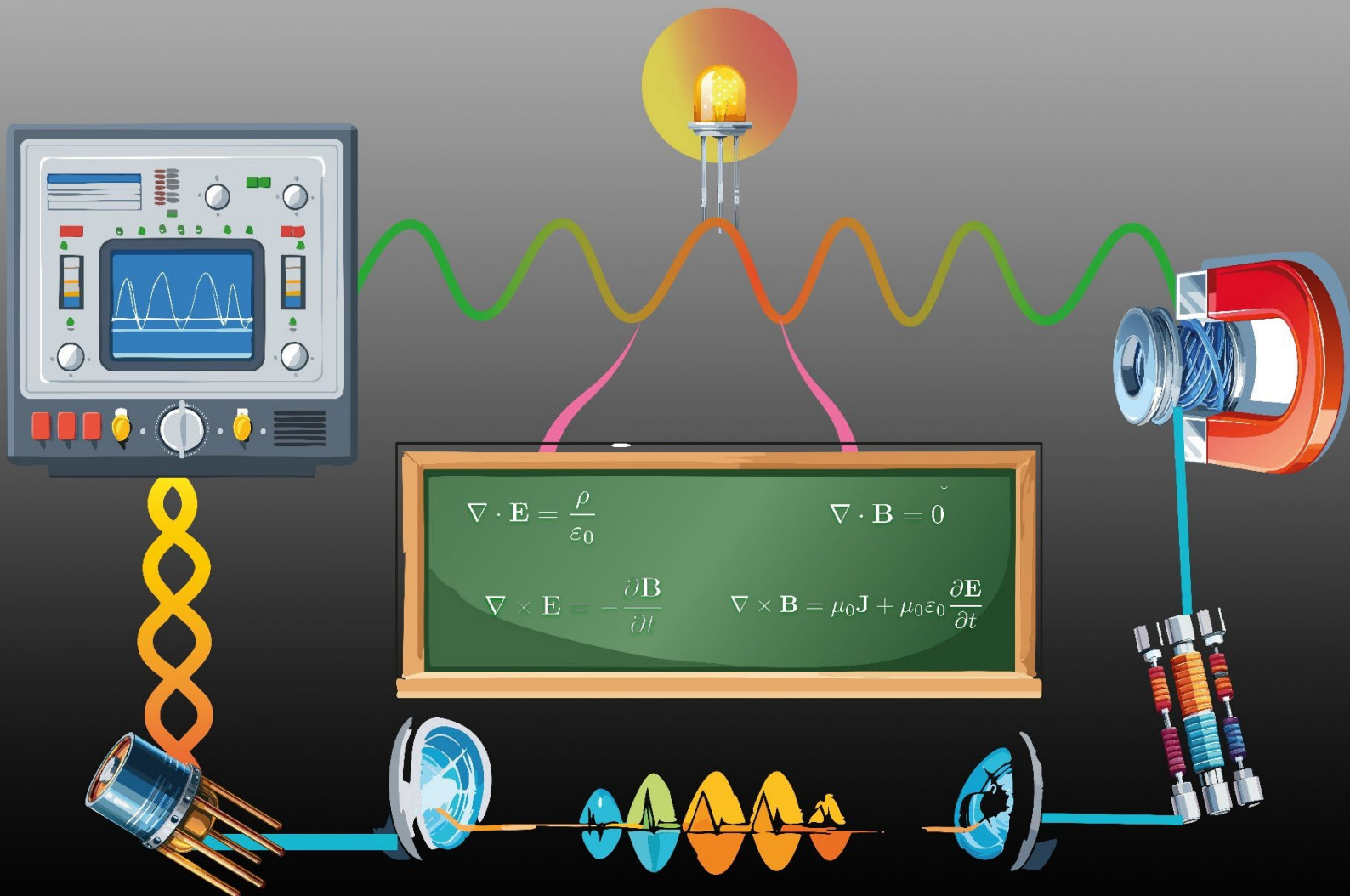




T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ FİZİK BÖLÜMÜ

Dalgalar Laboratuvarı
FİZ 252



İÇİNDEKİLER

LABORATUVAR KURALLARI	i
1. Deney: Alternatif Akım ve Devreleri.....	1
1.1. Deneyin Amacı:.....	1
1.2. Teorik Bilgiler	1
1.3. Deneyin Yapılışı.....	5
2. Deney: Direnç-Kondansatör (RC) Devreleri	9
2.1. Deneyin Amacı.....	9
2.2. Teorik Bilgiler	9
2.3. Deneyin Yapılışı.....	12
3. Deney: Direnç-Bobin (RL) Devreleri	16
3.1. Deneyin Amacı:.....	16
3.2. Teorik Bilgiler	16
3.3. Deneyin Yapılışı.....	19
4. Deney: LRC Devreleri ve Salınımlar	22
4.1. Deneyin Amacı.....	22
4.2. Teorik Bilgi	22
4.3. Deneyin Yapılışı.....	27
5. Deney: Çiftlenimli Salınganlar.....	32
5.1. Deneyin Amacı.....	32
5.2. Teorik Bilgiler	32
5.3. Deneyin Yapılışı.....	35
6. Deney: Dönüştürgenler.....	38
6.1. Deneyin Amacı.....	38
6.2. Teorik Bilgiler	38
6.3. Deneyin Yapılışı:.....	41
7. Deney: Temel Mikrodalga Deneyleri	44
7.1. Deneyin Amacı.....	44
7.2. Teorik Bilgiler	44
7.3. Deneyin Yapılışı:.....	46
8. Deney: Kundt Deneyi.....	50
8.1. Deneyin Amacı.....	50
8.2. Teorik Bilgiler	50
8.3. Deneyin Yapılışı.....	52

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

LABORATUVAR KURALLARI

- Her öğrenci derse gelirken, deney föyünü, çok fonksiyonlu bir hesap makinesini, milimetrik kâğıdını ve en az 20 cm'lik bir cetvelini getirmelidir.
- **Öğrenci derse gelmeden önce, yapacağı deneyin teorik bilgilerini boş beyaz kâğıda siyah veya mavi tükenmez veya pilot kalemle yazacaktır. Ön hazırlığı yapmadan gelen öğrencinin deney raporu 60 puan üzerinden değerlendirilecektir.**
- İlgili asistanlar, teorik bilginin hazırlanıp hazırlanmadığını paraf atarak kontrol edeceklerdir.
- Deneyin yapılışı yazılırken, kullanılan deney düzeneği çizilecektir.
- **Zaman kalması durumunda telafi deneyi yapılacaktır.**
- Belirtilen süre içinde gelmeyen raporlar değerlendirmeye alınmayacaktır.
- Öğrencinin gelmediği veya teslim etmediği deneye ait rapor notu, 0 (sıfır) olarak değerlendirilecektir.
- **Öğrenci, laboratuvar dersine gelmediği hâlde, yapmadığı deneyin raporunu veremez.**
- Öğrenci, hazırladığı deney raporunun aslını vermek zorundadır. Deney raporunun fotokopisi kabul edilmez. Öğrenciler teslim ettikleri raporlarını geri alamayacaklardır.
- **Rapor, mavi ya da siyah tükenmez veya pilot kalem ile yazılacaktır.**
- Hesaplamalar kısmında, hesaplamalarda kullanılan formüller belirtilecek, en az bir örnek hesaplama gösterilecek, bulunan değerlerin birimleri yazılacak, varsa ilgili tablo veya tablolar doldurulacaktır.
- Grafik çizim kurallarına uygun olarak, grafikler, milimetrik kâğıda kurşun kalem ile çizilecektir.
- **Ara sınav haftasında, laboratuvar dersi yapılmayacaktır.**

Öğrenciler tüm rapor notlarını ve ortalamasını dönem sonunda öğrenir.

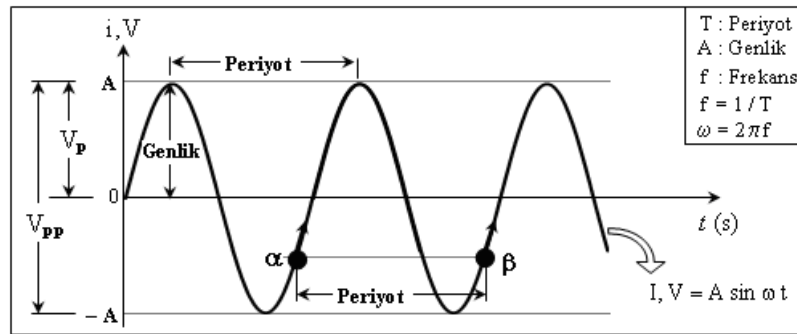
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

1. Deney: Alternatif Akım ve Devreleri

1.1. Deneyin Amacı: Alternatif akımın özelliklerini ve parametrelerini tanımlayarak, devre elemanlarının alternatif akıma karşı davranışlarını incelemek.

1.2. Teorik Bilgiler

İki nokta arasındaki elektriksel potansiyel farkının zamana bağlı olarak değişmesi halinde bir alternatif gerilim oluşur. Böyle bir gerilimin bir iletken üzerine uygulanması durumunda, iletken içindeki serbest elektronlar, gerilimin zamanla değişimine uygun olarak hareket ederler. Bu şekilde oluşan elektrik akımı alternatif akım (AC) olarak adlandırılır. Birçok elektrik veya elektronik devrede akımın zamanla değişimi periyodik bir özellik gösterse de periyodik olarak değişmeyen durumlar da bulunmaktadır. Akım şiddetinin zamanın fonksiyonu olarak çizilmesiyle elde edilen grafiklere alternatif akımın dalga biçimi adı verilir. Zamana göre en yalın değişen akım, yön bakımından periyodik olarak değişen akımdır ve bu tür alternatif akım genellikle kare dalga olarak tanımlanır. Kare dalga biçiminin dışında, sinüs dalga ve üçgen dalga biçimine sahip alternatif akımlar tanımlanabilir. Alternatif sinyalin zaman içinde aldığı en büyük değerine **genlik** denir ve birimi akım için amper, gerilim için voltur. Zamana göre periyodik olarak değişen gerilimin özdeş en yakın iki noktası (Şekil 1.1’de görülen α ve β noktaları) arasındaki süreye periyot denir ve T ile gösterilir, birimi saniyedir. Birim zamandaki (1s) periyodik dalga sayısına ise frekans denir ve f ile gösterilir, birimi 1/s veya Hertz (Hz)’dir.



Şekil 1.1. Alternatif akım parametreleri.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

1.2.1. Omik Dirençli Basit Bir AC Devresi

AC üreticinin uçlarına direncin bağlı olduğu bir devreyi göz önüne alalım. Direncin uçları arasındaki ani gerilim düşmesi V_R ile gösterilirse, bu devreye Kirchhoff'un kapalı devre kuralı uygulanması neticesinde, direnç üzerinden akan akım

$$I = V_R/R = V_p \sin \omega t / R = I_p \sin \omega t \quad (1.1)$$

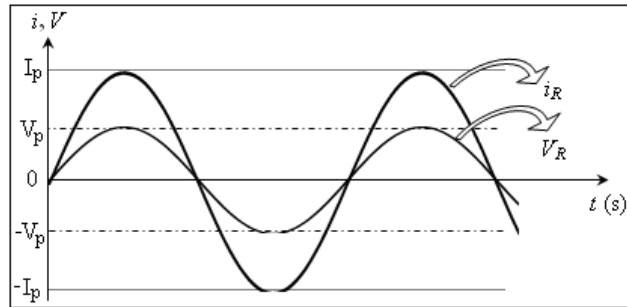
olarak yazılabilir. Burada I_p ;

$$I_p = V_p/R \quad (1.2)$$

ile verilen pik (tepe) akımıdır. Sonuç olarak direncin uçları arasındaki gerilim düşmesinin;

$$V_R = RI_p \sin \omega t \quad (1.3)$$

olduğu görülür. Gerilim ve akımın zamanla değişimi, $\sin \omega t$ fonksiyonuna uygun bir şekilde olup, tepe değerlerine aynı anda ulaşmaları nedeniyle aynı fazda oldukları söylenir.



Şekil 1.2. Bir direncin uçları arasındaki akım ve gerilimin zamanın fonksiyonu olarak değişimi.

Bir akımın ısı etkisi, akımın karesi ile orantılı olduğundan akımın doğru veya alternatif olması önemli değildir. Fakat I_p maksimum değerine sahip bir alternatif akım tarafından oluşturulan ısı etkisi, aynı değerli bir doğru akımın ısı etkisi ile aynı değildir. Bunun nedeni, alternatif akımın bir periyodik süre boyunca çok kısa bir süre maksimum değerinde bulunuşudur. Etkin akım (I_{et}) ile alternatif akımın maksimum değeri (I_p) arasında;

$$I_{et} = I_p/\sqrt{2} = 0,707I_p \quad (1.4)$$

bağıntısı vardır. Bu bağıntı, maksimum değeri 2A olan bir alternatif akımın bir dirençte

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

oluşturacağı ısı etkisinin yaklaşık olarak 1,414 A'lık bir doğru akım ile aynı olduğunu söylemektedir. Böylece, alternatif akımın geçtiği bir dirençte harcanan ortalama gücün $P_{or} = I_{et}^2 \cdot R$ olduğunu söyleyebiliriz. Etkin alternatif gerilim (V_{et}), V_p maksimum değerine,

$$V_{et} = V_p / \sqrt{2} = 0,707V_p \quad (1.5)$$

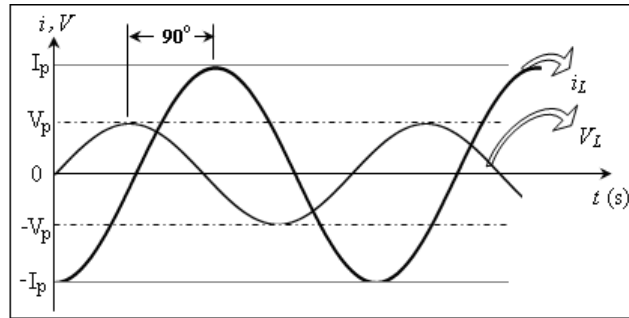
şeklinde bağlıdır. Buna göre, bir elektrik prizindeki AC gerilimini 220V olarak ölçtüğünü söyleyen birisi, gerçekte 220 V'luk etkin gerilimi ölçmüştür ve bunun V_p değeri 311V'dur.

1.2.2. İndüktörlü (Bobinli) AC Devreleri

Üretcin uçlarına indüktörün bağlı olduğu bir AC devresini göz önüne alalım. L indüktörün uçları arasındaki ani gerilim düşmesi V_L ile gösterilirse, bu devreye Kirchhoff'un kapalı devre kuralı uygulanması neticesinde, bobin üzerinden akan akım

$$I = \frac{V_p}{L} \int \sin \omega t .dt = -\frac{V_p}{\omega L} \cos \omega t = \frac{V_p}{\omega L} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (1.6)$$

ifadesi ile verilir. Bu ifade akımın gerilim ile 90°'lik faz farkına sahip olduğunu gösterir.



Şekil 1.3. Bir indüktörün uçlarındaki akım ve gerilimin zamanın fonksiyonu olarak değişimi.

Akımın maksimum değeri I_p 'nin;

$$I_p = V_p / \omega L = V_p / X_L \quad (1.7)$$

olduğu görülür ki bu, bir indüktördeki maksimum akımdır. Buradaki X_L niceliğine **indüktif reaktans** veya kısaca **reaktans** adı verilir ve

$$X_L = \omega L \quad (1.8)$$

eşitliği ile tanımlanır. Reaktans Ohm boyutunda olup, dirençle karıştırılmamalıdır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Reaktans, V ile i arasındaki faz farkına bakılmak suretiyle omik bir dirençten ayırt edilebilir. Sadece indüktör içeren bir devrede i , V 'nin 90° gerisindeyken, yalnızca omik direnç içeren bir devrede i ile V 'nin daima aynı fazda oldukları unutulmamalıdır. Bir indüktörün uçları arasındaki anlık gerilim düşmesi,

$$V_L = V_p \sin \omega t = I_p X_L \sin \omega t \quad (1.9)$$

eşitliği ile ifade edilebilir. Bu eşitlik **indüktörlü devre için ohm kanunu** olarak bilinir. Bir indüktörün reaktansının frekansla arttığına dikkat edilmelidir. Bunun nedeni, yüksek frekanslarda akımın daha hızlı değişim göstermesi ve bunun sonucu olarak belirli maksimum akıma eşlik eden indüklenmiş emk'nın artmasıdır.

