

TEMEL ELEKTRONİK LABORATUVARI DENEY FÖYÜ



Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
FİZİK BÖLÜMÜ

İÇİNDEKİLER

1. İçindekiler	1
2. Laboratuvarda Çalışma Kuralları	3
3. Rapor Nasıl yazılır	5
4. Direnç ve İndüktörlerin Renk Kodları	7
5. Standart Ondalık Çarpanlar	8
6. Deney 1: Doğru Akımda Dirençler ve Kirchhoff Yasaları	9
7. Deney 2: Doğru Akımda Thévenin Eşdeğer Devre Teoremi	16
8. Deney 3: Temel Osiloskop Kullanımı-1	21
9. Deney 4: Temel Osiloskop Kullanımı-2	35
10. Deney 5: Direnç, Kapasitör ve İndüktörden Oluşan Alternatif Akım Devre Uygulamaları	40
11. Deney 6: RC – RL ve Bant Geçiren Filtreler	54
12. Deney 7: Seri R-L-C Filtreleri	68

TEMEL ELEKTRONİK LABORATUVARI

Bu laboratuvarında deneyler, tüm sınıf tarafından aynı anda deney sırasına göre yapılacaktır. Öğrenci, laboratuvara gelmeden önce o gün yapacağı deneye bilgi yönünden iyice hazırlanmalı, *neyi*, *niçin* ve *nasıl* yapacağını bilerek laboratuvara girmelidir. Bu, laboratuvarında **bilinçli** ve **başarılı** çalışmanın zorunlu bir önkoşuludur. Laboratuvarında yapılacak iş; öncelikle kullanılacak aletleri ve malzemeyi tanımak, belirlenen sıraya göre ölçüleri özenle almaktır. Sonrasında da bu alınan değerleri değerlendirmek, yorumlamak ve bütün bunları bir deney raporu halinde yazmaktır. Her deney, öğrenciyi ilerde girişeceği bilimsel çalışmalara götüren bir merdivenin basamakları olup birer mini araştırma niteliğindedir ve bu görüşle ele alınarak laboratuvar olanakları en iyi şekilde değerlendirilmelidir. Deney yaparak kazanılan gerçek bilgi ve beceri daha kalıcı olup bilimsel mantığın gelişmesini ve fiziğin daha iyi anlaşılmasını da sağlayacaktır.

Laboratuvar ön bilgi dersinde birimlerin önemi, anlamlı rakamlar, ölçü hataları ve hata hesapları, grafik çizme, grafikten yararlanma, hesapların yapılması ve deneylerde sık kullanılan ölçü aletleri konularında yeter bilgi verilmiş olacaktır. Öğrenci deneyini yapmaya gelirken bu konuları iyice anlamış olmalıdır.

Laboratuvarında ölçümler deney föyünüzde yazan ve deney sorumlusunun belirteceği esaslara göre özenle ve anlayarak yapılmalıdır. Sayısal değerler uygun birimlerle ilgili tablolara kaydedilmelidir. Deney sonrasında hazırlanacak deney raporunda; deneyin adı, konu ve amaçlar, ölçülen ve hesaplanacak büyüklüklerin tanıtıcı bilgisi, ölçü yöntemi, deneyin yapılışında izlenen yol hakkında bilgiler olmalıdır. Deneydeki hata kaynakları, ölçü ve sonuçlara yansıyan hata payları belirtilmelidir. Deney raporunu özenle hazırlayınız ve tükenmez kalem veya mürekkepli kalemle yazınız. Ancak deney grafiklerini kurşun kalemle çiziniz. Renkli belirtmek istediğiniz yerlerde renkli kurşun kalem kullanınız. Bu raporda ölçüler, hesaplar, grafikler, sonuçlar ve yorumlar önceden belirlenen sıraya göre düzenlenmelidir. Rapora bakan kimse hangi ölçülerin alındığını, hangi sonuçlara nasıl varıldığını açıkça görmelidir.

