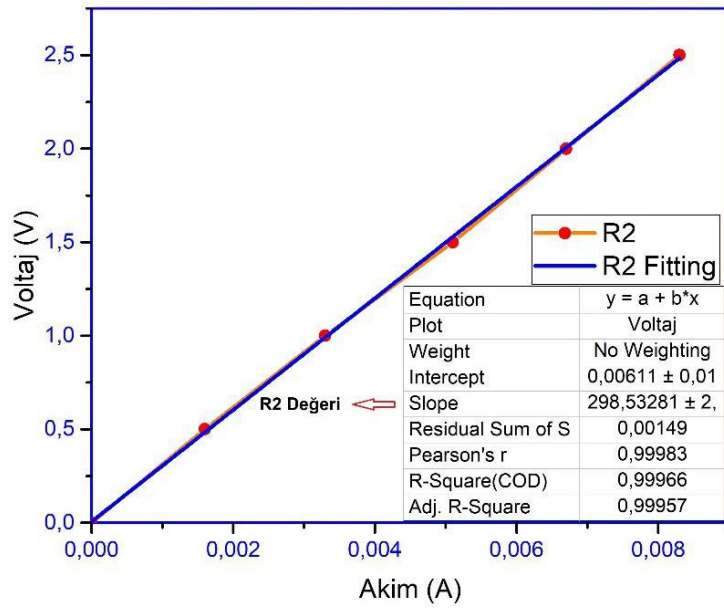
Çeşitli Dirençler, Ampermetre, Voltmetre, Gerilim Kaynağı, Bağlantı Kabloları

Deneysel Veriler

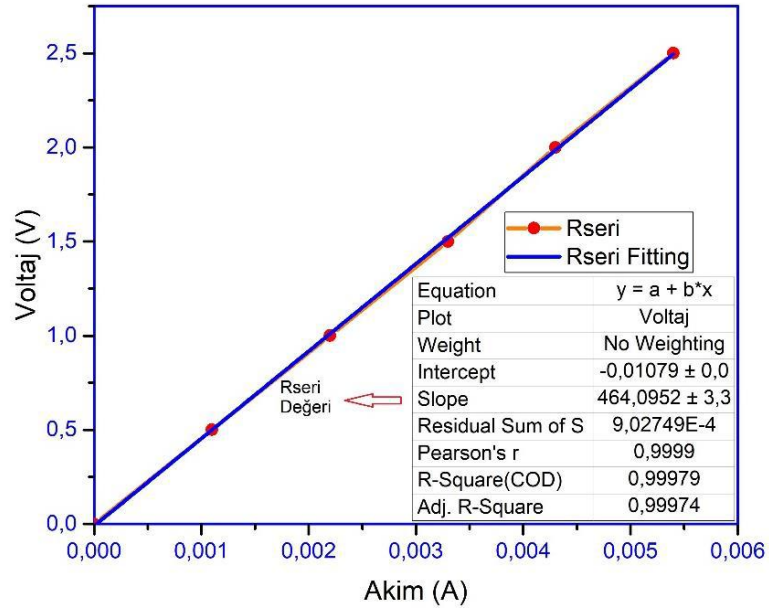
R ₁		R ₂		R _{Seri}		R _{Paralel}	
Voltaj (V)	Akım (mA)	Voltaj (V)	Akım (mA)	Voltaj (V)	Akım (mA)	Voltaj (V)	Akım (mA)
0.5	2.8	0.5	1.6	0.5	4.8	0.5	1.1
1	6.2	1	3.3	1	9.6	1	2.2
1.5	10.1	1.5	5.1	1.5	14.4	1.5	3.3
2	12.9	2	6.7	2	19.2	2	4.3
2.5	16.2	2.5	8.3	2.5	24.1	2.5	5.4



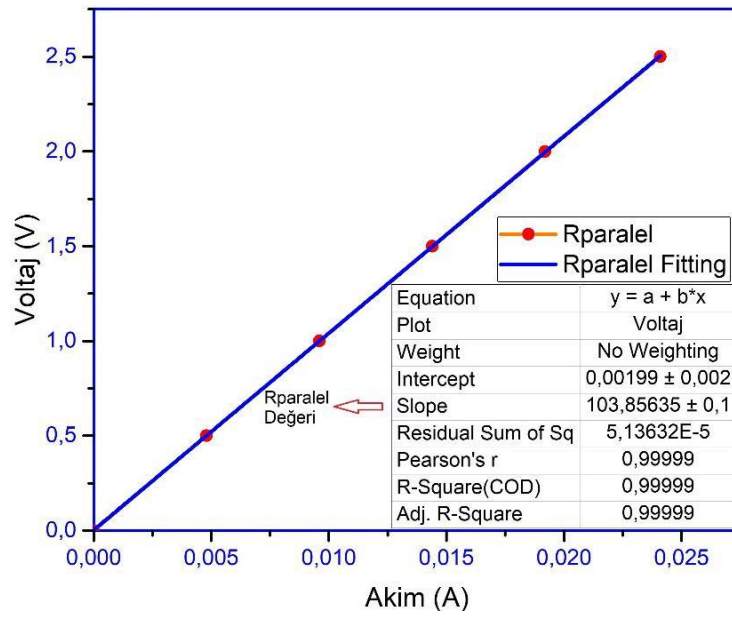
Şekil 1.1. R_1 direnci için $I - V$ grafiği