1.2.3. Kondansatörlü AC Devreleri

Bir AC üreticinin uçlarına bağlı kondansatörden oluşan seri bir devreye Kirchhoff'un kapalı devre kuralı uygulanması neticesinde, kondansatör üzerinden akan anlık akım,

$$I_c = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(CV_p \sin \omega t)}{dt} = \omega C V_p \cos \omega t = \omega C V_p \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1.10)$$

olarak elde edilir. Bu eşitlik akımın, kondansatördeki gerilim düşmesi ile 90° 'lik bir faz farkı olduğunu gösterir. Buna göre devredeki maksimum akım,

$$I_p = \omega C V_p = V_p / X_c \quad (1.11)$$

olur. Burada X_c niceliğine **kapasitif reaktans** denir ve aşağıdaki gibi tanımlanır:

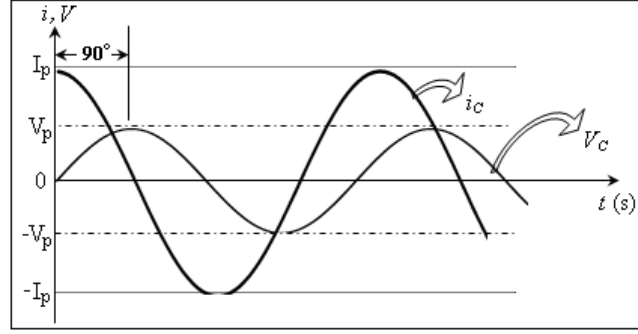
$$X_c = 1/\omega C \quad (1.12)$$

Kondansatörün uçları arasındaki gerilim düşmesi ise,

$$V_c = V_p \sin \omega t = I_p X_c \sin \omega t \quad (1.13)$$

şeklinde ifade edilebilir. Devrenin frekansı arttıkça akım artar, reaktans ise azalır. Uygulanan belirli bir V_p maksimum gerilimi için frekans arttıkça akım da artar. Frekans sıfıra yaklaştıkça kapasitif reaktans sonsuza yaklaşır. Bu nedenle akım da sıfıra gider. Bu durum $\omega \rightarrow 0$ olmasıyla devrenin DC şartlarına yaklaşacağını ifade eder. Ancak, kondansatör kararlı DC şartlarında akım geçirmez.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

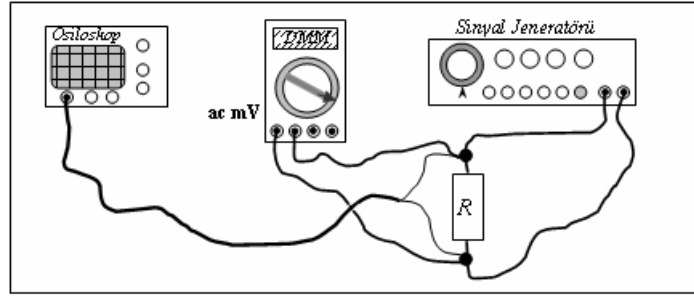


Şekil 1.4. Kondansatörün uçları arasındaki gerilimin ve üzerinden akan akımın zamana göre değişimi.

1.3. Deneyin Yapılışı

1.3.1. Etkin Değerin Belirlenmesi

Şekil 1.5'te verilen devreyi $R = 330\Omega$ seçerek kurunuz ve aşağıdaki işlem basamaklarını takip ediniz:



Şekil 1.5. Çalışma geriliminin etkin değerlerinin belirlenmesi için kurulacak devre düzeneği.

1. Sinyal jeneratörünü 200 Hz frekanslı sinüs dalgası üretecek şekilde ayarlayıp cihazı kapatınız.
2. Sinyal jeneratörünü açarak direnç uçlarındaki gerilimin V_{pp} değerini 1V'a ayarlayınız. Bunun için sinyal jeneratörünün genlik ayar düğmesini kullanınız.
3. DMM'den okuduğunuz etkin gerilimin (V_{et}) değerini Tablo 1.1'de yerine yazınız.
4. Etkin gerilimin teorik ($V_{et,teo}$) ve hata (δV_{et}) değerlerini hesaplayıp tabloya yazınız.
5. Sinyal jeneratörünü ayarlayarak 200, 400, 600 ve 800 kHz frekanslı sinüs dalgaları için de aynı işlemleri tekrarlayarak sonuçları tabloya yazınız.
6. Aynı işlemleri kare dalga ve üçgen dalga için tekrarlayınız.

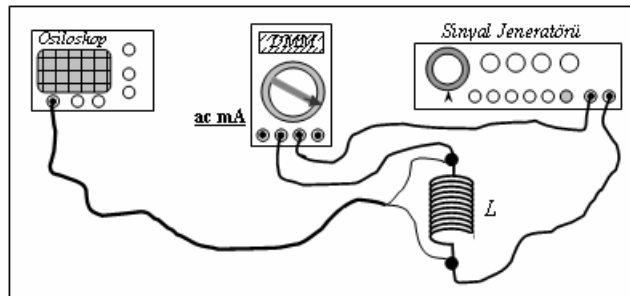
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Tablo 1.1. Farklı frekans değerleri ve dalga biçimleri için, gerilimin ölçülen ve hesaplanan etkin değerleri

				200Hz		400 Hz		600 Hz		800 Hz	
		V_{pp} (V)	V_{et-Teo} (V)	V_{et} (V)	δV_{et} (%)	V_{et} (V)	δV_{et} (%)	V_{et} (V)	δV_{et} (%)	V_{et} (V)	δV_{et} (%)
SİNÜS	$V_{et} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$	1,0									
		1,5									
		2,0									
		2,5									
		3,0									
KARE	$V_{et} = V_p$	1,0									
		1,5									
		2,0									
		2,5									
		3,0									
ÜÇGEN	$V_{et} = \frac{V_p}{\sqrt{3}}$	1,0									
		1,5									
		2,0									
		2,5									
		3,0									

1.3.2. İndüktif Reaktansın Belirlenmesi

Şekil 1.6’da verilen devreyi $L = 6 \text{ mH}$ seçerek kurunuz ve aşağıdaki işlem basamaklarını takip ediniz:



Şekil 1.6. İndüktif reaktansın belirlenmesi için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü 500Hz’lik sinüs dalga sağlayacak şekilde ayarlayınız. Osiloskop ile ölçerek, bobin üzerinde 2V’luk bir V_{pp} gerilimi olacak şekilde sinyal jeneratörünün genlik ayarını yapınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

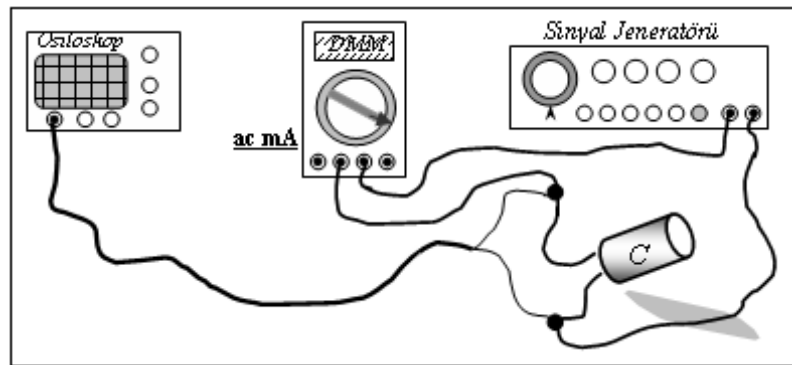
2. DMM ile bobin üzerinden akan akımın etkin değerini (I_{et}) ölçerek Tablo 1.2'ye yazın.
3. Tabloda yer alan I_p , X_L , L_{den} ve $\delta\tau$ değerlerini hesaplayınız.
4. Sinyal jeneratörünü tabloda verilen frekans değerlerine ayarlayarak her frekans değeri için L_{den} değerini belirleyerek tekrarlayınız.
5. $X_L = f(f)$ grafiğini çizerek yorumlayınız.

Tablo 1.2. $L = 6 \text{ mH}$ ve $V_{pp} = 2V$ için X_L Ölçümleri

Frekans (kHz)	DMM	HESAPLAMALAR			
	I_{et} (A)	I_p (A)	X_L (Ω)	L_{den} (H)	$\delta\tau$ (%)
0,5					
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					
3,0					

1.3.3. Kapasitif Reaktansın Belirlenmesi

Şekil 1.7'de verilen devreyi $C = 47 \text{ nF}$ seçerek kurunuz ve aşağıdaki işlem basamaklarını takip ediniz:



Şekil 1.7. Kapasitif reaktansın belirlenmesi için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü 200 Hz'lik sinüs dalga sağlayacak şekilde ayarlayınız. Osiloskop ile ölçerek, kondansatör üzerinde 2V'luk bir V_{pp} gerilim olacak şekilde sinyal jeneratörünün genlik ayarını yapınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

2. DMM yardımıyla kondansatör üzerinden akan akımın etkin değerini (I_{et}) ölçünüz.
3. Ölçülen değerleri Tablo 1.3'te yazınız ve tabloda yer alan I_p, X_c, C_{den} ve $\delta\tau$ değerlerini hesaplayınız.
4. Sinyal jeneratörünü tabloda verilen frekans değerlerine ayarlayarak her frekans için C_{den} değerini hesaplayınız.
5. Kapasitif reaktansın frekansa karşı $X_c = f(f)$ grafiğini çizerek yorumlayınız.

Tablo 1.3. $C = 47 \text{ nF}$ ve $V_{pp} = 2\text{V}$ için X_c Ölçümleri

Frekans (Hz)	DMM		HESAPLAMALAR		
	I_{et} (A)	I_p (A)	$X_c(\Omega)$	C_{den} (F)	$\delta\tau$ (%)
200					
400					
600					
800					
1000					
1200					

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

2. Deney: Direnç-Kondansatör (RC) Devreleri

2.1. Deneyin Amacı: Kondansatörün dolma boşalma davranışını osiloskop kullanarak incelemek. AC gerilim uygulanan seri bağlı RC devresinin frekans tepkisini araştırmak.

2.2. Teorik Bilgiler

Bir kondansatörün uçlarına V_0 büyüklüğünde bir DC gerilim uygulanması halinde kondansatör; uygulanan gerilimle yüklenir ve üzerinde tutabileceği elektrik yükü miktarı, sığası (C) ile orantılı olarak

$$Q_o = CV_o \quad (2.1)$$

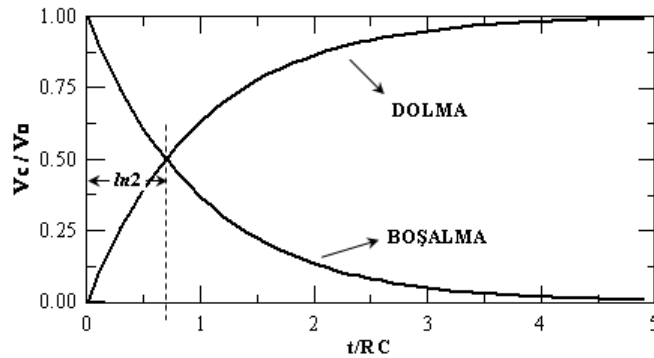
şeklinde belirlenir. Bir direnç üzerinden dolan kondansatör üzerindeki gerilimin zamanla değişimi;

$$V_C(t) = V_o(1 - e^{-t/RC}) \quad (2.2)$$

eşitliği ile verilirken, direnç üzerinden boşalan yüklü bir kondansatör üzerindeki gerilimin zamanla değişimi ise

$$V_C(t) = V_o e^{-t/RC} \quad (2.3)$$

şeklinde ifade edilir. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi, kondansatörün dolarken üzerindeki gerilim zamanla üstel olarak artmakta, boşalırken ise üstel olarak azalmaktadır.

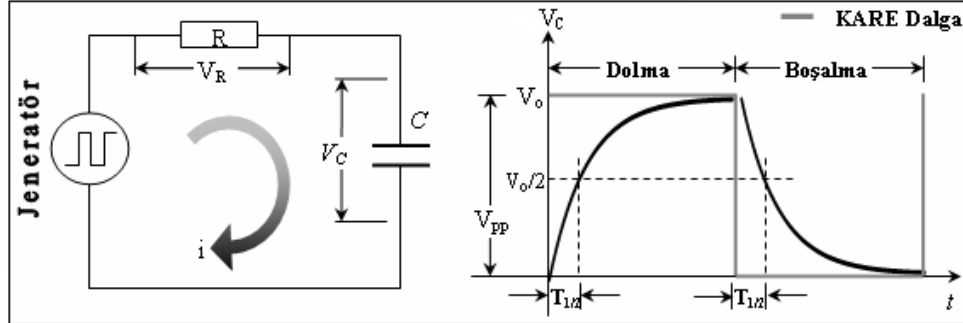


Şekil 2.1. Kondansatör üzerindeki yükün bir direnç üzerinden boşalması ve dolması.

(2.1) ve (2.2) eşitliklerindeki “RC” çarpımı, kondansatör üzerindeki yükün “1/e” değerine düşmesi için gerekli olan zamanı ifade eden devrenin zaman sabiti veya

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

dalga uygulamak suretiyle kondansatörün dolma boşalmasını incelemek için Şekil 2.3'teki devreden yararlanılabilir.



Şekil 2.3. Kare dalga ile kondansatörün dolma ve boşalmasını incelemek için örnek bir devre.

2.2.2. RC Devresinin Sinüs Dalga Tepkisi

Şekil 2.3'teki devreye V_0 genlikli ve açısal frekansı ω olan bir sinüs dalga uygulandığını kabul edelim. Düşük frekans bölgesinde, yani uygulanan sinüs dalgasının periyodu RC zaman sabitine göre çok büyük ise kondansatör üzerindeki gerilim uygulama gerilimini takip edebilir (zaman içinde değişime rağmen $V_c = V_0$ olduğu söylenebilir ve devre akımı çok küçüktür). Frekans yükseldikçe, kondansatörün direnç üzerinden dolması ve boşalması tam olarak gerçekleşmez. Böylece kondansatör uçları arasındaki gerilim, zamanla değişen V_0 gerilimine ayak uyduramaz ve kondansatör uçlarındaki gerilim ile uygulama gerilimi arasında bir faz farkı meydana gelmesini bekleriz. Bu beklentimizi teorik olarak incelemek üzere, sinüs dalgasının uygulandığı Şekil 2.3'teki devreye Kirchhoff'un gerilim kuralı uygulandığında

$$V_0 \cos \omega t = I R + \frac{Q}{C} = \frac{dQ}{dt} R + \frac{Q}{C} \quad (2.5)$$

eşitliği elde edilir. Kondansatör üzerindeki yükün gerilimle aynı frekansta değiştiğini ve aralarında bir faz farkı bulunduğunu kabul ederek

$$Q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (2.6)$$

ifadesini yazabiliriz. Burada φ faz açısı olarak tanımlanır. Yük ve gerilimin frekansları aynı olduğundan bu faz farkı sabit kalacaktır. (2.6) ifadesi (2.5) eşitliğinde yerine yazılıp, uygun trigonometrik açılımlar ile denklem çözüldüğünde ve $Q_0/C = V_c$ eşitliği kullanıldığında

$$\tan \varphi = -\omega RC \quad (2.7)$$

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$V_c = V_o \cos \varphi \quad (2.8)$$

ifadeleri elde edilir. (2.8) eşitliği kondansatör üzerindeki gerilimin faz farkı ile ilişkisini ifade eder.

Sonuçta yük, düşük frekanslar ($\omega \rightarrow 0$) için sıfır değerinde; yüksek frekanslar için $-\pi/2$ değerine kadar bir faz farkı ile uygulanan gerilimden geri kalmaktadır. Çünkü φ faz açısı daima eksi değerli olmaktadır. Bunun dışında V_o sabit (veya DC) uygulama gerilimi için Q_o 'ın alacağı CV_o değerini, ω 'nın dolayısı ile φ 'nin küçük değerleri için alır. φ faz farkının artmasıyla birlikte Q_o 'ın değeri, CV_o büyüklüğünden başlayarak azalır ve ω 'nın artmasıyla daha da küçülür. Böylece bütün frekanslarda V_R ile V_C arasında $\pi/2$ (90°) faz farkı bulunur. Devre üzerinden geçen akımın frekans ile değişimi ise

$$I = \frac{dQ}{dt} = -\omega Q_o \cos \left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} \right) \quad (2.9)$$

bağıntısına uygun olarak gerçekleşir. I 'nın en büyük değeri $I_o = \omega Q_o$ olup, frekansa bağlılığı

$$I_o = \omega Q_o = \omega CV_o \cos \varphi = -\frac{V_o}{R} \sin \varphi = \frac{\omega CV_o}{[(\omega RC)^2 + 1]^{\frac{1}{2}}} = \frac{V_o}{[R^2 + (1/\omega C)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (2.10)$$

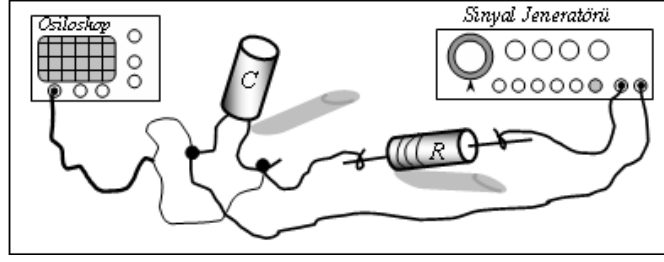
eşitliği ile verilir. Bu ifadelerden, alçak frekans sınırında I_o 'ın sıfıra ve I 'nın fazının da $\pi/2$ 'ye yaklaştığını görürüz. Yüksek frekans sınırında $\varphi = -\pi/2$ değerindeyken akım gerilimle aynı fazdadır ve büyüklüğü V_o/R olur. Buna göre yüksek frekanslarda ($\omega \gg 1/RC$) devre sanki kondansatör yokmuş gibi (kondansatör kısa devre gibi) davranır. Bunun aksine, alçak frekans sınırında devre açık devre gibi (kondansatör uçları kopmuş gibi) davranır. Sonuç olarak kondansatörler, yüksek frekanslarda kısa devre; alçak frekanslarda açık devre özellikleri gösterirler.