LABORATUVARDA ÇALIŞMA KURALLARI

1. Laboratuvara neyi, niçin ve nasıl yapacağınızı öğrenip bilinçli olarak geliniz.
2. Laboratuvara girer girmez aletleri rastgele kurcalamayınız. Deney yöneticisinin iznini ve önerilerini alarak önce aletlerin kullanılmasını öğreniniz.
3. Dikkatli ve sabırlı çalışınız.
4. Aletlere nazik davranınız. Onları hor kullanmayınız. Ani hareketlerden sakınınız. Dikkatsizlik ve bilgisizlikten doğacak bir zararın tarafınızdan ödenmesi gerektiğini, bu aletlere sizden sonra gelecek arkadaşlarınızın da ihtiyacı olduğunu, aletlerin yedeğinin ve yedek parçasının zor bulunabileceğini unutmayınız. Bir aletin siz kullanmadan önce bozulmuş veya kırılmış olduğunu görürseniz derhal deney yöneticisine bildirin.
5. Deney düzeneğini kurarken aletlerin masa üzerindeki konumunu öyle ayarlayınız ki her şey rahatlıkla görülebilsin ve ölçü aletleri size en yakın olsun.
6. Elektriksel bağlantı devresini kurduktan sonra deney yöneticisine kontrol ettirmeden kesinlikle devreye akım vermeyiniz. Mevcut akımı kesmeden devrede değişiklik yapmayın veya yeni bir devre kurmayın.
7. Bir anda yalnız tek bir şey yapınız. Küçük bir dikkatsizlik ve dalgınlık büyük bir zaman ve para kaybı olabileceğini unutmayınız.
8. Önce düşünüp karar veriniz ve sonra ölçünüz.
 - Ölçülecek büyüklük nedir?
 - Ölçü nerede yapılacaktır?
 - Nasıl ölçülecektir?
 - Hangi tür ve hangi nitelikte ölçü aleti gereklidir?
 - Seçilen alet nasıl kullanılır?

sorularını kendi kendinize cevaplayınız. Ölçülecek büyüklüğün değeri hakkında kesin bilginiz yoksa ölçü aletinin en büyük eşelini kullanarak ölçüye başlayınız. Alete zarar vermeden en duyarlıklı ölçü yapabileceğiniz eşele yavaş yavaş ininiz.

9. Ölçü girişiminden önce ve ölçüm sırasında sakın olunuz. Ölçülerinizi ilgili tabloya özenle ve birimini belirterek yazınız. Gerekiyorsa hatırlatıcı ve dikkat çekici kısa notlar alınız.

10. Deneyin her aşamasında konuyu deney arkadaşınızla tartışınız. Ancak yüksek sesle konuşarak diğer masalarda çalışanların dikkatlerini dağıtmayınız. Net karara varamadığınız hallerde "Bu da sorulur mu?" gibi bir duyguya kapılmaksızın deney yöneticisine danışınız.

11. Masanızdan ayrılarak diğer masalardaki veya laboratuvarlardaki öğrencileri meşgul etmeyiniz. Başka masalardan herhangi bir alet ya da malzeme almayınız. İhtiyaçlarınızı deney yöneticisinden isteyiniz.

Deneyi bitirdikten sonra masanızı temizleyiniz ve deney düzeneğini deney öncesinde bulduğunuz gibi bırakınız.

RAPOR NASIL YAZILIR

Bir rapor temelde aşağıdaki öğeleri içermelidir.

- **BAŐLIK**
- **DENEYİN AMACI**
- **İŞLEM BASAMAKLARI**
- **TABLolar**
- **HESAPLAMALAR**
- **YORUMLAR VE SONUÇLAR**

1. BAŐLIK

Bu bölüm, deneyin ana amacını birkaç kelimeyle anlatır.

2. DENEYİN AMACI

Deneyi yapmaktaki amaç ve deneyde ulaşılması beklenen sonuçların yazıldığı bölümdür.