Şekil 1.2. R_2 direnci için $I - V$ grafiği



Şekil 1.3. R_{seri} direnci için $I - V$ grafiği



Şekil 1.4. $R_{paralel}$ direnci için $I - V$ grafiği

Hata Hesabı

Her bir “R” değeri için aşağıdaki hata hesabı yapılacaktır. R_x değerleri, R_1 , R_2 , R_{seri} , R_{paralel} değerlerini sembolize eder.

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta(V_2 - V_1)}{V_2 - V_1} + \frac{\Delta(I_2 - I_1)}{I_2 - I_1}$$
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{2\Delta V}{V_2 - V_1} + \frac{2\Delta I}{I_2 - I_1}$$

Sonuç / Yorum

Ohm Yasası'na göre, bir iletken üzerinden geçen akım (I), iletken üzerinde uygulanan gerilim (V) ile doğru orantılıdır, yani, $I \propto V$ 'dır. Eğer bir iletkenin üzerinden geçen akım ile gerilim arasındaki oran, herhangi bir gerilim değeri için sabit bir direnç değeri veriyorsa, bu iletken Ohm Yasası'na uyar. Ohm Yasası matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir: $V = I \cdot R$, burada R direnç değerini temsil eder.

Gözlemler ve Çıkarımlar

Grafik olarak çizilen akım-gerilim (I-V) grafiği doğrusal bir çizgi oluşturmalıdır. Bu, Ohm Yasası'nın geçerli olduğunu gösterir.

Direnç değeri, V/I oranı ile belirlenir. Eğer bu oran sabitse, iletken Ohmik davranış sergiliyor demektir.

Ekler (Deney Dışı Araştırmaları İçerir / İsteğe Bağlıdır)

- DENEY İLE İLGİLİ DÖKÜMANLAR, BELGELER, KAYNAKLAR
- DENEYSEL GRAFİKLER
- DENEY İLE İLGİLİ ÖNERİLER

FİZİKSEL NİCELİKLERİN SEMBOLLERİ VE BİRİMLERİ

Nicelik	Genel Sembolü	Birimi (SI)
Kütle	m	kg
Elektrik yükü	q veya e	C
Çizgisel yük yoğunluğu	λ	C/m
Yüzeysel yük yoğunluğu	σ	C/m^2
Hacimsel yük yoğunluğu	ρ	C/m^3
Gerilim (voltaj, potansiyel farkı)	V	V
Akım	I	A
Akım yoğunluğu	J	A/m^2
Direnç	R	Ω
İletkenlik	ρ	$1/(\Omega m)$
Kapasitans (Sığa)	C	F
Dielektrik sabiti	κ	-
Elektrik alan	E	V/m
Elektrik akısı	Φ	$V.m$
Elektromotor kuvvet	$\mathcal{E}$	V
Elektrik dipol momenti	p	$C.m$
Manyetik alan	B	T
Manyetik akı	Φ_m	Weber
Manyetik dipol moment	μ	$N.m/T$
Uzayın manyetik geçirgenliği	μ_0	N/A^2
Uzayın elektrik geçirgenliği	ϵ_0	$C^2/(N.m)$
Enerji	E, U, K	J
Kuvvet	F	N
Frekans	f	Hz
Güç	P	W

SABİTLER

Temel yük, e	$1.60217733 \cdot 10^{-19}$ C
Elektronun durgun kütlesi	$9.1093897 \cdot 10^{-31}$ kg
Protonun durgun kütlesi	$1.6726231 \cdot 10^{-27}$ kg
Nötronun durgun kütlesi	$1.6749286 \cdot 10^{-27}$ kg
Uzayın manyetik geçirgenliği	$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T}^2 m^3 / J$ $12.566370614 \cdot 10^{-7} \text{ T}^2 m^3 / J$
Uzayın elektrik geçirgenliği	$8.854187817 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 J / m$

KAYNAKLAR

- [1] Servey Fizik Cilt II
- [2] Bursa Uludağ Üniversitesi Fizik II Laboratuvarı Deney Kılavuzu
- [3] Bursa Teknik Üniversitesi Fizik II Laboratuvarı Deney Kılavuzu
- [4] B.U.Ü. FZK 3406 Manyetizma ve Uygulamaları Laboratuvarı Deney Kılavuzu
- [5] Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik II Laboratuvarı Deney Kılavuzu