2.3. Deneyin Yapılışı

2.3.1. Kondansatörün Kare Dalga ile Doldurulması ve Boşaltılması

Şekil 2.4'deki devreyi, değeri $R = 10k\Omega$ olan bir direnç ve $C=10nF$ olan bir kondansatörle kurarak aşağıdaki işlem basamaklarını takip ediniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 2.4. Kondansatörün dolma-boşalma eğrisinin gözlemlenmesi için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü $V_{pp} = 5V$ kare dalga üretecek konuma getirip frekansını, Şekil 2.3’de grafik olarak görülen dolma boşalma eğrisini gözleyecek şekilde ayarlayınız.
2. Osiloskop ekranında uygun dolma boşalma eğrisi gözledikten sonra dolma ve boşalma süreçlerinde ayrı ayrı $T_{1/2}$ değerlerini ölçünüz. Ölçtüğünüz $T_{1/2}$ değerlerini (2.4) bağıntısında kullanarak τ zaman sabitini hesaplayınız ve Tablo 2.1’de yerine yazınız.
3. Devredeki R ve C değerlerini DMM yardımıyla ölçünüz. Bu değerleri kullanarak zaman sabitinin teorik değerini ($\tau_{teo} = RC$) hesaplayarak Tablo 2.1’e yazınız.
4. Hata değerlerini ($\delta\tau$) hesaplayınız.
5. Farklı R değerleri için aynı işlemleri tekrarlayıp Tablo 2.1’i doldurunuz.
6. Sabit bir R ve C değeri için kare dalga frekansını değiştirerek dolma boşalma eğrisinin değişimini inceleyiniz.

Tablo 2.1. Farklı dirençler üzerinden dolan-boşalan kondansatör için yarılanma ve relaksasyon zamanı değerleri

C =nF					
Kullanılan R (k Ω)	TEORİK DEĞERLER		DENEYSEL DEĞERLER		
	τ_{teo} (s)	$T_{1/2 - teo}$ (s)	τ_{den} (s)	$T_{1/2 - den}$ (s)	$\delta\tau$ (%)

2.3.2. RC Devresinin Sinüs Dalga Tepkisi

Şekil 2.4’teki devre düzeneğini bozmadan sinyal jeneratörünü sinüs dalga konumuna alınız ve aşağıdaki adımları izleyiniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

1. Deney düzeneğindeki direnç ve kondansatörü $R = 5,6k\ \Omega$ ve $C=47\ \text{nF}$ olarak değiştiriniz. Bu işlemi yapmadan önce direncin ve kondansatörün değerlerini DMM ile ölçerek Tablo 2.2'deki yerlerine yazınız.
2. Sinyal jeneratörünü $\sim 100\text{Hz}$ sinüs dalga üretecek şekilde ayarlayınız.
3. Kondansatör üzerindeki gerilimin (V_c) zamana göre değişimini gözlemlemek için osiloskobun CH1 kanalına bağlayacağınız prob uçlarını kondansatöre paralel olacak şekilde bağlayınız.
4. Osiloskobun CH2 kanalını sinyal jeneratörünün çıkış uçlarına bağlayınız ve sinyal jeneratörünün devreye uyguladığı gerilimin (V_o) genliğini $5V$ ($V_{pp} = 10V$) olacak şekilde ayarlayınız. Ayarladığınız bu değer deney süresince sabit kalması gerekir. Bundan sonraki adımlarda yapacağınız her işlem den önce bu değer sabit kaldığını kontrol ediniz, eğer değişiklik varsa yeniden ayarlayınız.
5. Sinyal jeneratörünün frekansını ayarlayarak V_c/V_o oranını $1,0; 0,9; 0,8; \dots; 0,1$ yapan frekans ve sinyaller arasındaki faz farkı değerlerini osiloskop yardımıyla ölçünüz ve elde ettiğiniz değerleri Tablo 2.2'de yazınız.
6. Tablo 2.2'de bulunan V_c/V_o oranlarını (2.8) bağıntısını kullanarak her oran için φ_{teo} açısını hesaplayınız ve bulduğunuz bu değerleri osiloskop ekranında gözlemlediğiniz φ_{den} değerleri ile karşılaştırınız.
7. (2.7) bağıntısını kullanarak her frekans için zaman sabiti (τ_{den}) değerini hesaplayınız ve Tablo 2.2'ye yazınız.
8. Hesapladığınız τ değerlerinin ortalamasını alarak, DMM ile ölçtüğünüz R ve C değerlerini kullanarak zaman sabitinin teorik değerini ($\tau_{teo} = RC$) hesaplayınız.
9. Zaman sabiti değerindeki sapmayı ($\delta\tau$) hesaplayınız.
10. Tablo 2.2'deki değerleri kullanarak $V_c/V_o = f(\omega)$ ve $\tan \varphi = f(\omega)$ grafiklerini çizerek yorumlayınız.

Tablo 2.2. Farklı V_c/V_o değerleri için faz farkı ve relaksasyon zamanı (zaman sabiti) değerleri

V_o (V)	R (k Ω)	C (nF)	τ_{teo}	$\delta\tau$ (%)			
V_c/V_o	f (Hz)	ω (rad/s)	φ_{teo} (°)	φ_{den} (°)	$\tan \varphi_{den}$	τ_{den} (s)	τ_{ort} (s)
1,0							
0,9							
0,8							

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

0,7							
0,6							
0,5							
0,4							
0,3							
0,2							
0,1							

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

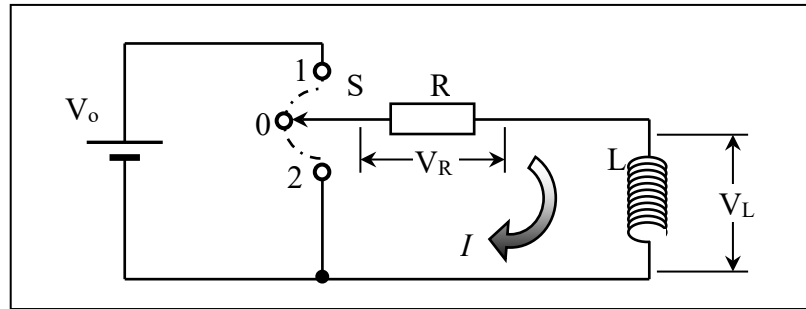
3. Deney: Direnç-Bobin (RL) Devreleri

3.1. Deneyin Amacı: Bobinin enerji depolama davranışını osiloskop kullanarak incelemek. Alternatif gerilimin seri bağlı direnç ve bobin devresine uygulanması halinde devrenin tepkisini incelemek, devreden geçen akımın frekansa bağlılığını araştırmak.

3.2. Teorik Bilgiler

Direnç ve bobinin seri bağlanmasıyla oluşan devre (RL devresi), RC devresi ile pek çok ortak özelliğe sahip olmakla birlikte bazı temel farklılıklar gösterir. Ortak özelliklerden birine, hem kondansatörde hem de bobinde elektrik enerjisinin depolanması örnek verilebilir. Ancak, depolanan elektrik enerjisinin miktarı ve mekanizması farklıdır. Kondansatörde elektrik enerjisinin depolanması, elektrik yüklerinin kondansatör plakaları üzerinde birikmesiyle gerçekleşirken; bir bobinde elektrik enerjisinin depolanması bobin etrafında oluşan ve uzayı dolduran manyetik alanla sağlanır. RC devresinin temel özellikleri bir önceki deneyde incelenmişti. Benzer yöntemler kullanılarak RL devresinin özelliklerini incelemek de mümkündür.

Basit bir RL devresini DC gerilim altında analiz etmek için Şekil 3.1'deki devreyi inceleyelim.



Şekil 3.1: Basit bir RL devresinin DC gerilim ile anahtarlanması.

S anahtarının "1" konumunda bulunduğunu ve bobin telinin omik direncinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğunu düşünelim. Bu durumda devreden

$$I_o = \frac{V_o}{R} \quad (3.1)$$

büyükliğünde bir DC akım akar. Devreden akım akarken $t = 0$ kabul edeceğimiz bir

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

anda S anahtarı "2" konumuna alındığında devre akımının aniden sıfıra düşmeyeceği söylenebilir. Çünkü bobinin uçları arasındaki gerilim dI/dt ile orantılıdır ve akımın birdenbire sıfıra düşmesi, bu ifadeye göre bobin uçlarındaki gerilimin sonsuz olmasını gerektirir. **Bu nedenle asla ani açılan bir RL devresine dokunmayın.** Bununla birlikte RL devresindeki aşırı büyük gerilimler çok kısa süreli oluşur. Aynı zamanda oluşan gerilimin en büyük değeri ve buna bağlı akım şiddeti bobin telinin omik direnci nedeniyle sınırlanır. Belirtilen bu etkiler ve çeşitli kayıplar nedeniyle S anahtarının "1" konumundan "2" konumuna alınması anında devreden geçen akımın en büyük değerden başlayarak yavaşça sıfır değerine gitmesi, yani sönmeye uğraması beklenir. Bu durumda akım zamanın bir fonksiyonudur ve $I(t)$ şeklinde gösterilmelidir. $I(t)$ fonksiyonunu belirlemek için RL devresine Kirchhoff'un gerilim kuralını uygulayabiliriz. Böylece, R direncinin uçları arasındaki gerilim düşmesi $V_R = IR$ ve L bobininin uçları arasındaki gerilim düşmesi $V_L = L(dI/dt)$ olmak üzere ilmek denklemi

$$RI + L \frac{dI}{dt} = 0 \quad (3.2)$$

şeklinde yazılır. Bu denklemin çözümünü

$$I(t) = I_0 e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t} \quad (3.3)$$

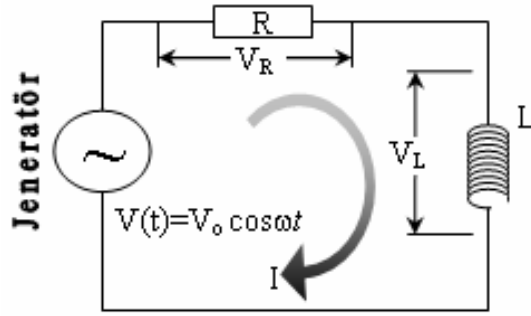
ifadesi sağlar. Bundan sonra RC devresinin incelenmesinde izlenen yollar takip edilerek, RL devresi için zaman sabitinin $\tau = L/R$ ile verildiği bulunabilir. Buna göre, devre açıldıktan sonra devre akımı τ süre sonunda başlangıç değerinin $1/e$ oranına düşer. Benzer şekilde $T_{1/2}$ yarı ömrü

$$T_{1/2} = (\ln 2) L/R = 0,693 L/R \quad (3.4)$$

şeklinde elde edilir.

Şekil 3.2'de görülen RL devresini göz önüne alarak devrenin sinüs gerilim ile sürülmesi halinde tepkisi ele alınabilir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 3.2: Bir RL devresinin sinüs dalga gerilimle sürülmesi.

Uygulanan sinüs dalganın ω frekansı küçük olduğunda, bobinin X_L reaktansı küçük olacağından ve bu nedenle $L(di/dt)$ gerilim düşmesinin de küçük olması sonucu bobinin indüktif etkisi fazla hissedilmez ve devre akımı zamanla çok yavaş değişerek uygulanan gerilimin zamanla değişimine ayak uydurur. Bu durum düşük frekans bölgesinde bobinin etkisiz eleman olması anlamına gelir, yani bobin kısa devre olmuş gibidir. Böylece, devre akımı $I_o = V_o/R$ şeklinde belirlenebilir ve akım ile gerilim arasında faz farkı bulunmaz. Yüksek frekans bölgesinde ise frekans arttıkça X_L reaktansı da artmaya başlar ve bobin uçları arasındaki gerilim $L(di/dt)$ 'de artarak R direnci üzerinde düşen gerilimden daha büyük hale gelebilir. Bu durumda R direnci ihmal edilebilir ve aynı zamanda akım ile gerilim arasında bir faz farkı oluşur.

$$R I + L \frac{dI}{dt} = V_o \cos \omega t \quad (3.5)$$

Sürücü gerilim ile aynı ω frekanslı fakat aralarında bir faz farkı bulunan bir çözüm için

$$I(t) = I_o \cos(\omega t + \varphi) \quad (3.6)$$

ifadesi önerilebilir. Böylece RC devresinde yapılan işlemler takip edildiğinde I_o ile φ bağıntıları elde edilebilir:

$$\tan \varphi = -\frac{\omega L}{R} \quad (3.7)$$

$$I_o = \frac{V_o \cos \varphi}{R} = \frac{V_o}{[R^2 + (\omega L)^2]^{1/2}} \quad (3.8)$$

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V_o} \quad (3.9)$$

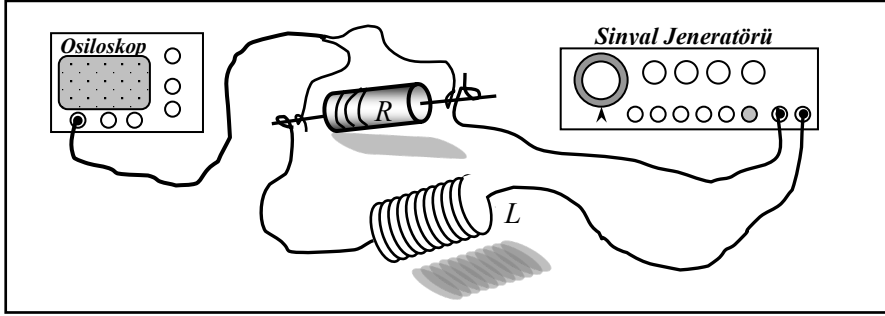
Sonuçta düşük frekans bölgesinde ($\omega L \ll R$) bobin kısa devre yapılmış gibidir ve φ faz farkı hemen hemen sıfırdır. I_o ise V_o/R ye eşittir. Yüksek frekans bölgesinde ($\omega L \gg R$)

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

ise R direnci kısa devre olmuş gibi, φ faz açısı $-\pi/2$ değerine ve I_o 'da $V_o/\omega L$ değerine ulaşır. Orta frekans bölgesinde, akım ile gerilim arasındaki faz farkı 0 ile $\pi/2$ aralığında bir değerdedir ve akım daima gerilimden geridedir. (3.8) bağıntısında bulunan $[R^2 + (\omega L)^2]^{1/2}$ niceliğine devrenin empedansı denir ve Z ile gösterilir. Buna göre, herhangi bir frekansta devre akımını belirlemek için $I_o = V_o/Z$ ifadesi kullanılır. **RL devrelerinde bobin; düşük frekanslarda kısa devre, yüksek frekanslarda açık devre olur.**

3.3. Deneyin Yapılışı

Deneyi gerçekleştirmek amacıyla Şekil 3.3'deki devreyi $R = 1k\Omega$ ve $L = 19mH$ için kurarak aşağıdaki işlem basamaklarını takip ediniz.



Şekil 3.3. Bobinin dolma-boşalma eğrisinin gözlemlenmesi için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü kare dalga konumuna alarak genliğini 5V ($V_{pp} = 10 V$) olacak şekilde ayarlayınız.
2. Sinyal jeneratörünün frekansını, osiloskop ekranında uygun üstel artış ve üstel azalma eğrileri gözleyecek şekilde ayarlayınız.
3. Artış ve azalma eğrilerinden ayrı ayrı $T_{1/2}$ değerlerini ölçünüz. Ölçtüğünüz $T_{1/2}$ değerlerini (3.4) bağıntısında kullanarak τ zaman sabitini hesaplayınız ve bu değerleri Tablo 3.1'e yazınız.
4. Devredeki R değerlerini DMM yardımıyla ölçünüz ve L değerini bilinen değer olarak alıp zaman sabitini ($T_{1/2} - \tau_{eo}$) hesaplayınız. Buradan elde ettiğiniz değerleri de Tablo 3.1'e yazınız.
5. Sapma değerini ($\delta\tau$) hesaplayınız.
6. Farklı direnç değerleri için aynı işlemleri tekrarlayıp Tablo 3.1'i doldurunuz.
7. Sabit bir R ve L değeri için kare dalga frekansını değiştirerek artış ve azalma eğrisinin değişimini inceleyiniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Tablo 3.1 Farklı dirençler üzerinden dolan-boşalan bobin için yarılanma ve relaksasyon zamanı değerleri

L =mH						
R (kΩ)	DENEYSEL DEĞERLER		TEORİK DEĞERLER			δτ (%)
	T_{1/2} (s)	τ_{den} (s)	R_{den}(Ω)	τ_{teo} (s)	T_{1/2 - teo}(s)	

RL devresinin sinüs dalga gerilimine karşı tepkisini incelemek için Şekil 3.3'deki devre düzeneğini $R = 1\text{ k}\Omega$ ve $L = 19\text{ mH}$ değerlerini kullanarak tekrar kurun ve aşağıdaki adımları takip edin.

1. Sinyal jeneratörünü sinüs dalga üretecek şekilde ayarlayınız.
2. Direnç üzerindeki gerilimin (V_R) zamana göre değişimini gözlemlemek için osiloskobun CH1 kanalına bağlayacağınız prob uçlarını dirence paralel olacak şekilde bağlayınız.
3. Osiloskobun CH2 kanalını sinyal jeneratörünün çıkış uçlarına bağlayınız ve uygulanan gerilimin (V_o) genliğini 5V ($V_{PP} 10\text{ V}$) olacak şekilde genlik ayar düğmesiyle ayarlayınız. Bundan sonraki adımlarda yapacağınız her işlemten önce bu değerlerin sabit kaldığını kontrol ediniz, eğer değişiklik varsa yeniden ayarlayınız.
4. Sinyal jeneratörünün frekansını değiştirerek Tablo 3.2'de verilen V_R/V_o oranlarını sağlayan frekans değerlerini bulunuz ve bu değerleri Tablo 3.2'ye yazınız.
5. Tablo 3.2'de bulunan V_R/V_o oranlarını kullanarak sinyaller arasındaki faz farkını (φ) açı cinsinden osiloskop ekranından hesaplayarak, $\tan \varphi$ değerlerini bulunuz.
6. (3.9) eşitliğinden φ_{teo} değerlerini hesaplayarak φ_{den} değerleri ile karşılaştırınız.
7. (3.7) bağıntısını kullanarak her frekans için τ değerini hesaplayarak, ortalamalarını (τ_{ort}) bulunuz ve Tablo 3.2'ye yazınız.
8. DMM ile ölçtüğünüz R ve bilinen L değerlerini kullanarak τ_{teo} değerini hesaplayınız.
9. Zaman sabiti değerindeki sapmayı ($\delta \tau$) hesaplayınız.
10. Tablo 3.2'deki değerleri kullanarak $V_R/V_o = f(\omega)$ ve $\tan \varphi_{den} = f(\omega)$ grafiklerini çizerek yorumlayınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Tablo 3.2 Farklı V_R/V_o değerleri için faz farkı ve relaksasyon zamanı (zaman sabiti) değerleri

V_o (V)	R (k Ω)		L (mH)		τ_{teo} (s)			
V_R/V_o	f (Hz)	ω (rad/s)	φ_{teo} (°)	φ_{den} (°)	$\tan \varphi_{den}$ (°)	τ_{den} (s)	τ_{ort} (s)	$\delta\tau$ (%)
1,0								
0,9								
0,8								
0,7								
0,6								
0,5								
0,4								
0,3								
0,2								
0,1								

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

4. Deney: LRC Devreleri ve Salınımlar

4.1. Deneyin Amacı: Direnç, bobin ve kondansatörden oluşan bir elektrik devresinde elektrik akımının davranışını ve bu devrelerde oluşan elektriksel salınımların incelenmesi.