3. İŞLEM BASAMAKLARI

Bu bölümde, deneyi düzeneğini kurarken rastladığınız ve önemli gördüğünüz noktaları yazmanız gerekir.

4. TABLolar

Elde ettiğiniz bütün verilerin düzenli bir şekilde tabloya döküldüğü bölümdür. Bir tabloda bulunan bütün değerlerin birimleri, ilgili yerlere yazılmalıdır.

5. HESAPLAMALAR

Bu bölüm bir raporun kalbidir. Burada DENEYİN AMACI bölümünde belirttiğiniz ifadelerin hepsi gerekli hesaplamalar yapılarak ispatlanmalıdır. İzlenmesi gereken yol aşağıdaki gibi olmalıdır.

- **Hesap nasıl yapılır?**

İlk olarak hesapları yaparken kullandığınız formül ve bağıntılarının yazılması (düzenli olması isteniyorsa hesapların başından itibaren numaralanmalıdır) gerekmektedir. Sonra hesaplamalara başlanmalıdır. Daha sonrasında hesaplanmış değerlerin birimleri

yazılmalıdır. Birimler belirtilmemiş ise bunlarda gerekli formüller kullanılarak türetilmelidir. Ve sonunda bulduğunuz değeri bir “**fizikçi**” kafasıyla standart birim sistemine ilgili yere yazmanız gerekmektedir.

- **Grafik nasıl çizilir?**

En başta uygun grafik kağıdının (logaritmik, lineer...) seçilmesi ile işe başlanmalıdır. Sonra hangi eksene hangi değişkenin yazılması gerektiğine belirlenmelidir. Bağımsız değişkeni x-eksenine bağımsız değişkenle değişen fonksiyonu y-eksenine yerleştirmek gerekir. Ek olarak eksenlerin ölçekleri de ayarlanmalıdır. Ölçeklerin ayarlanmasında en büyük veriden en küçük veri çıkarılır ve eksenin uzunluğuna bölünür. EN MANTIKLI ÖLÇEĞİ SEÇMEYİ UNUTMAYIN. Gerekliyse grafiğin eğimi hesaplayabilirsiniz. Son olarak, EKSENLERE BİRİM YAZMAYI UNUTMAYIN.

6. YORUMLAR VE SONUÇLAR

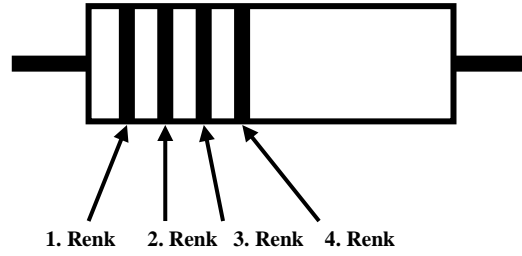
Bu kısımda teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Ayrıca karşılaşılan hatalarında yazılması gerekmektedir. Deneyi daha önce anlattığımız için, İŞLEM BASAMAKLARINI TEKRAR YAZMAYIN.

DİRENÇ ve İNDÜKTÖRLERİN RENK KODLARI

Renk	Birinci Renk	İkinci Renk	Üçüncü Renk	Dördüncü Renk
Siyah	0	0	10^0	-
Kahverengi	1	1	10^1	-
Kırmızı	2	2	10^2	-
Turuncu	3	3	10^3	-
Sarı	4	4	10^4	-
Yeşil	5	5	10^5	-
Mavi	6	6	10^6	-
Mor	7	7	10^7	-
Gri	8	8	10^8	-
Beyaz	9	9	10^9	-
Altın	-	-	10^{-1}	$\pm\% 5$
Gümüş	-	-	10^{-2}	$\pm\% 10$
Renksiz (Renk Yok)	-	-	-	$\pm\% 20$

Tablo: Dirençlerin ve indüktörlerin üzerlerindeki renklerin anlamları.