4.2 Teorik Bilgi

Şekil 4.1'deki devrede S_2 anahtarı açıkken, S_1 anahtarı kapatılarak kondansatöre bir Q_0 ilk yükü verildiğini ve sonra $t=0$ anında S_1 anahtarının açılarak S_2 anahtarının kapatıldığını varsayalım. Böylece, kondansatör üzerinde depolanan elektrik yükü bobin üzerinden boşalmaya başlar. Bununla beraber RC devresinden farklı olarak indüksiyoncu uçlar arasındaki gerilim $L \frac{dI}{dt}$ ile verildiğinden akım birden değişmez. Bunun yerine akımın değişim hızı, kondansatör uçları arasındaki gerilimin herhangi bir t anındaki değerinin bobinin uçları arasındaki gerilim ile aynı olmasını gerektiren koşul (paralel bağlı devre için) ile belirlenir. Buna göre akımın yönünün Şekil 4.1'deki gibi tanımlanması halinde devreye Kirchhoff'un gerilim kuralı uygulanır ve $I = -dQ/dt$ eşitliği kullanılırsa;

$$L \frac{d^2Q}{dt^2} = \frac{Q}{C} \quad (4.1)$$

ifadesi elde edilir. Sürtünmesiz bir kütle-yay sistemine benzer olarak, kondansatördeki yükün zamanla salınımı

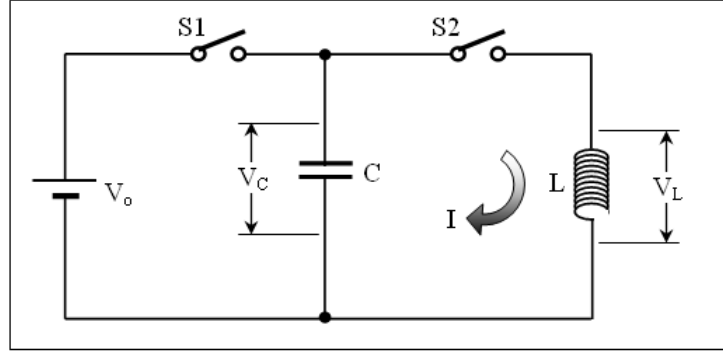
$$Q = Q_0 \cos(\omega_0 t) \quad (4.2)$$

eşitliğine uygun bir şekilde gerçekleşir. (4.2) denklemi (4.1) eşitliğinde yerine yazılırsa, sistemin doğal frekansı (açısal frekans)

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC} \quad (4.3)$$

ifadesi ile yazılabilir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



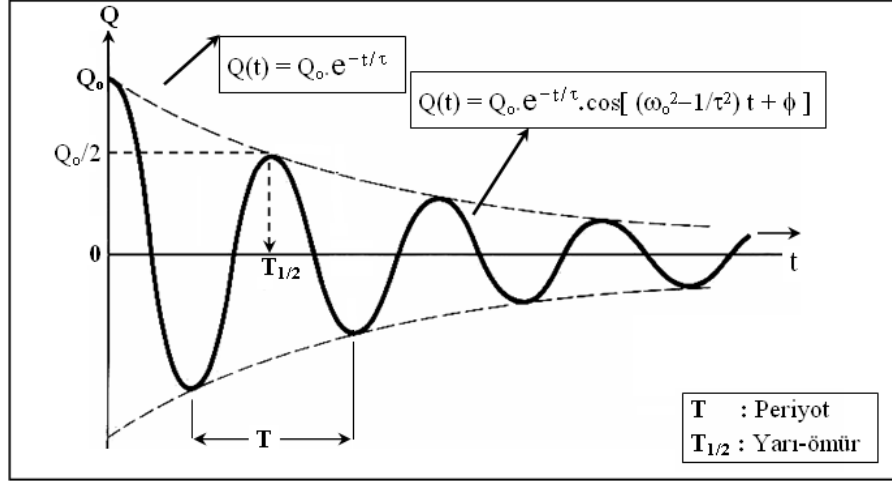
Şekil 4.1: LC devresi.

LC devresinde kondansatör yükünün en büyük, devre akımının sıfır olduğu anlarda enerji tamamen kondansatörde elektrik yükü olarak; yükün sıfır akımın en büyük olduğu anlarda ise bobinin manyetik alanında toplanır. Böylece kondansatörün elektrik alan enerjisi potansiyel enerjiye, bobinin manyetik alan enerjisi de kinetik enerjiye benzetilebilir.

Sönümsüz bir kütle-yay sisteminde toplam mekanik enerji sabittir. Benzer olarak dirençsiz bir LC devresinin toplam enerjisi sabittir; bobin ile kondansatör enerji biriktirir, fakat elektrik enerjisini harcıyıp eksiltmez. Direncin eklenmesi, $P = I^2 R$ ile belirlenebilecek bir enerji tüketimine neden olur. Enerjinin dirençte ısıya dönüşmesi ile devredeki elektrik enerjisi sürekli olarak azalır. Tamamen sürtünmesiz bir kütle-yay sisteminin yapılmasına benzer olarak, dirençsiz bir LC devresi de ideal bir durumdur. Devrede hiç direnç olmasa bile bobin sargı telinin ve bağlama tellerinin direnci hiçbir zaman ihmal edilemez.

Harmonik salınganlar (hava rayı ve basit sarkaç gibi) üzerindeki çalışmalar sönüm kuvvetinden ileri gelen enerji kaybı ile birlikte salınımların genliğinde de düzgün bir azalma olduğunu gösterdi. Böylece, Şekil 4.2'deki gibi denge konumundan ayrılmalar giderek küçülür. Sönümlü bir harmonik salıngana benzer olarak, LRC devresindeki elektrik salınımlarının küçülmesi beklenir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 4.2. Üstel sönümlü bir harmonik salınganın genlik zaman değişimi.

Bir LRC devresinin mekanik eşdeğeri göz önünde tutulduğunda, devreden geçen I akımı, m kütlesine; $1/C$ terimi, k yay sabitine ve R direnci, sürtünme (sönüm) katsayısına karşılık gelir. Buradan da anlaşılabileceği gibi, devrede kullanılan direnç değerinin artırılması, salınımların daha hızlı bir şekilde ve kısa bir sürede sönmesine (genliğinin düşmesine) yol açar.

Sönüm esnasında, zamanla azalan sistem enerjisinin değişimini anlamak için nitelik katsayısı ifadesinin tanımlanması gerekir. Sistemde biriktirilen en büyük enerjinin bir dönemde harcanan enerjiye oranının 2π katı olarak tanımlanan **nitelik katsayısı** (QK),

$$QK = \frac{2\pi E}{\Delta E} = \frac{1}{R} \left(\frac{L}{C} \right)^{1/2} \quad (4.4)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Salınımın genliği için relaksasyon zamanının (genliğin ilk değerinin, $1/e$ oranına düşmesi için geçen zaman),

$$\tau = 2L/R \quad (4.5)$$

olduğunu görürüz. Genliğin ilk değerinin yarısına düştüğü yarılanma zamanı veya yarı ömür

$$T_{1/2} = \tau \ln 2 \quad (4.6)$$

ile verilir. Buraya kadar anlatılanlardan, sönümlü bir harmonik salıngan ile olan benzerliklerinden faydalanılarak da bir LRC devresi için

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

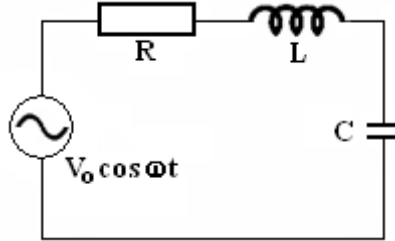
$$\omega_o = \frac{1}{(LC)^{\frac{1}{2}}}; \quad \tau = \frac{2L}{R}; \quad QK = \frac{1}{R} \left(\frac{L}{C} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\omega_o \tau}{2} \quad (4.7)$$

eşitlikleri yazılabilir.

Sönümün $\omega_o \tau = 1$ olacak kadar büyük olması halinde, frekans sıfır olur. Bu durumda salınım olmaz ve azalma yalın üstel düşüş şeklindedir. $\omega \tau = 1$ **koşulu kritik sönüm olarak bilinir**. Sönümlü harmonik salıngan için kritik sönümü sistem parametreleri cinsinden veren koşul LRC devresi için;

$$\frac{2}{R} \left(\frac{L}{C} \right)^{1/2} = 1 \quad (4.8)$$

şeklindedir. Başka bir deyişle, üstel azalmanın τ zaman sabiti $T_o/2\pi$ 'den daha küçük olunca kritik sönüm olur. Burada T_o sistemde sönüm olmadığı durumdaki periyottur. $T_o/2\pi$ değerinden daha az sönüm ile de salınım olur, bu durumda sisteme **sönüm altı** (veya zayıf sönümlü) denir. $T_o/2\pi$ değerinden daha fazla sönüm olması durumunda genlik değişimi üstel olur ve sisteme **sönüm üstü** (veya aşırı sönümlü) denir. Kritik sönüm için $QK = 1/2$ 'dir.



Şekil 4.3. LRC devresinin sinüsel gerilime karşı tepkisinin incelenmesi.

Şekil 4.3'deki devreye Kirchhoff'un ilmek yasasını uyguladığımızda,

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = V_o \cos(\omega t) \quad (4.10)$$

eşitliği yazılabilir. Kondansatörün Q yükünün zamanla değişiminin,

$$Q = Q_o \cos(\omega t + \varphi) \quad (4.11)$$

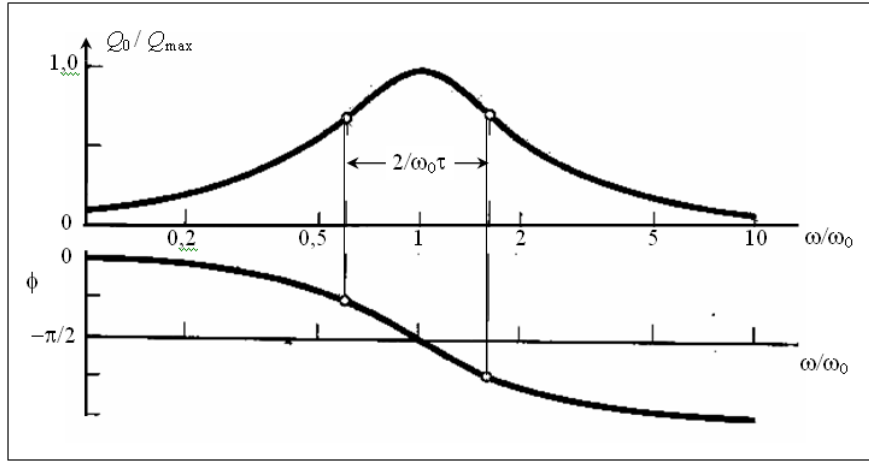
şeklinde olduğu düşünülüp, (4.10) denklemi çözülürse;

$$\tan \varphi = \frac{R}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} \quad (4.12)$$

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$Q_o = \frac{\frac{V_o}{\omega}}{[R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2]^{1/2}} \quad (4.13)$$

eşitlikleri elde edilir. Şekil 4.4’de çok alçak frekanslarda, φ faz açısının sıfır ve Q yükünün sürücü gerilim ile aynı fazda olduğunu görürüz. Daha yüksek frekanslarda φ , gittikçe negatif hale gelir ve çok yüksek frekans sınırında Q , V ’den yarım dönem ($\varphi = -\pi$) geridedir.



Şekil 4.4. LRC devresinin frekans değişimine karşı tepkisi.

Q_o genliğinin ω ile değişimi ilginçtir; $\omega L - 1/\omega C$ değerinin sıfır olduğu $\varphi = -\pi$ durumunda,

$$Q_o = V_o/\omega R_{max} \quad (4.14)$$

en büyük değerine ulaşır. Yani, sürücü frekansın (ω) doğal sönümsüz frekansa (ω_o) eşit olması halinde sistemin tepkisi en büyüktür. Belli bir frekansta tepkinin tepe değerine ulaşmasına **rezonans** denir. Denklem 4.14, 4.13 bağıntısında kullanıp sadeleştirmeleri yapılarak

$$\Delta\omega = \pm R/2L = \pm 1/\tau \quad (4.15)$$

ifadesi elde edilir. Küçük R değerleri için $\Delta\omega$ ’nın küçük olacağını ve tepki eğrisi tepesinin her iki yanında keskince azalacağını gösterir. Böylece R’nin büyük değerleri daha yayvan, daha geniş bir tepe verecektir. Buradan, tepki eğrisinin genişliğinin nitelik katsayısı ile doğrudan ilgili olduğu sonucuna varılabilir. Nitelik katsayısı için basit bir ifade eldedilir:

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$QK = \omega_o / 2\Delta\omega \quad (4.16)$$

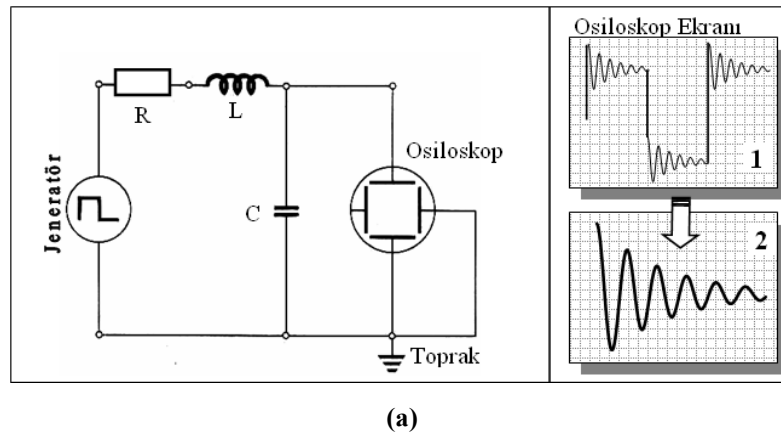
Nitelik katsayısının büyük olması sönümün küçük, relaksasyon zamanının uzun ve tepki eğrisinin keskince dikleşmesi anlamına gelir. Nitelik katsayısının küçük olması durumunda bunların tersi olur.

Devre akımının fazı her zaman Q 'dan $\pi/2$ kadar öndedir. Rezonans durumunda I , V ile aynı fazdadır ve R direnci üzerinden L ile C sanki kısa devre yapmış gibi akım geçer. Bu nedenle ω_o , R direnci üzerinde en çok güç harcanmasına yol açan frekanstır. Dirençteki güç kaybının $\omega = \omega_o \pm \Delta\omega$ frekanslarında en büyük değerinin yarısı olduğu kolayca gösterilebilir. Bu frekanslara **yarı-güç noktaları** denir.

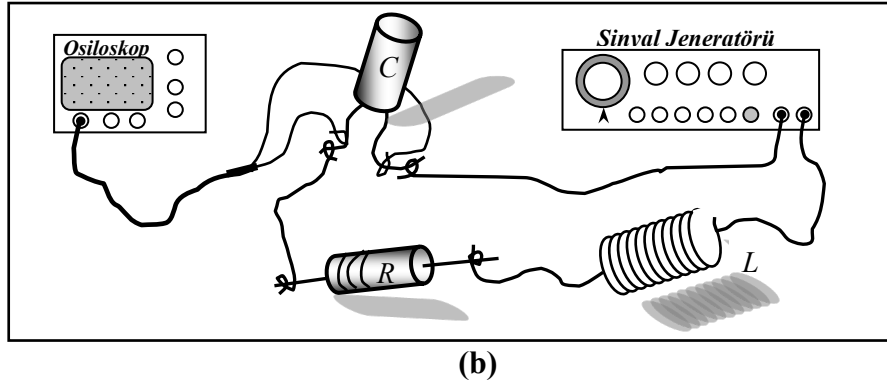
4.3. Deneyin Yapılışı

4.3.1. Salınımlar

1. $L = 19 \text{ mH}$, $R = 200 \Omega$, $C = 10 \text{ nF}$ değerlerini kullanarak Şekil 4.5(b)'deki devre düzeneğini kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü kare dalga fonksiyonu pozisyonuna alınız ve Şekil 4.5'de görülen osiloskop ekran görüntüsünü Şekil 4.5(a) daki 2 görüntüyü elde edecek biçimde, 10 kHz 'lik frekans aralığında çalışarak sinyal jeneratörünün frekansını ayarlayınız.



Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 4.5. (a) LRC devre şeması ve osiloskop ekranındaki salınım tasviri **(b)**LRC devresinde sönümlü salınımların incelenmesi için kurulacak devre düzeneği

3. Şekil 4.2’de görülen sönümlü salınım özelliklerinden yararlanarak, $T_{1/2}$ yarı-ömrünü ve T periyodunu ölçerek Tablo 4.1’de yazınız.
4. Ölçtüğünüz $T_{1/2}$ değerini (4.6) bağıntısında kullanarak τ ’nun değerini, ve ayrıca T ’yi kullanarak ω_0 ($\omega_0 = 2\pi/T$) değerini hesaplayarak Tablo 4.1’e yazınız.
5. Deneyde kullandığınız L , R ve C ’nin DMM ile ölçtüğünüz değerlerini kullanarak (4.7) bağıntıları yardımıyla teorik τ ve ω_0 değerlerini hesaplayarak sonuçları Tablo 4.1’e yazınız.
6. $\delta\tau$ ve $\delta\omega_0$ sapma değerlerini hesaplayarak Tablo 4.1’e yazınız.

Tablo 4.1. Kullanılan LRC devresinde sönüm eğrisi için yarılanma zamanı ve sistemin doğal frekans değerleri

R = Ω , C = F								
DENEYSEL					TEORİK		SAPMA	
L (mH)	$T_{1/2}$ (s)	T (s)	τ (s)	ω_0 (rad/s)	τ (s)	ω_0 (rad/s)	$\delta\tau$	$\delta\omega_0$

4.3.2. Kritik Sönüm

Kritik sönüm ile sönüm üstünü incelemek için, Şekil 4.5(b)’deki devre düzeneğini bozmadan aşağıdaki adımları takip ediniz:

1. Devredeki 200Ω ’luk direnci $25k\Omega$ ’luk değişken bir direnç ile değiştirin.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

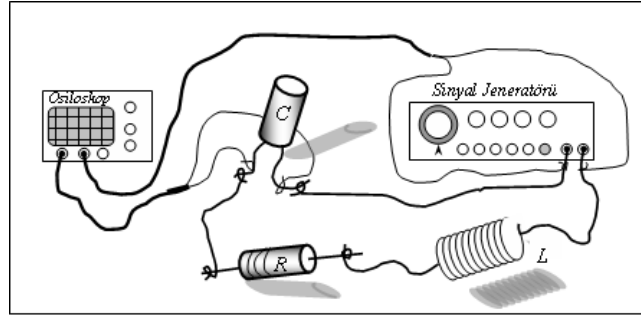
2. Değişken direncin değerini, küçük bir değerden başlayarak kritik sönüme ulaşıncaya kadar artırın. Kritik sönümü gözlediğinizde R ayarlı direncini, **ayarını bozmadan** değerini ($R_{K - den}$) DMM ile ölçünüz ve Tablo 4.2'e yazınız. (4.9) bağıntısından hesaplayacağınız teorik kritik sönüm direncini de Tablo 4.2'e yazınız .

Tablo 4.2. Kullanılan LRC devresi için kritik sönümü sağlayan direnç değeri

$R_{K - den} = \dots\dots\dots \Omega$	$R_{K - teo} = \dots\dots\dots \Omega$
--	--

4.3.3. Frekans Tepkisi

Sinyal jeneratörünü sinüs dalga konumuna ayarlayarak kullanılabilir. Deneye devam etmek için Şekil 4.6'daki düzeği kurarak aşağıdaki adımları takip ediniz.



Şekil 4.6. LRC devresinde frekans tepkisinin incelenmesi için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü sinüs dalga konumuna ve sinyalin genliğini (V_{pp}) 1V olarak ayarlayın ve deney süresince sabit kalmasını sağlayınız.
2. Frekans artışıyla, iki dalga arasındaki φ faz kaymasını ve kondansatör uçlarındaki gerilimin (V_c) genliğindeki değişimini görmeye çalışınız.
3. Düşük frekanstan başlayarak sinyal jeneratörünün frekansını artırarak V_c geriliminin en büyük olduğu rezonans frekansının değerini bulunuz. Rezonans durumunda, sinyalin T_0 periyodunu ölçünüz ve $\omega_0 = 2\pi/T_0$ eşitliğinden ω_0 değerini hesaplayınız.
4. Tabloda verilen ω/ω_0 veya T_0/T oranı değerlerini sağlayacak frekansları ayarlayınız. Bu frekans değerleri için T periyodunu ve kondansatör gerilimi (V_c) genliklerini ölçüp, sinyaller arasındaki faz farkını (φ_{den}) açı cinsinden hesaplayarak Tablo 4.3'te yazınız. Bu işlem sırasında sinyal jeneratörünün genliğinin sabit kalmasını sağlayınız.
5. (4.12) eşitliğinden faz farkının teorik (φ_{teo}) değerini hesaplayınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

6. Faz farkındaki sapma değerini ($\delta\varphi$) hesaplayınız.
7. $V_c = f(\omega)$ ve $\varphi_{den} = f(\omega/\omega_o)$ grafiklerini çizerek yorumlayınız.

Tablo 4.3. Farklı ω/ω_o veya T_o/T oranları için kondansatör üzerindeki gerilim ve faz farkı değerleri

	$\omega_o =$ rad/s	$T_o = \dots$ s	L = 19 mH, R = 200 Ω, C = 10 nF				
	$\omega/\omega_o (T_o/T)$	T (s)	V_{-c} (V)	φ_{teo} (°)	φ_{den} (°)	$\tan \varphi_{teo}$	$\delta\varphi$
Rezonans altı	0,1						
	0,2						
	0,4						
	0,6						
	0,8				-		
Rezonans	1,0				-		
Rezonans üstü	2,0				-		
	4,0				-		
	6,0				-		
	8,0				-		
	10,0				-		

4.3.4. Nitelik Katsayısı

Şekil 4.6'deki devre düzeneğini bozmadan aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. R ayarlı direncini en küçük değerine getiriniz. Osiloskop ekranında sadece kondansatör üzerinden aldığınız sinyal kalacak şekilde bağlantıları düzeltiniz.
2. Sinyal jeneratörünün frekans ayar düğmesinden frekans değerini, rezonans frekansına ayarlayınız. Bu frekanstaki dalga'nın V_p değerini ($V_{p-\omega_o}$) ölçerek Tablo 4.4'de yerine yazınız.
3. Yarı güç noktalarını belirlemek üzere, frekansı ω_o değerinin altına küçülterek $V_p = V_{p-\omega_o} \times 0,707$ genliğini sağlayan frekansı (ω_1) ve ω_o değerinin üstüne yükselterek $V_p = V_{p-\omega_o} \times 0,707$ genliğini sağlayan frekansı (ω_2) belirleyip Tablo 4.4'e yazınız.
4. Nitelik katsayısı değerlerini deneysel (QK_{den}) ve teorik (QK_{teo}) olarak hesaplayınız.
5. Sapma değerini (δQK) hesaplayınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Tablo 4.4. Kullanılan LRC devresi için yarıgüç noktaları ve kritik sönüm katsayısı değerleri

$V_{p,\omega_0} = \dots\dots\dots V$		$V_{p,\omega_0} \times 0,707 = \dots\dots\dots V$	
$T_1(\omega_1) = \dots\dots\dots s, \omega_1 = \dots\dots\dots \text{rad/s},$	}	$\Delta\omega_{\text{den}} = \dots\dots\dots \text{rad/s}$	
$T_2(\omega_2) = \dots\dots\dots s, \omega_2 = \dots\dots\dots \text{rad/s},$			
$QK_{\text{den}} = \frac{\omega_0}{2\Delta\omega_{\text{den}}} = \dots\dots\dots$	}	$\delta QK = \dots\dots\dots$	
$QK_{\text{teo}} = \frac{1}{R} \left(\frac{L}{C} \right)^{1/2} = \dots\dots\dots$			

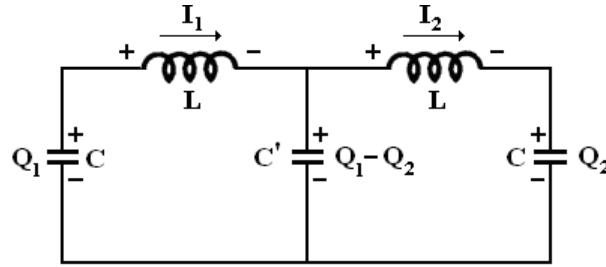
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

5. Deney: Çiftlenimli Salınganlar

5.1. Deneyin Amacı: İki salınganın birbiri ile yaptığı enerji alışverişini LC devreleri yardımıyla incelemek.

5.2. Teorik Bilgiler

Elektro-mekanik benzerlikleri kullanarak çiftlenimli harmonik salınganın elektrikteki benzeri olan kütle-yay sistemi bobin-kondansatör sistemine, çiftlenim yayı da çiftlenim kondansatörüne karşılık gelir. Şekil 5.1’de çiftlenimli bir LC devresi gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Elektriksel çiftlenim devresi.

Bobinlerin uçları arasındaki gerilimler;

$$L(dI_1/dt) = -L(d^2Q_1/dt^2) \quad (5.1)$$

$$L(dI_2/dt) = L(d^2Q_2/dt^2) \quad (5.2)$$

eşitlikleri ile verilir. Kirchoff’un gerilim (ilmeğe) kanunu her ilmeğe uygulandığında

$$L \frac{d^2Q_1}{dt^2} = -\frac{Q_1}{C} + \frac{Q_2 - Q_1}{C'} \quad (5.3)$$

$$L \frac{d^2Q_2}{dt^2} = -\frac{Q_2}{C} - \frac{(Q_2 - Q_1)}{C'} \quad (5.4)$$

şeklinde elde edilen denklemlerin çözümü için

$$Q_1 = A_1 \cos \omega t; \quad Q_2 = A_2 \cos \omega t \quad (5.5)$$

ifadeleri kullanılıp gerekli işlemler yapılırsa, sistemin kip frekansları

$$\omega_1 = \left(\frac{1}{LC} \right)^{1/2} \quad (5.6)$$

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$\omega_2 = \left[\frac{1}{L} \left(\frac{1}{C} + \frac{2}{C'} \right) \right]^{1/2} \quad (5.7)$$

denklemleri ile verilir.

$C' \gg C$ olması halinde ise 5.7 denklemini Taylor serisine açılarak

$$\omega_2 = \left(\frac{1}{LC} \right)^{1/2} \left(1 + 2 \frac{C}{C'} \right)^{1/2} = \left(\frac{1}{LC} \right)^{1/2} \left(1 + \frac{C}{C'} - \frac{1}{4} \frac{C^2}{C'^2} + \dots \right) \quad (5.8)$$

eşitliği yazılabilir. Sonsuz derece büyük C' çiftlenim sığasının kullanılması halinde, kondansatör ne kadar yüklenirse yüklensin uçları arasındaki gerilimin sıfırdır. Buna göre, Q 'nun herhangi belirli bir değeri için V sıfırdır. Bu nedenle C' bir kısa devre gibi davranır ve iki de LC devresi çiftlenimsiz olur. $\Delta\omega \ll \omega_0$ zayıf çiftlenimsiz koşulu C' 'nün C 'den çok daha büyük olması anlamına gelir.

ω_1 kökü, bu iki bobinin aynı frekans ve aynı genlik ile çiftlenimsiz salınganlar gibi titreşmesine karşılık gelir. Bu durumda C' çiftlenim kondansatörünün hiçbir etkisi yoktur. ω_2 durumunda ise genlikler zıt işaretli olduklarından hareketlerin genlikleri eşittir, aralarında yarım dönemlik bir faz fark vardır. Elde ettiğimiz genlikler arasındaki bağıntıları bir araya getirerek sistemin fiziksel olanaklı bütün hareketlerini kapsayan en genel

$$Q_1 = A \cos(\omega_1 t) + B \cos(\omega_2 t); \quad Q_2 = A \cos(\omega_1 t) - B \cos(\omega_2 t) \quad (5.9)$$

çözümünü elde ederiz. Burada A ve B , başlangıç koşullarına bağlı genliği ifade eden sabitlerdir. Genel olarak hareket normal kip hareketlerinin bir karışımıdır. Fakat özel başlangıç koşullarının bir sonucu olarak A veya B genliklerinden biri sıfır olursa iki bobinin, meydana gelen tek frekanslı hareketine **normal kip** denir.

Bobinler arasındaki çiftlenimi sağlayan C' kondansatörünün diğer iki kondansatörden çok daha büyük ($C \ll C'$) olması durumunda, A ve B genlikleri eşit olur. Böylece ω_1 ve ω_2 normal kip frekansları hemen hemen eşittir. ω_0 , normal kip frekanslarının ortalaması, $\Delta\omega$ her birinin ortalamadan olan farkı olmak üzere

$$\omega_0 = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}; \quad \Delta\omega = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} \quad (5.10)$$

eşitlikleri ile verilir. (5.6) ve (5.7) eşitlikleri ile verilen birinc ve ikinci kip frekansları

$$\omega_1 = \omega_0 - \Delta\omega; \quad \omega_2 = \omega_0 + \Delta\omega \quad (5.11)$$

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

şeklinde yazılabilir. Açıkça görüldüğü gibi, eğer $C \ll C'$ ise $\Delta\omega \ll \omega_o$ 'dır. Şimdi bu gösterimi $A = B$ varsayımı ile

$$Q_1 = A[\cos(\omega_o - \Delta\omega)t + \cos(\omega_o + \Delta\omega)t] \quad (5.12)$$

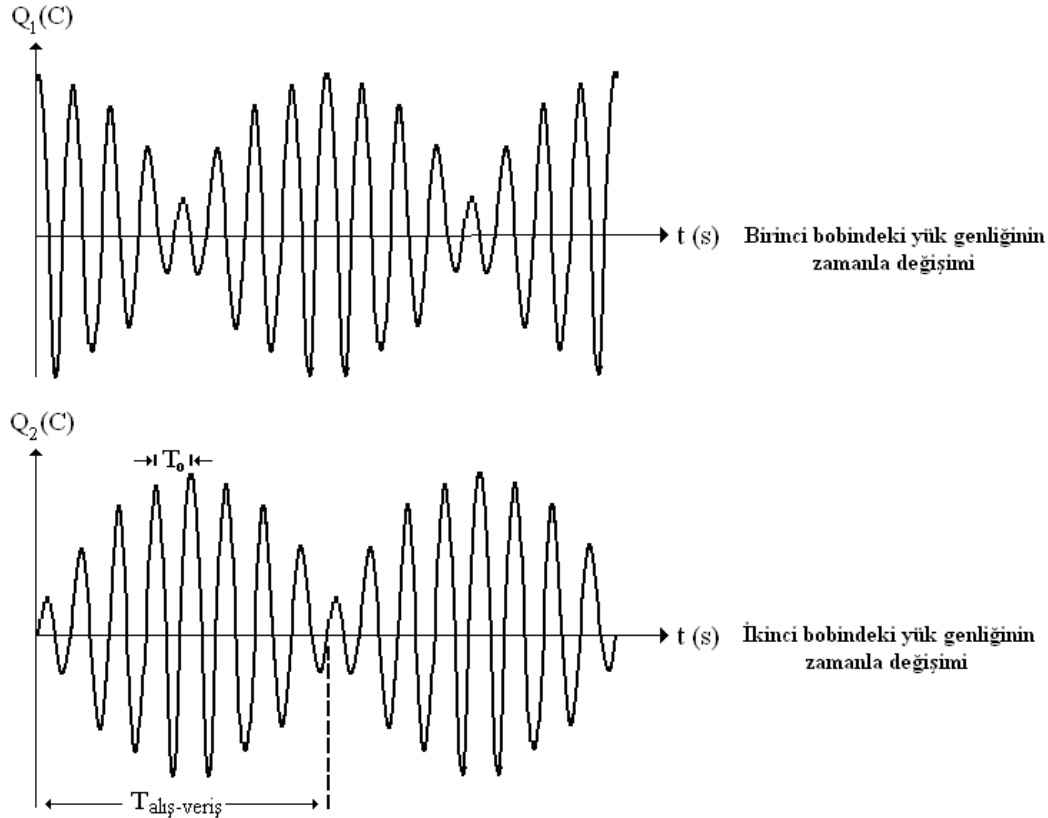
$$Q_2 = A[\cos(\omega_o - \Delta\omega)t - \cos(\omega_o + \Delta\omega)t] \quad (5.13)$$

eşitlikleri yazılarak, trigonometrik açılımların uygulanması ve $\omega_o = (\omega_1 + \omega_2)/2$ ile $\Delta\omega = (\omega_2 - \omega_1)/2$ ifadelerinin kullanılması ile

$$Q_1(t) = 2A \cos(\omega_o t) \cdot \cos(\Delta\omega t) = 2A \cos\left(\frac{(\omega_1 + \omega_2)t}{2}\right) \cos\left(\frac{(\omega_2 - \omega_1)t}{2}\right) \quad (5.14)$$

$$Q_2(t) = 2A \sin(\omega_o t) \sin(\Delta\omega t) = 2A \sin\left(\frac{(\omega_1 + \omega_2)t}{2}\right) \sin\left(\frac{(\omega_2 - \omega_1)t}{2}\right) \quad (5.15)$$

eşitlikleri elde edilir. Birinci ve ikinci bobindeki yük değerlerinin zamanla değişimi Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Buradaki değişim zarf eğrisi biçimdedir. Zarf eğrisi, dalgalanan bir sinyalin tepe (veya çukur) noktalarını birleştirerek sinyalin zaman içindeki “genlik profilini” ortaya çıkaran araçtır.



Şekil 5.2. Q_1 ve Q_2 yüklerinin zamanla değişimi.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Hareket basit sinüsel hareket olmayıp, koordinatların her biri zamanla iki sinüsel fonksiyonun çarpımı şeklinde değişmektedir. Bununla birlikte fonksiyonlardan biri zamanla, frekansı $\Delta\omega$ olmak üzere ağır değişirken öteki iki normal kip frekansı arasında ω_o frekansı ile daha hızlı değişir. Bu nedenle, bu hareketlerin frekansının ω_o olduğunu ve genliğinin de sıfır ile $2A$ arasında değiştiğini düşünebiliriz. Bundan başka Q_1 yükü genliğinin en büyük olduğu anda ($\cos \Delta\omega t = \pm 1$ iken) Q_2 yükü genliğinin sıfır olduğu ve aynı şekilde bunun tersinin de olabileceği görülmektedir. Başlangıçta ($t = 0$ anında) enerjinin tamamı birinci bobinde olup, bobindeki yük $2A$ genliği ile titreşmektedir. C' kondansatörü ile sağlanan çiftlenimden dolayı enerji ikinci bobine aktarılmaktadır. $\Delta\omega t = \pi/2$ kadarlık bir süre sonunda, birinci bobindeki yükün genliği azalıp sıfır olurken, ikinci bobindeki yük $2A$ genliği ile titreşmeye başlar. Böylece, enerjinin tamamı ikinci bobine aktarılmıştır, Sonra enerji tekrar birinci bobine aktarılmaya başlar. Enerjinin birinci bobinden ikinci bobine ve ikinci bobinden tekrar birinci bobine aktarılması için geçen zamana **alışveriş zamanı** denir ve alış-veriş frekansı

$$\omega_{al-ver} \cong \frac{C}{C'} \left(\frac{1}{LC} \right)^{1/2} \quad (5.16)$$

eşitliği ile verilir. Bu durumda ω_o normal kip frekansı,

$$\omega_o = \left(1 + \frac{C}{2C'} \right) \left(\frac{1}{LC} \right)^{1/2} \quad (5.17)$$

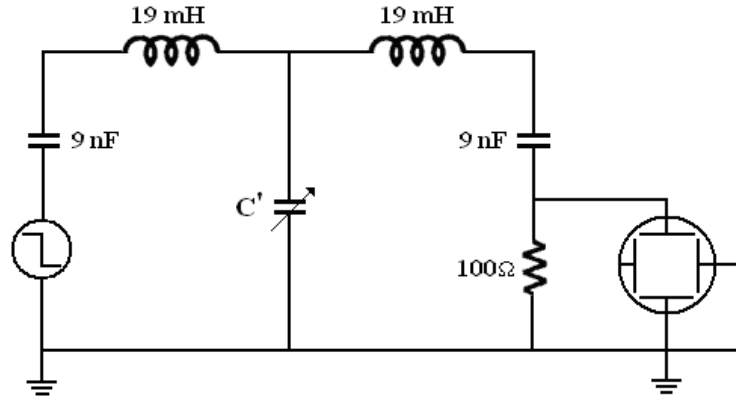
denklemleri ile ifade edilir.

5.3. Deneyin Yapılışı

5.3.1. Serbest Salınımlar

Çiftlenimli LC devrelerinin davranışını incelemek için Şekil 5.3'deki devre düzeneğini kurarak aşağıdaki basamakları takip ediniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 5.3. Çiftlenimli LC devrelerinin davranışını incelemek için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü 1 veya 2kHz frekans aralığında kare dalga üretecek şekilde ayarlayın.
2. Sinyal jeneratörünün frekans ayar düğmesini, Şekil 5.2’de veri zarf eğrisini gözlemleyecek şekilde ayarlayın.
3. Zarf eğrisi içindeki dalgaların simetrik ve düzgün olmasını sağlamak için ayarlı kondansatörün değerini (C') değiştirin. Sinyali en iyi gözlemlediğiniz C' değerini Tablo 5.1’e yazın.
4. Osiloskop ekranından gözlemlediğiniz zarf eğrisinden $T_{alış-veriş}$ ve T_o değerlerini bularak $\omega_{alış-veriş} = (2\pi/T_{alış-veriş})$ ve $\omega_o = (2\pi/T_o)$ değerlerini hesaplayınız. Bulduğunuz değerleri tabloya yazın.
5. Denklem 5.16 eşitliğinden teorik olarak $\omega_{alış-veriş}$ değerini hesaplayarak, sapma ($\delta\omega_{alış-veriş}$) değerini bulun ve tabloya yazınız.
6. Denklem 5.17 eşitliğinden teorik olarak ω_o değerini hesaplayarak, sapma ($\delta\omega_o$) değerini bulun ve tabloya yazınız.

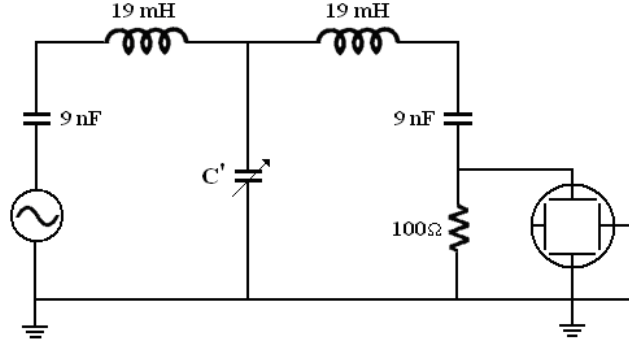
Tablo 5.1. $L=19\text{mH}$ ve $R=100\Omega$ için deneysel ve teorik olarak hesaplanan değerler

C (nF)	DENEYSEL				TEORİK		SAPMA	
	$T_{alış-veriş}$ (s)	T_o (s)	$\omega_{alış-veriş}$ (rad/s)	ω_o (rad/s)	$\omega_{alış-veriş}$ (rad/s)	ω_o (rad/s)	$\delta\omega_{alış-veriş}$	$\delta\omega_o$
9								

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

5.3.2. Zorla Salınımlar

Çiftlenimli LC devresinin bir sürücü gerilime karşı tepkisini incelemek için Şekil 5.4’deki devre düzeneğini kurarak aşağıdaki basamakları takip ediniz.



Şekil 5.4. Çiftlenimli LC devresinin bir sürücü gerilime karşı tepkisini incelemek için kurulacak devre düzeneği

1. Sinyal jeneratörünü 10 veya 20kHz frekans aralığında sinüs dalga üretecek şekilde ayarlayın.
2. Keskin bir rezonans piki gözlemleyinceye kadar, sinyalin frekansını artırın.
3. Gözlemlediğiniz birinci rezonans piki için periyot (T_1) değerini osiloskop ekranından bularak, birinci kip frekansının (ω_1) değerini hesaplayınız ve sonuçları Tablo 5.2’ye yazınız.
4. İkinci bir keskin rezonans piki gözlemleyinceye kadar frekansı artırmaya devam edin.
5. Gözlemlediğiniz ikinci rezonans piki için periyot (T_2) değerini osiloskop ekranından bularak, ikinci kip frekansının (ω_2) değerini hesaplayınız ve sonuçları Tablo 5.2’ye yazınız.
6. (5.6) eşitliğinden teorik olarak ω_1 değerini hesaplayarak, sapma ($\delta\omega_1$) değerini bulun ve tabloya yazınız.
7. (5.7) eşitliğinden teorik olarak ω_2 değerini hesaplayarak, sapma ($\delta\omega_2$) değerini bulun ve tabloya yazınız.

Tablo 5.2. $L=19\text{mH}$, $R=100\Omega$ ve $C=9\text{nF}$ için deneysel ve teorik olarak hesaplanan değerler

C (nF)	DENEYSEL				TEORİK		SAPMA	
	T_1 (s)	ω_1 (rad/s)	T_2 (s)	ω_2 (rad/s)	ω_1 (rad/s)	ω_2 (rad/s)	$\delta\omega_1$	$\delta\omega_2$
9								

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

6.Deney: Dönüştürgenler

6.1. Deneyin Amacı: Değişik amaçlar için kullanılan dönüştürgen türlerinden ses dönüştürgeninin incelenmesi.

6.2. Teorik Bilgiler

Dönüştürgen (Transducer), genellikle sensörden alınan sinyallerin işlenip iyileştiği kısım olarak tanımlanabilir. Fakat bu iki kavram iç içe girmiş bir şekilde zaman zaman kullanılmaktadır. Her sensör bir dönüştürgen değildir, fakat her dönüştürgen bir sensör içerir. Yani dönüştürgen algılama işinin sonucunu iş edindiklerinden önlerinde mutlaka bir sensör bulunur. Kimi dönüştürgenlerde sensör ayrı bir öge değil beraber halde bulunur. Bu türden durumlarda sensör yerine sadece dönüştürgen kullanılır. Dönüştürgenlerde sensörlerde olduğu gibi algılanan nicelik analog olarak ifade edilir. Dönüştürgenler, farklı enerjiler arasında dönüşüm yapan elemanlardır.

6.2.1. Elektriksel Devrelerde Kullanımı

Elektriksel açıdan Dönüştürgen, herhangi bir fiziksel büyüklüğü elektriksel işarete dönüştüren eleman olarak tanımlanabilir. Çok çeşitli tipleri vardır. Bunların bir kısmı; herhangi bir sıvıdaki yoğunlaşmanın ölçümü (sıvı veya gazdaki akış hızı ölçümü) mekanik hız (ivme-dönme, basınç ve kuvvet ölçümü) sıcaklık, ses şiddeti ve frekans ölçümü yapan dönüştürgenler şeklinde özetlenebilir. Kontrol ve ölçme alanında dönüştürgen kullanmadan bir iş yapmak mümkün değildir. Dönüştürgenlerin tasarımları kolay, fakat yapım ve ölçümlmeleri zordur. Dönüştürgenler, özellikle elektronik cihazların önemli bir elemanıdır. Çeşitli fiziksel büyüklükleri elektriksel işaretlere çeviren Dönüştürgenler daha çok tercih edilir. Çünkü elektriksel işaretlerin ölçülmesi, işlenmesi ve bir yerden başka bir yere iletilmeleri kolaydır. dönüştürgen çıkışında elde edilen elektriksel işaret analog, dijital veya modülasyonlu olabilir.

6.2.2. Dönüştürgen Çeşitleri

Dönüştürgenlerin bir kısmı pasif birer eleman olup, çalışmaları için dışarıdan uygun bir enerjinin verilmesi gerekir. Fotodirenç, termistör, strain gage, transistör mikrofon ve diferansiyel transformatör gibi dönüştürgenler bu sınıfa girer. Diğer bir kısım

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

dönüştürgenler ise ölçülecek olan büyüklük ile uyarılır. Çalışmaları içim dışarıdan herhangi bir enerjinin uygulanmasına gerek yoktur. Bunlara örnek olarak; ısılıçift, fotovoktaik ve piezoelektrik gibi dönüştürgenler verilebilir.

Dönüştürgenler kendinden uyarımlı ve dışarıdan uyarımlı olarak temel iki sınıfa ayrılabilir. Uygulama alanlarına göre de sınıflandırılabilir. Aralarında kesim bir ayırım yapmak mümkün değildir.

Yukarıda kısaca anlatılan sensörler ve dönüştürgenler, hayatımızın büyük bir bölümünde arka planda sürekli olarak iş görmektedirler. Otomobillerin çalışmasında motorların temel ihtiyaçlarının yanında, bizlere sunduğu konforların hepsi sensörler ile algılanan verileri kullanmaktadır. Evlerimizde, mutfakta kullandığımız buzdolabı, fırın, çamaşır makinesi gibi cihazlar işlerini sensörler ve dönüştürgenler kullanarak görmektedir. Yine evlerde kullanılan su sayaçları da bir ölçüm sistemidir. Kısaca, işlerimizi sensörler ve dönüştürgenler yardımı ile başlatıp çeşitli yükselteçler kullanarak işlenebilir hale getirip, amacımıza uygun noktada işlemimizi sonuçlandırıyoruz.

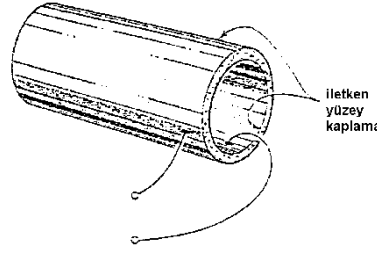
6.2.3. Ses Dönüştürgenleri

Ses dönüştürgeni, ultrases dalgalarını meydana getirmek için kullnsılan bir tiptir. Ultrases dalgalarının frekansı insanın işitme sınırından yukarıdadır. Örneğin $\lambda = 1\text{cm} = 0,01\text{m}$ boylu bir dalgaya uyan f frekansı $f = c/\lambda$ bağlantısıyla bulunur. Burada c sesin hızıdır. 20^0C 'de ve kuru havada $c = 344\text{m/s}$ ve 1cm 'lik dalga boyuna uyan frekans

$$\frac{344\text{m/s}}{0,01\text{m}} = 34,4\text{kHz'dir.}$$

Ultrases üretiminde bir teli, bir zarı titreştirmek gibi işitilebilir ses üretim yöntemlerine benzer birçok mekanik yöntem olmasına rağmen ultrases üretiminde piezoelektrik olaylardan yararlanılır. Piezoelektrik olay basitçe, üzerine mekanik bir basınç uygulanan bazı kristal ve seramik malzemelerde bir elektriksel gerilimin oluşması anlamına gelir. Malzeme genişleyip daralarak titreşir ve ses oluşturur. Piezoelektrik olay çift yönlüdür; Ters piezoelektrik olayla ultrases elde edilir, sistem verici olarak kullanılır. Normal piezoelektrik olayla ultrases algılanır, sistem alıcı olarak kullanılır. Bu olayımızı ses dönüştürgeni silindirimizde daha rahat gözlememiz mümkündür bunun sebebi ise belirli kritik sıcaklığın altında sürekli elektrik dipol momentini edinebilen bir madde olan barium titanat silindirinden yapılmıştır.

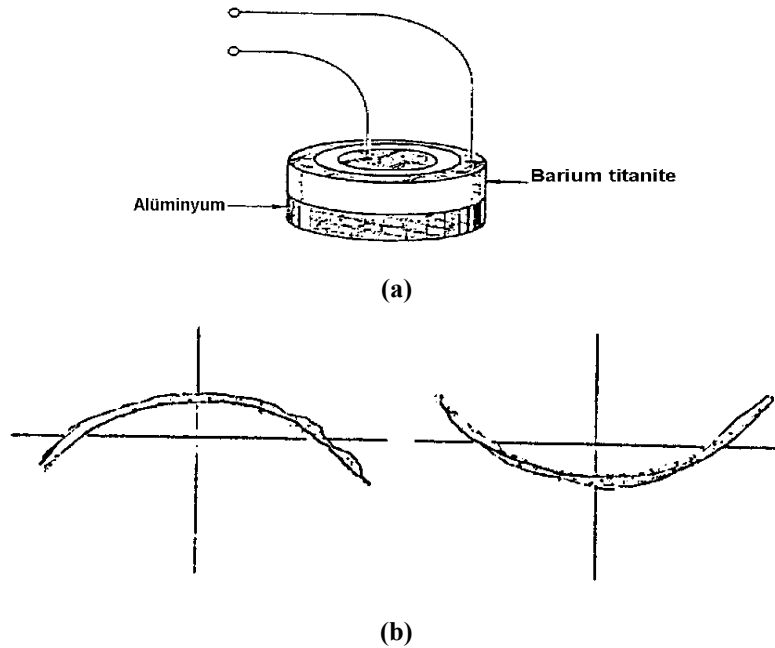
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 6.1: Ultrases dönüştürgeni.

Isıtılmış baryum titanatın iç ve dış yüzeylerindeki elektronlar arasında bir gerilim uygulanmışken bunu, 120°C olan kutuplanma sıcaklığından geçecek şekilde soğutmakla ışınsal doğrultuda bir kutuplanma sağlanır. Bu halde kutuplanma **“donmuş”** halde kalır ve potansiyel farkı ortadan kaldırıldıktan sonra da sürer.

Çok basit ve ucuz ultrases levha dönüştürgenleri geliştirilmiştir ve bunlar genel olarak televizyon alıcılarının uzaktan kumandası için kullanılmaktadır. Böyle bir alet Şekil 6.2’ de gösterilmiştir. Bu dönüştürgen dairesel alüminyum levha ile levha ile sınırlanmış bir baryum titanat diskinden oluşur. Baryum titanat üzerine buharlaştırma ile biri merkezde, öteki çevrede bir çift elektrot tutturulur. Alet, elektronlar arasında bir elektrik gerilimi uygulanmakta iken soğutulurken, 120°C ’deki kutuplanma noktasından geçirilir. Şimdi elektronlar arasında bir potansiyel uygulanırsa disk bükülecek, potansiyelin işaretine bağlı olacaktır. Tersine, diski biz bükerek buna uyan bir gerilim meydana getiririz.



Şekil 6.2 : Ultrases levha dönüştürgeni.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Bu dönüştürgenin ilginç başka bir özelliği, son derece keskin bir rezonans frekansının veya doğal titreşim frekansının olmasıdır. Bu doğal titreşim frekansı Şekil 6.2’ de gösterildiği gibi, diskin merkezinin bir içe bir dışa bükülmesi, çevresinin de bir kez bir yana sonra karşı yana gitmesidir. Bu hareketin frekansının yaklaşık olarak

$$f = \frac{ut}{2a^2} \quad (6.1)$$

ile verildiği gösterilebilir. Burada u , sesin alüminyum içindeki hızıdır ve yaklaşık olarak 6260m/s’dir. t ise halkanın kalınlığıdır ve 0,1cm kadardır, a yarıçapı 1cm kadardır. Bu titreşim frekansının, yarıçapın karesi ile ters oranlı olduğuna dikkat edin.