Not: Aşağıdaki şekilden de görüleceği gibi renklerin numaralandırılmasına renklerin yakın olduğu uçtan başlanır.



Şekil: Dirençlerin üzerindeki renklerin sıralanma

Örnek: R=Kahverengi, siyah, kırmızı, altın renklerindeki direncin değeri:

$$R = (10 \times 10^2 \pm 50) \Omega \text{ olur.}$$

İndüktans değerleri de direnç değeri gibi okunur fakat bulunan değer 10^{-6} ile çarpılır.

Örnek: L=Kahverengi, siyah, kırmızı, altın renklerindeki indüktasın değeri:

$$L = (10 \times 10^2 \pm 50) \times 10^{-6} H \text{ olur.}$$

STANDART ONDALIK ÇARPANLAR

Çarpan	Adı	Kısaltması
10^{12}	Tera	<i>T</i>
10^9	Giga	<i>G</i>
10^6	Mega	<i>M</i>
10^3	Kilo	<i>k</i>
10^2	Hekto	<i>h</i>
10^1	Deka	<i>da</i>
10^{-1}	Desi	<i>d</i>
10^{-2}	Santi	<i>c</i>
10^{-3}	Mili	<i>m</i>
10^{-6}	Mikro	μ
10^{-9}	Nano	<i>n</i>
10^{-12}	Piko	<i>p</i>
10^{-15}	Femto	<i>f</i>
10^{-18}	Atto	<i>a</i>

Tablo: Fizikte kullanılan standart ondalık çarpanlar

DENEY 1

DOĞRU AKIMDA DİRENÇLER VE KIRCHHOFF YASALARI

1.1. DENEYİN AMACI:

Elektrik devrelerinde Kirchhoff yasalarının deneysel olarak ispatlanmasıdır.

1.2. TEORİK BİLGİ:

Bir devre elemanı üzerindeki elektrik akımı o elemanın terminalleri arasındaki gerilim ile orantılıdır. Gerilim ile akım arasındaki ilişki aşağıda verilen formülle ifade edilir;

$$V = I \cdot R \quad (1.1)$$

Yukarıdaki formülde R , devre elemanının direnci olarak tanımlanır. Bu formül **Ohm Yasası** olarak da bilinir. MKS birim sistemine göre direncin (R) birimi *ohm* (Ω), gerilimin (V) birimi *volt* (V) ve akımın (I) birimi *amper* (A) olarak tanımlanır.

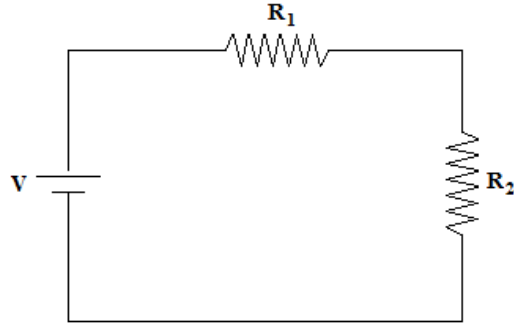
Direnç üzerinden geçen akım her zaman ısı üretir. Direnç üzerinde ısıya dönüşen elektrik enerjisinin miktarı güç olarak tanımlanır, P harfi ile gösterilir ve MKS birim sistemine göre birimi watt (W)'tır. Gücün formülü aşağıda verildiği gibidir,

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R \quad (1.2)$$

Güç formülü tek bir direnç için kullanıldığı gibi bütün devre için de kullanılabilir.

Dirençler birbirleri ile seri ve paralel olmak üzere iki şekilde bağlanabilmektedir.

R_1 ve R_2 dirençlerinin **seri** olarak bağlandığı devre Şekil-1.1’de gösterildiği gibi olur.



Şekil-1.1: Dirençlerin seri bağlanması

Seri bağlı devrelerde uygulanan kurallar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Seri bağlı dirençler, eşdeğer bir direnç olarak yazılabilir. Eşdeğer direnç R ,

$$R = R_1 + R_2 + \dots \quad (1.3)$$

formülü ile bulunur.