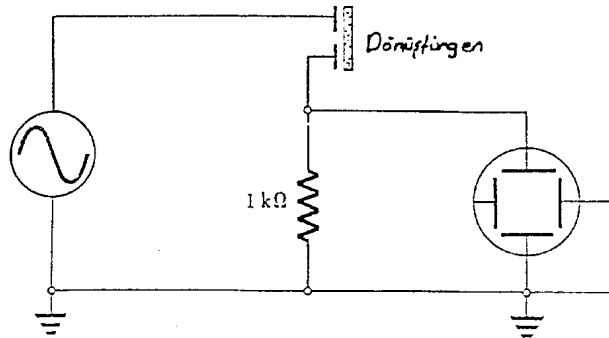
Diskün rezonansı bu düzeneğe ilginç elektriksel özellikler verir ve bu, elektriksel empedansın frekansla nasıl değiştiğini gözlemek bakımından ilginçtir. Elektriksel davranış Şekil 6.3’ de gösterilen devreye benzer ve buna dönüştürgen için eşdeğer devre denir. Çok alçak frekanslarda L indüksiyoncusu aslında bir kısa devredir ve temel etki seri bağlı C sığasından gelir.

Bu, barium titanat yüzeyindeki elektrotlar arasındaki sığa ile raslaşır. Bu maddelerin çok yüksek dielektrik sabitleri dolayısıyla (3000 yakınlarında) 850pF gibi alışılmamış çok yüksek sığalar elde ederiz. Çok yüksek frekanslarda her iki sığa kısa devre gibidir ve davranış, barium titanattaki dielektrik kayıpları temsil eden r seri dirençleri ile temel olarak temsil edilir.

6.3. Deneyin Yapılışı:

6.3.1. Levha Temel Rezonansı

1. Baryum-titanat dönüştürgenlerinin elektriksel özelliklerini incelemek için Şekil 6.3’ deki devreyi kurunuz.



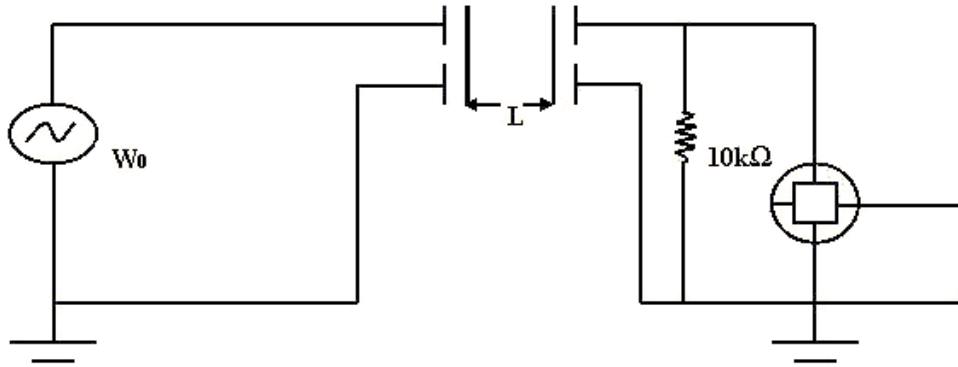
Şekil 6.3 Levha temel rezonansı için kurulacak devre şeması

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

2. Sinyal jeneratörünün frekans kademesini 100kHz' e getiriniz. Bu kademedede, düşük frekanslarda dönüştürgenden tiz bir ses duyacaksınız.
3. Sinyal jeneratörünün frekans ayar düğmesini kullanarak osiloskop ekranında ilk keskin rezonansı gözleyene kadar frekansı arttırınız. Bu rezonans değeri yaklaşık 40kHz yakınlarında olacaktır.
4. Bulduğumuz bu rezonans frekansını teorik frekans değeri (Denklem 6.1 ile hesaplanacaktır) ile karşılaştırınız.
5. Gözlediğiniz ilk keskin rezonans değerinden sonra frekansı yavaş yavaş arttırınız. İlk rezonans frekansının dört katı büyüklüğünde ikinci bir rezonans bulabilirsiniz. Bu ikinci harmoniktir. Bu kipte ışınsal doğrultuda iki düğüm vardır.
6. Yüksek frekans bölgelerine doğru bir çok zayıf rezonans gözleyeceksiniz. Gözleyebildiğiniz bu rezonans frekanslarını hesaplayınız.

6.3.2. Genlik Değişimi

1. Şekil 6.4'de gösterildiği gibi devreyi kurunuz. Devredeki 10 k Ω luk direncin görevi, algıcın rastgele algıladığı 50 Hz lik uğultuyu kesmektir. İki devre arasındaki elektromanyetik çiftlenimi önlemek için dönüştürgen bağlantılarında zırlı kablolar kullanmak zorunludur.



Şekil 6.4. Genlik değişimi için deney düzeneği.

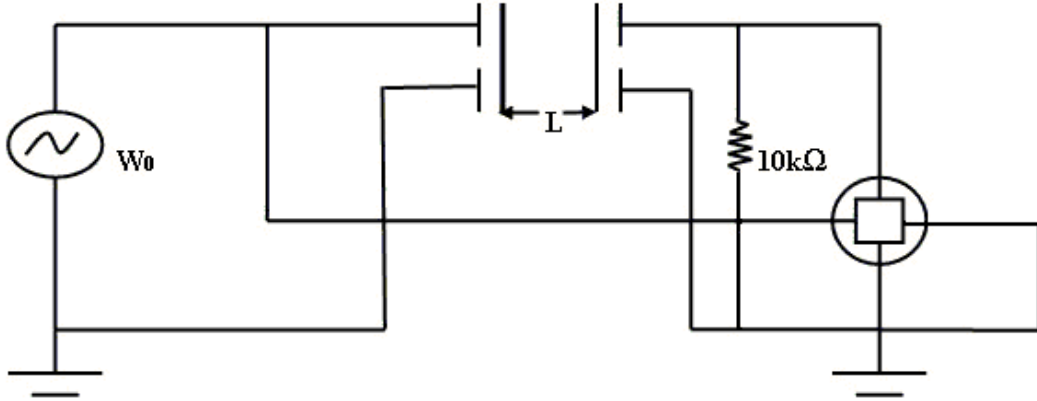
2. Dönüştürgenler 40 kHz yakınlarında oldukça keskin rezonans tepeleri verirler. İki dönüştürgeni yüz yüze getirerek, frekansı 40 kHz yakınlarında bir rezonans buluncaya kadar değiştiriniz ve üretici bu frekansta bırakınız. Dönüştürgenlerin rezonanstan çıkmaması için düzeneği arada bir kontrol ediniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

3. Algıç dönüştürgenini eksen boyunca hareket ettiriniz. Osiloskop ekranında periyotlu değişimler gözleyeceksiniz. Dalga boyunu mümkün mertebe hassas ölçmeye çalışınız ve sonra frekansı hesaplayarak dalganın hızını bulunuz. Bulduğunuz sonucu denklem 6.3 de hesapladığınız sonuçlarla karşılaştırınız.

6.3.3. Faz Değişimi

1. Aynı deney düzeneğini kullanınız yalnızca osiloskop bağlantılarını Şekil 6.4 deki gibi yapınız.
2. Algıç dönüştürgenini hafifçe eğerek yansımış dalganın geri kaynağa dönmesini sağlayınız.
3. Algıcı eksen boyunca hareket ettirerek iki işaretin bağıl faz değişimini gözleyiniz. Dalga boyunu yeniden ölçüp elde ettiğiniz sonuçları deneyin 1 kısmındaki (levha temel rezonansı) sonuçlarla karşılaştırınız. Daha incelikli sonuç elde edebilmek için algıcı birkaç dalga boyu kadar hareket ettiriniz.



Şekil 6.4. Faz değişimi için deney düzeneği.

7. Deney: Temel Mikrodalga Deneyleri

7.1. Deneyin Amacı: Mikrodalgalar kullanılarak kutuplanma (polarizasyon), yansıma ve radar prensiplerinin incelenmesi.

7.2. Teorik Bilgiler

Mikrodalgalar, frekansı yaklaşık 1 GHz ile 300 GHz arasında değişen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar. Daha uzun dalga boylu radyo dalgalarından farklı olarak, mikrodalgaların kısa dalga boyu onları metal yüzeylerden güçlü yansıma, bazı dielektrik maddelerden ise kısmi veya tam geçme (transmisyon) gibi belirgin etkileşim özelliklerine sahip kılar. Bu deneyde; mikrodalgaların kutuplanması (polarizasyon), yansıma ve malzemelere nüfuz etme (penetrasyon) özellikleri incelenecek, ayrıca basit bir radar düzeneği üzerinden mikrodalga yansımasıyla yer tespiti prensibi gösterilecektir.

Deneyde kullanılan verici (T_x) ve alıcı (R_x) antenler, dalgaların elektrik alan bileşenini ($\vec{E}$) belirli bir doğrultuda alıp yayabilecek biçimde tasarlanmıştır. Doğrusal kutuplanmış bir elektromanyetik dalgada, elektrik alan tek bir düzlemde salınır ve anten ekseninin bu düzleme paralel olması alınan sinyali (dolayısıyla alıcı üzerinde ölçülen akımı) maksimize eder. İki anten arasındaki kutuplanma açısı (θ) arttıkça, genellikle aşağıdaki gibi basit bir ifade ile gösterilen oranda sinyal zayıflar:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta) \quad (7.1)$$

burada (I_0), anten eksenleri tam olarak paralel olduğunda (kutuplanma uyumu maksimize edildiğinde) ölçülen akımın maksimum değeridir.

Mikrodalga yansıma (reflection) olayı, gelen dalga yüzeye (θ_i) açısıyla çarptıktan sonra ($\theta_r = \theta_i$) açısıyla geri dönmesi esasına dayanır. Metalik ve yüksek iletkenliğe sahip yüzeyler (örneğin tam metal plakalar) mikrodalgaları güçlü şekilde yansıtırken, yarı-gümüşlenmiş ayna gibi kısmen yansıtıcı yüzeyler hem yansıma hem de geçirme olayı yaratır. Bu tür yüzeylerle çalışırken verici-alıcı mesafesi veya yüzeyin konumu değiştirilirse, dalga girişiminden kaynaklı maksimum-minimum noktaları (dügümler ve karınlar) gözlenebilir; bu durum, dalga faz farklılıklarından ileri gelen bir girişim etkisidir.

Nüfuz etme (penetrasyon) deneylerinde, mikrodalgaların çeşitli malzemelerle etkileşimi

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

incelenir. Polistren, mum, kuru tahta veya politen gibi düşük su içeriğine sahip malzemeler mikrodalgaları büyük oranda geçirir, yansıma ve soğurma sınırlı düzeydedir. Bunun aksine, nemli tahta veya insan eli gibi malzemeler su moleküllerinin güçlü soğurma özelliği nedeniyle gelen dalgayı önemli ölçüde zayıflatır. Bu farklılıklar, malzemelerin dielektrik kayıpları ve elektriksel iletkenlik düzeyleriyle ilişkilidir. Deneylerde, söz konusu malzemelerin geçirgenlik ve yansıma özellikleri sıralanarak mikrodalgalarla etkileşimleri karşılaştırılır.

Radar prensibinde, verici tarafından yayılan dalgalar hedef üzerinden yansıtılır ve alıcı bu yansımayı algılar. Deney düzeninde verici ve alıcı yan yana yerleştirilerek, metal levhalar vb. “hedef” gibi düşünülen yansıtıcılar farklı açılar ve mesafelerde konumlandırılır. Alınan sinyal şiddeti (dolayısıyla alıcı akımı) en yüksek değerini, hedefin verici-alıcı ile doğru hizaya geldiğinde veya gelme-yansıma açılarının eşit olduğu durumda alır. Gerçek radar uygulamalarında hedefle olan uzaklık, dalgaların gidiş-dönüş süresi (Δt) üzerinden:

$$d = \frac{c \Delta t}{2} \quad (7.2)$$

ifadesiyle bulunurken (burada (c) ışık hızıdır), laboratuvar deneyinde bu ilke yansıyan sinyalin şiddetini gözlemleyerek basitçe gösterilir. Ayrıca uzun dalga boyuna sahip radyo dalgalarının atmosferdeki iyonosfer gibi tabakalardan kırılarak veya yansıyarak uzak mesafelere ulaşması da benzer bir fiziksel ilkeye dayanır.

Deneylerde elde edilen ölçümler doğrultusunda ($I = f(L)$) (akım-mesafe grafiği) çizildiğinde, dalga yayılımının temel yasalarıyla ilişkili bir formül kullanılır. Özellikle serbest uzayda yayılan elektromanyetik dalgalar için, alıcıda kaydedilen güç uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Bu durum, dalganın küresel olarak yayılması ve uzaklık arttıkça dalga cephesinin yüzey alanının ($\propto d^2$) olarak büyümesinden kaynaklanır.

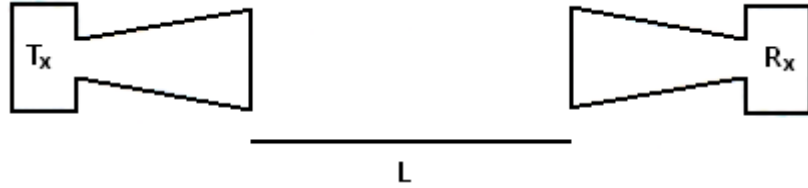
Tüm bu deneysel süreç, elektromanyetik dalgaların temel etkileşim mekanizmalarının (yansıma, kırılma, soğurma, girişim vb.) ve radarın çalışma prensiplerinin daha somut olarak anlaşılmasını sağlar. Farklı malzemelerle yapılacak nüfuz etme deneyleri, kutuplanmış dalgaların ızgara veya polarizör elemanlarıyla nasıl kontrol edilebileceğini görmek ve uzaklıkla alınan sinyalin değişimini ($I = f(L)$ grafiği) incelemek, mikrodalga fiziğinin ve anten/radar teknolojisinin temel kavramlarını pekiştirmeye yönelik en önemli basamaklardandır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

7.3. Deneyin Yapılışı:

7.3.1. Sinyalin Kutuplanmasının Gösterilmesi

1. Verici (T_x) ve alıcıyı (R_x) Şekil 7.1'deki gibi normal kutuplanma konumuna getirerek 1 m mesafeli olarak yerleştiriniz. Büyük bir akım elde edilemeyeceği için ampermetre mA kademesinde olmalıdır.



Şekil 7.1. (T_x) ve alıcı (R_x) için sinyal kutuplama deney düzeneği tasviri.

2. Verici ve alıcı arasındaki mesafeyi 10 cm aralıklarla değiştirerek, alıcıya bağlayacağınız bir ampermetre ile akımları ölçünüz. $I = f(L)$ grafiğini çizerek, yorumlayınız.

3. Verici ve alıcı arasındaki orta noktaya farklı maddelerden yapılmış engeller koyarak geçiş olayını gözleyiniz ve akım değerlerini ölçünüz. Kullandığınız engelleri mikrodalga geçirgenliği bakımından sıralayınız.

4. Verici ve alıcıyı 75 cm aralıkla ve karşılıklı olarak yerleştiriniz. Sonra, sinyalin yolu üzerine yerleşme düzlemi sinyalin ilerleme doğrultusuna dik olacak şekilde bir gril yerleştiriniz. Grilin çubukları dikey olduğunda alınan sinyal hemen hemen sıfır olmalıdır. Fakat çubuklar yatay olduğunda alınan sinyal en güçlü olmalıdır. Grili farklı açılarda sağa ve sola döndürerek akım değişimlerini ölçünüz, sonuçları yorumlayınız.

5. Verici ve alıcının tam ortasına, bunlara dik bir kutuplayıcı yerleştirerek kutuplanmayı gözleyiniz. Vericiyi yatay eksen boyunca 30° açılarla 360° ye kadar döndürerek akımları ölçünüz. Bu aşamada, maksimum ve minimum akım veren açıları da belirleyiniz. Bu açı değerleri neden maksimum ve minimum akım vermektedir?

Not: Benzer bir etki, alıcı döndürülerek de elde edilebilir.

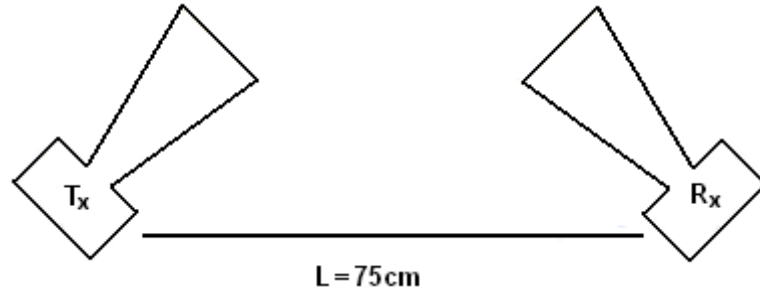
Alıcıya bağlı ampermetredeki akım değişimlerini, verici ile kutuplayıcı arasındaki uzaklığa bağlı olarak 5cm aralıklarla ölçünüz. $I = f(L)$ grafiğini çizip yorumlayınız.

Not: Ayna deney, alıcı ile kutuplayıcı arasındaki uzaklık değiştirilerek de yapılabilir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

7.3.2. Yansımanın Gösterilmesi

1. Normal kutuplanmayı verici ve alıcıyı Şekil 7.2'deki gibi 75 cm mesafeli olarak yerleştiriniz.
2. Metal bir yansıtıcı yüzeyle 45° açı yapacak şekilde döndürünüz. Bu düzenekte, mikrodalgaların yansıtıcıya geliş açıları ile yansıma açıları eşit olduğu zaman maksimum yansıma işlemi gerçekleşecek ve dolayısıyla alıcıya bağlı ampermetrede ölçülen akım en büyük olacaktır.



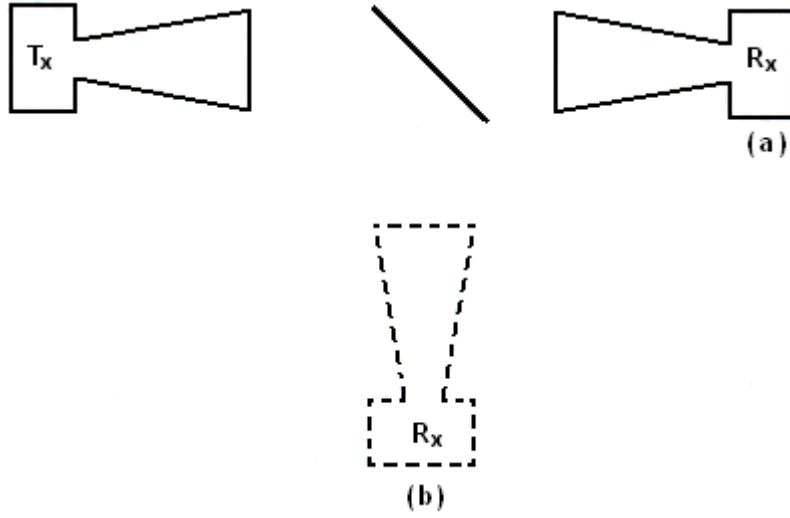
Şekil 7.2. (T_x) ve alıcı (R_x) için sinyal yansıma deney düzeneği tasviri.

3. Alıcıyı uzun eksen boyunca farklı açılarda döndürerek, bu açılar için akım değerlerini ölçünüz. En büyük ve sıfır akım değerlerini veren açılar belirleyiniz, bu açılar size ne anlatmaktadır? Burada yansımış işaret hala kutuplu mudur? Akım değişimlerini yorumlayınız.
4. Polistren kuru ve nemli kâğıt havlular, mum, politen, kuru tahta, nemli tahta ve insan eli gibi çeşitli maddeler, nüfuz etme ve yansımanın gösterilmesi için test edilebilir. Bu amaçla bir vericiyi ve alıcıyı yan yana, bir alıcıyı da bu maddelerin arkasına eşit uzaklıkta koyarak, yansıma ve nüfuz etme (geçme) akımlarını farklı maddeler için ölçünüz. Bu madde veya ortamları yansıma ve geçirgenlik bakımından sıralayınız.

7.3.3. Yarı Gümüşlenmiş Ayna

1. T_x ve R_x 'i 1 cm aralıkla karşılıklı olarak yerleştiriniz ve akımı ölçünüz.
2. İşaret yolunun ortasına ayaklı tahtayı, yani yarı- gümüşlenmiş aynayı yerleştiriniz ve akımı tekrar ölçünüz. Sonra R_x 'i (b) konumuna alarak yarı-gümüşlü aynayı metal bir yansıtıcı olarak kullanabilirsiniz. (Şekil 7.3).

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

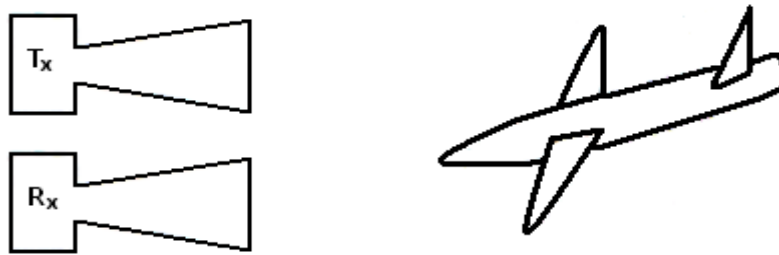


Şekil 7.3. (T_x) ve alıcı (R_x) için yarı gümüşlenmiş ayna deney düzeneği tasviri.

3. T_x 'in aynaya uzaklığına bağlı olarak R_x deki akımları ölçünüz. $I=f(L)$ grafiğini çizin.
4. R_x 'in aynaya uzaklığına bağlı olarak akımları ölçünüz. $I=f(L)$ grafiğini çizin. T_x ve R_x 'in aynaya eşit uzaklıkları durumunda ölçülen akımlar arasında fark buldunuz mu? Sonuçları yorumlayınız.

7.3.4. Radar ve Radyo Dalgaları Yayını

1. Radarın yön bulma işlemini nasıl yaptığını görmek için boyunları aynı şekilde konulmak üzere verici ve alıcıyı yan yana yerleştiriniz (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. (T_x) ve alıcı (R_x) için radar ve radyo dalgası deney düzeneği tasviri.

2. Laboratuvar içinde bulunan gemi veya uçakları temsil ettiğini varsayacağınız metal yansıcılara doğru tutarak, verici ve alıcıyı döndürünüz. Eğer sinyaliniz modüle edilmişse, yani tam olarak DC vermeyen bir DC güç kaynağı kullanmışsanız bu gözlemi daha iyi yapabilirsiniz. Alınan sinyal bir audio yükseltecinin girişine uygulanabilir. El ile

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

ayarlanmak üzere verici ve alıcı, kolaylıkla yukarı-aşağı veya ileri- geri hareket ettirilebilmesi için döner tabla üzerine yerleştirilebilir.

3. Şekil 7.4'deki düzeneği kurunuz. Radarın çalışma prensibini oluşturan bu kutuplanma reflektörü düzeneğinin vereceği sonuçları farklı yansıtıcı metal yüzeyler kullanarak ve akımı ölçerek inceleyiniz.

4. Cismin alıcı ve vericiye olan uzaklığına bağlı olarak yansıma akımlarını ölçünüz. Bu akım hangi uzaklıkta maksimum olmaktadır? $I=f(L)$ grafiğini çiziniz.

Not: Bu kısımdaki ölçümlere polarizasyon yansıtıcının verici ve alıcı ile dik olmasına dikkat ediniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

8. Deney: Kundt Deneyi

8.1. Deneyin Amacı: Kararlı (duran) dalgaların incelenmesi ve sesin havadaki hızının tayini.

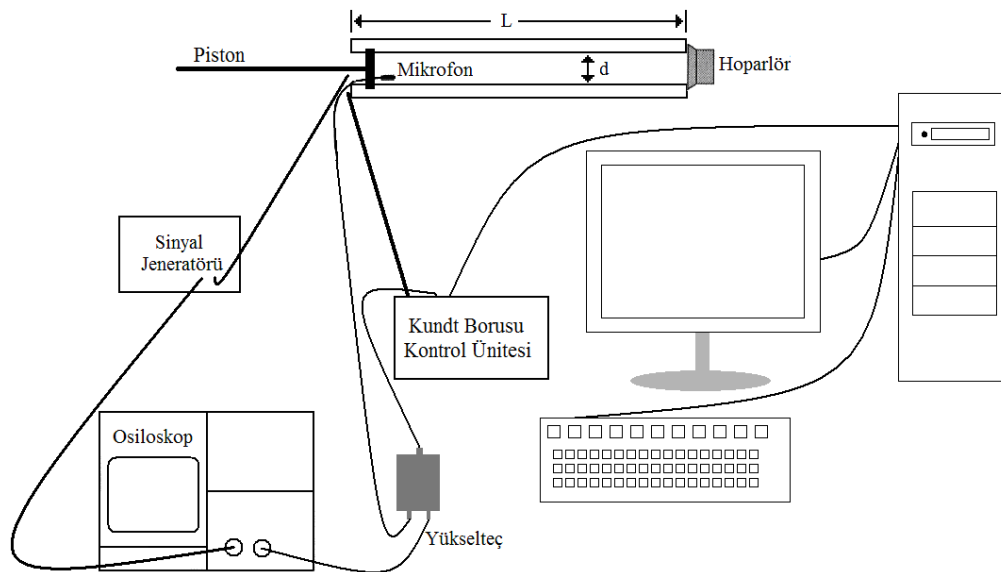
8.2. Teorik Bilgiler:

Sesin dalga boyu, dalga yolundaki farklı noktalarındaki faz farkları ölçülerek bulunabilir. Eğer ses frekansını biliyorsak, dalga boyunu da ölçerek

$$v = f\lambda \quad (8.1)$$

ifadesiyle hızını hesaplayabiliriz. Burada v sesin hızı, f sesin frekansı ve λ dalga boyudur. Dalga mekaniğinde, uzaydaki hareket biçimleri açısından dalgalar temel olarak duran ve ilerleyen dalgalar olarak ikiye ayrılır. İlerleyen dalgalar sürekli bir enerji aktarımıyla ortam boyunca yayılırken, duran dalgalar zıt yönde ilerleyen iki dalgaının üst üste binmesi sonucunda belirli konumlarda sabit kalan bir dalga deseni oluşturur. Bir dalga sınır noktasına ulaştığında yansır ve böylece gelen dalgayla birleşerek düğüm (genliğin sıfır olduğu nokta) ve karın (genliğin maksimum olduğu nokta) bölgeleri barındıran, sabit bir desen meydana getirir.

Bu prensip, Kundt deneyindeki uzun cam boruda da aynen geçerlidir. Bu deney sisteminin genel şeması Şekil 8.1 de gösterildiği gibidir.



Şekil 8.1 Kundt deneyi düzeni kurulumu.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Deneyde, bir ucu pistonla kapatılmış olan borudaki hava sütununun boyu pistonun konumuyla ayarlanır. Hava sıcaklığı sabit kabul edildiği sürece ortamda ses hızı değişmeyecektir. Hoparlörden alınan sabit frekanslı sinyaller, yükselteçle güçlendirilip boru içindeki hava sütununa gönderilir. Uygun piston konumunda L uzunluğundaki hava sütununda duran dalga deseni oluşur. Cam borunun açık ucuna yerleştirilen bir mikrofon, içindeki hava titreşimlerini elektriksel sinyale dönüştürerek genliklerini ve frekanslarını gözlememize olanak tanır. Pistonla kapatılmış uç düğüm, açık uç ise karın noktası olarak davranır. Komşu düğümler arasındaki mesafe dalga boyunun yarısına eşittir ve iki düğümün tam ortasındaki karın noktasında genlik en yüksek değerine ulaşır.

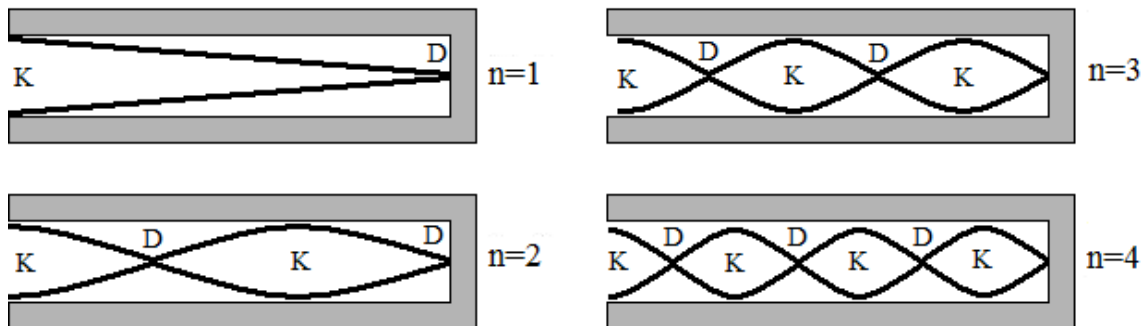
Bir ucu kapalı, diğer ucu açık bir tüpteki bu duruma ilişkin olası dalga desenleri (Şekil 8.2) deneyde yakından incelenir. Rezonans koşullarını veren

$$L = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}, n = 1, 3, 5, \dots \quad (8.2)$$

bağıntısı, pratikte tüpün açık ucundan meydana gelen küçük enerji kaybı nedeniyle

$$L = (2n + 1) \frac{\lambda}{4} - 0,4d; n = 1, 3, 5, \dots \quad (8.3)$$

şeklinde düzeltilir. Burada d, tüpün iç çapıdır. Bu sayede, deneysel olarak ölçülen dalga boyu daha gerçekçi bir değerle ifade edilir. Sonuçta, dalga boyu λ ve ses dalgasının frekansı f belirlendiğinde, Denklem 8.1 ifadesiyle sesin hızı hesaplanabilir. Kundt deneyinin önemi, bu temel dalga mekaniği kavramlarını somut bir şekilde gözlemleme ve deneysel doğruluk analizi yapabilme fırsatı sunmasından kaynaklanır.



Şekil 8.2 Bir ucu kapalı, diğer ucu açık bir tüpteki muhtemel dalga desenleri.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

8.3. Deneyin Yapılışı:

8.3.1. Manuel (Elle Yapılan) Ölçümler

1. Şekil 8.1'deki deney düzeneği kurunuz.
2. Sinyal jeneratöründen 1 kHz'lik sinüs dalga üretecek şekilde çıkış alınız. Hoparlörden tiz bir ses duyulmaya başlanacaktır.
3. Kundt Borusu Kontrol Ünitesi üzerindeki HOME tuşuna bir kez basınız. Yine cihaz üzerindeki CONTINUOUS yazısı altındaki sağ ok (►) tuşu ile piston hareket ettirilmeye başlayınız ve işitilen sesin şiddetinin arttığı mesafeler hem işitsel olarak hem de osiloskop ekranı yardımı ile (genliğin maksimum olduğu yerler bulunarak) tespit ediniz. FINE ADJUST yazısı altındaki yön tuşları yardımıyla rezonans noktalarının tam yerleri daha hassas bir şekilde saptayınız.
4. Kundt Borusu Kontrol Ünitesi üzerindeki ekranda tespit edilen bu $(l_1, l_2 \dots)$ mesafeleri Tablo 8.1'e not ediniz
5. Ard arda gelen rezonans noktaları arasındaki farklar($\Delta l = l_n - l_{n-1}$) bulunarak, $\lambda = 2\Delta l$ formülünden dalga boyları ve $v = \lambda f$ 'ten de ses hızı değerleri hesaplanır. Tablo 8.1'e yazılırlar.
6. Ölçümler tamamlandıktan sonra son olarak Kundt Borusu Kontrol Ünitesi üzerindeki HOME tuşuna bir kez basılır ve pistonun başlangıç konumuna geri dönmesini sağlayınız.

Tablo 8.1. 1 kHz'lik frekansta manuel tespit edilen rezonans noktaları.

ℓ_1 (cm)	ℓ_2 (cm)	ℓ_3 (cm)	ℓ_4 (cm)	ℓ_5 (cm)
$\ell_2 - \ell_1 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_1 = \dots\dots\dots cm$		$v_1 = \dots\dots\dots cm / s$
$\ell_3 - \ell_2 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_2 = \dots\dots\dots cm$		$v_2 = \dots\dots\dots cm / s$
$\ell_4 - \ell_3 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_3 = \dots\dots\dots cm$		$v_3 = \dots\dots\dots cm / s$
$\ell_5 - \ell_4 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_4 = \dots\dots\dots cm$		$v_4 = \dots\dots\dots cm / s$

8.3.2. Bilgisayar Destekli Alınan Ölçümler

1. Deneyin ilk kısmında olduğu gibi yine Şekil 8.1'deki deney düzeneğini kullanınız.
2. Sinyal jeneratöründen 1 kHz'lik bir sinüs dalga üretiniz.
3. Bilgisayardaki **RENTECHv3** programı çalıştırınız.
4. **Bağlantı Seçimi** sekmesinden **RS-232 (USB Çevirici)** seçiniz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

5. **COM PORT** kısmında uygun port (**COM 1**) seçilir ve **BAĞLAN** sekmesine tıklayınız.
6. Açılan bilgisayar yazılımında **HOME** seçeneğine bir kez tıklayınız.
7. Ardından **BAŞLA** seçilir ve cihaz 0,25 cm'lik aralıklarla gerilim ölçmeye başlar. Ölçümler tamamlandıktan sonra bilgisayar ekranında görüntülenen gerilimin mesafeye göre değişimi grafiği üzerinde fare (mouse) yardımı ile pik noktaları tespit edilerek Tablo 8.2'ye not ediniz.
8. İlk kısımda gerçekleştirildiği gibi l , Δl , λ ve v parametreleri hesaplanır.
9. Menüden **HOME** seçeneği tıklanarak piston başlangıç konumuna alınır.
10. Deney farklı frekans değerleri için tekrarlanır.

NOT: Deney sonunda **HOME** seçeneğini kullanarak piston başlangıç konumuna alınmalı, yazılım kapatılırken bağlantı kısmında **KES** seçeneği yardımıyla cihaz ile bilgisayar arasındaki bağlantı kesilmelidir.

Tablo 8.2. 1 kHz'lik frekansta bilgisayar tarafından tespit edilen rezonans noktaları.

ℓ_1 (cm)	ℓ_2 (cm)	ℓ_3 (cm)	ℓ_4 (cm)	ℓ_5 (cm)
$\ell_2 - \ell_1 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_1 = \dots\dots\dots cm$	$v_1 = \dots\dots\dots cm / s$	
$\ell_3 - \ell_2 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_2 = \dots\dots\dots cm$	$v_2 = \dots\dots\dots cm / s$	
$\ell_4 - \ell_3 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_3 = \dots\dots\dots cm$	$v_3 = \dots\dots\dots cm / s$	
$\ell_5 - \ell_4 = \dots\dots\dots cm$		$\lambda_4 = \dots\dots\dots cm$	$v_4 = \dots\dots\dots cm / s$	