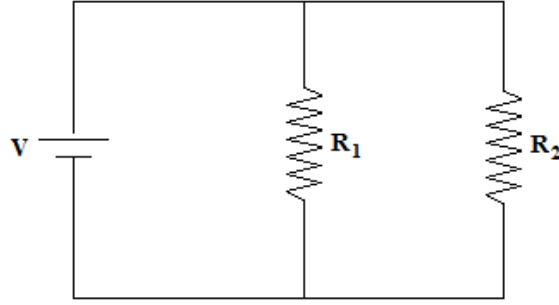
- Seri bağlı devrelerde her direnç üzerinden geçen akım (I_1, I_2, \dots) eşittir.

$$I = I_1 = I_2 = \dots \quad (1.4)$$

- Seri bağlı devrelerde toplam gerilim V , her bir eleman üzerindeki gerilimlerin toplamına eşittir.

$$V = V_1 + V_2 + \dots \quad (1.5)$$

Aynı iki direncin **paralel** bağlandığı devre Şekil-1.2’de gösterildiği gibi olur.



Şekil-1.2: Paralel bağlı iki direnç

Paralel bağlı devreler için kurallar aşağıdaki gibidir:

- Paralel bağlı dirençler de, eşdeğer bir direnç olarak yazılabilir. Paralel bağlı devrelerde eşdeğer direnç R ,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad (1.6)$$

formülü ile bulunur. (Paralel bağlı devrelerde eşdeğer direncin değeri devreyi oluşturan dirençlerin değerlerinden küçük olduğuna dikkat ediniz.)

- Paralel bağlı devrelerde toplam akım I her bir direnç üzerinden geçen akımların toplamına eşittir

$$I = I_1 + I_2 + \dots \quad (1.7)$$

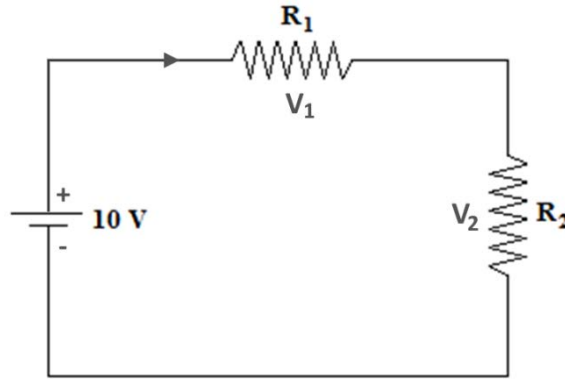
- Paralel bağlı devrelerde her eleman üzerine düşen gerilim V eşittir.

$$V = V_1 = V_2 = \dots \quad (1.8)$$

Bir devreden geçen akımı ölçmeye yarayan ölçü aletine *ampermetre* denir. **Ampermetre** devreye *seri* bağlanır. Gerilimi ölçmeye yarayan ölçü aletine ise *voltmetre* denir. **Voltmetre** gerilimini ölçmek istediğimiz devre elemanına *paralel* olarak bağlanır. Direnç ölçmeye yarayan alete de *ohmmetre* denir ve ölçmek istenilen aralığa *paralel* bağlanır. Genelde laboratuvarlarda her üçünü (akım, gerilim ve direnç) ölçen aletler kullanılır. Bu tip ölçü aletlerine **AVOmetre** (Akım, Volt, Ohm) adı verilir.

Devre teorisinde, karışık devrelerin analizlerini yapabilmek için bir takım yasalara ihtiyacımız vardır. Bunlardan birisi önceki deneylerde incelenen (Elektrik ve manyetizma laboratuvarı Ohm yasası deneyi) Ohm Yasası'dır. Bu deneyde Ohm Yasası'nın biraz daha geliştirilmiş hali olan Kirchhoff yasaları tartışılacaktır. Bunlar; Kirchhoff Gerilimler Yasası (KGY) ve Kirchhoff Akımlar Yasasıdır (KAY).

- a. **Kirchhoff Gerilimler Yasası (KGY):** Herhangi bir kapalı devrede gerilimlerin cebirsel toplamı sıfırdır. Şekil-1.3'te kurulu olan devreyi düşünersek,

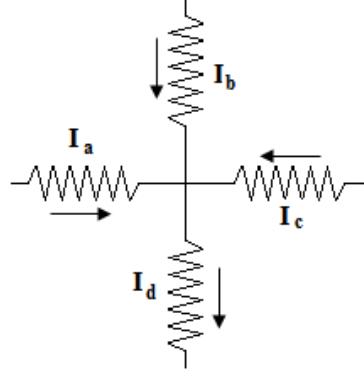


Şekil-1.3: Kirchhoff Gerilimler Yasası

Yukarıdaki şekil için Kirchhoff gerilimler yasası aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$10 + (-V_1) + (-V_2) = 0 \quad (1.9)$$

- b. **Kirchhoff Akımlar Yasası (KAY):** Bir düğüm noktasına giren akımların toplamı o düğüm noktasından çıkan akımların toplamına eşittir. Şekil-1.4'teki devreyi düşünürsek,

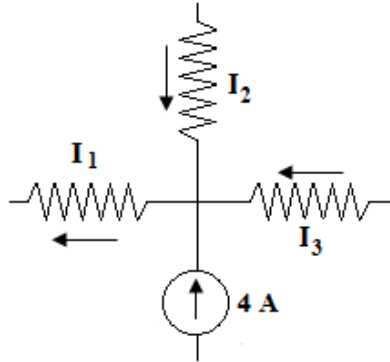


Şekil-1.4: Kirchhoff Akımlar Yasası

Kirchhoff Akımlar Yasası aşağıdaki gibi yazılabilir

$$I_a + I_b + I_c = I_d \quad (1.10)$$

Aşağıdaki şekil KAY kaynağı bağlı devreler için nasıl yazıldığını göstermektedir.



Şekil-1.5: Kirchhoff Akımlar Yasasının akım kaynağı bağlı devre için uygulanması

Şekil-1.5'deki devre için KAY aşağıdaki gibi yazılır.

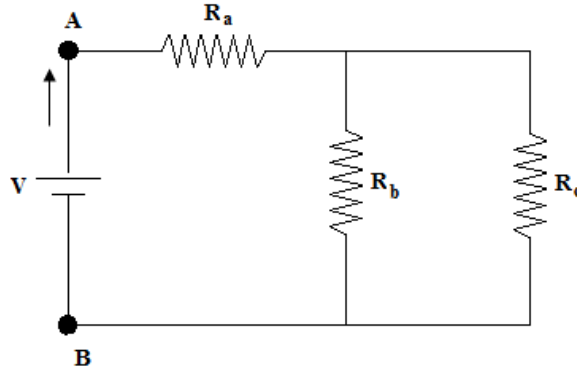
$$I_1 = 4 + I_2 + I_3 \quad (1.11)$$

1.3. KULLANILAN ALETLER:

- Devre Kurma Bordu
- Avometre
- Ayarlanabilir Güç Kaynağı
- Grafik Kâğıdı
- Değişik Değerlerde Dirençler

1.4. İŞLEM BASAMAKLARI:

- 1- Şekil-1.6'da verilen devreyi R_a , R_b , R_c değerlerini kendiniz seçerek kurunuz.



Şekil-1.6: Deney devresi

- 2- Bütün direnç değerlerini üzerindeki renk kodları yardımıyla (EK-1) teorik olarak hesaplayınız. Ölçü aleti yardımıyla pratik değerini ölçünüz. Bu değerleri Tablo-1.1'e kaydediniz.
- 3- A-B noktaları arasındaki eşdeğer direncin teorik değerini **Kirchhoff yasalarını kullanarak** hesaplayınız, pratik değerini ölçünüz ve Tablo-1.1'e kaydediniz.
- 4- Güç kaynağını üzerinde bağlantı yokken belirtilen değere ayarlayınız. Kapalı durumda üzerinde bağlantıları yapınız ve açınız. Devredeki bütün dirençler üzerindeki ve A-B noktaları arasındaki gerilimleri avometre ile ölçünüz. Bu değerleri Tablo-1.1'e kaydediniz.

- 5- Avometreyi ampermetre olarak sırasıyla her bir direncin önüne seri bağlayınız (***Bu bağlantıların her birisi yapıldıktan sonra sorumlu asistana gösterilecektir.*** Devredeki bütün dirençler üzerinden geçen akımları ve devrenin toplam akımını ölçünüz. Bu değerleri Tablo-1.1'e kaydediniz.
- 6- Her bir direnç üzerindeki akımı ve gerilimi teorik olarak hesaplayarak Tablo-1.1'e kaydediniz. Teorik ve pratik değerler için % hata hesabı yapınız. Sonuçlarınızı raporlarınıza yazınız.
- 7- Deneyden edindiğiniz sonuçları yorumlayınız, bunları yorumlar ve sonuçlar bölümüne yazınız.

NOT: Ampermetre bağlantıları mutlaka sorumlu asistana gösterilecektir.

Direnç (k Ω)			Gerilim (V)			Akım (A)		
Teorik	Pratik	% Hata	Teorik	Pratik	% Hata	Teorik	Pratik	% Hata
R_a			V_a			I_a		
R_b			V_b			I_b		
R_c			V_c			I_c		
R_{top}			V_{AB}			I_{top}		

Tablo-1.1: Akım, gerilim ve direnç değerleri.

DENEY-2

DOĞRU AKIMDA THEVENİN EŞDEĞER DEVRE TEOREMİ

2.1. DENEYİN AMACI:

Thévenin eşdeğer devre teoreminin öğrenilmesi ve karmaşık elektronik devrelerinin basitleştirilerek çözülmesidir.

2.2. TEORİK BİLGİ:

Ohm kanununun kullanılmadığı karışık devrelerde akım, gerilim, direnç gibi değerleri hesaplamak için çeşitli teoremler geliştirilmiştir. Thévenin teoremi de bunlardan en basit ve en çok bilinenidir. Bu teorem birçok hesaplamanın yapılmasında size kolaylıklar sağlayacaktır. Thévenin teoreminin karışık devreler için özel formülleri olmasına karşın, basit devrelerde bu teoremin, Ohm kanununun bir uygulaması olduğunu göreceksiniz.

Thévenin teoremi karmaşık devreler için bir çözüm yoludur. Bu teoremin kullanılması ile birçok devre elemanından oluşan karmaşık devreler, bir direnç ve buna seri bağlı bir gerilim kaynağı ile ifade edilebilir.

Basit bir Thévenin devre çözümü örneği aşağıdaki Şekil-2.1'de verilmektedir. Bu devrede R_L yük direnci üzerine düşen gerilim hesaplanacaktır. Kaynak gerilimi, gerilim bölücü devre ile ikiye bölünmüştür. Thévenin eşdeğer devresinin bulunması için aşağıdaki adımlar izlenir.

- 1) Şekil-2.1 (a) incelenecek devredir.
- 2) Şekil-2.1 (b)'de R_L yük direnci kaldırılır ve A-B noktaları arasındaki gerilim hesaplanır (eşitlik 2.1), bu değer R_b direnci üzerine düşen gerilime eşittir (Neden?). Bulunan bu gerilim değeri Thévenin eşdeğer gerilimi (V_{TH}) 'dir.

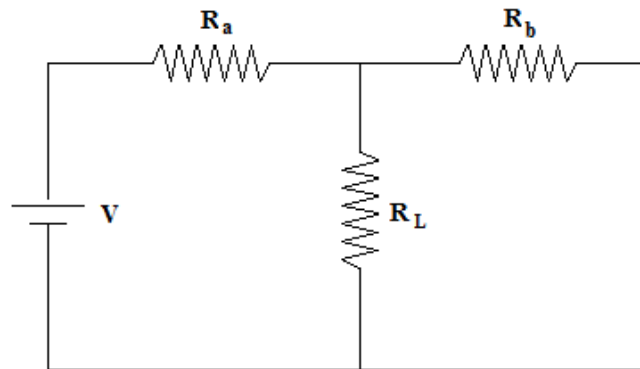
$$V_{TH} = V \times \left(\frac{R_b}{R_a + R_b} \right) \quad (2.1)$$

- 3) Şekil-2.1 (c)'de güç kaynağı kaldırılır ve kaynağın bulunduğu yer kısa devre yapılır. Devrenin A-B uçları arasındaki eşdeğer direnç değeri hesaplanır (Bu yapılırken R_a ve R_b dirençlerinin birbirlerine paralel olduklarına dikkat ediniz Şekil-2.1 (d)). Bu değere de Thévenin eşdeğer direnci (R_{TH})'dir (eşitlik 2.2).

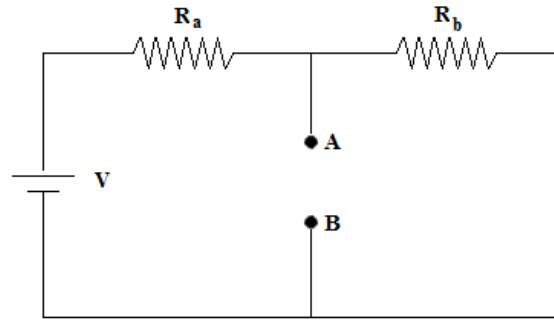
$$\frac{1}{R_{TH}} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} \quad (2.2)$$

- 4) Şekil-2.1 (e)'de devre V_{TH} ve R_{TH} değerleri için tekrar düzenlenir. Bu devre Thévenin eşdeğer devresidir.
- 5) Şekil-2.1 (f)'de R_L yük direnci A-B uçları arasındaki yerine konur ve iki direnç üzerine düşen gerilimler hesaplanır. V_{TH} değeri R_L yük direnci değişmesine rağmen değişmez. Çünkü V_{TH} değeri hesaplanırken R_L devreden çıkarılmıştı. R_{TH} değerleri de aynı şekilde R_L değerine bağlı değildir. R_L direnci üzerindeki gerilim eşitlik 2.3'e göre hesaplanır,

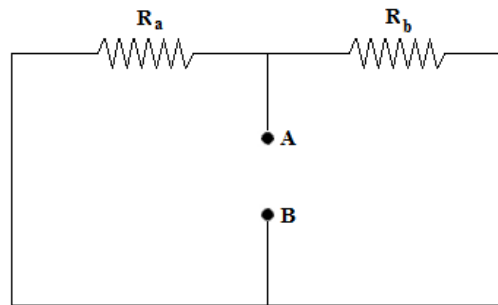
$$V_L = V_{TH} \times \left(\frac{R_L}{R_{TH} + R_L} \right) \quad (2.3)$$



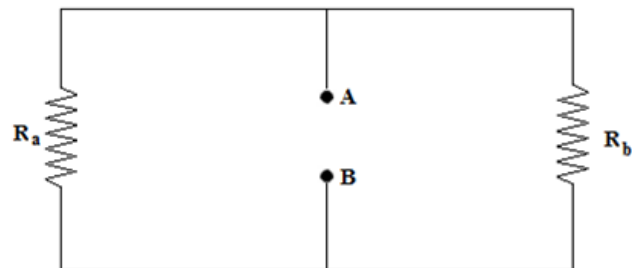
Şekil-2.1 (a)



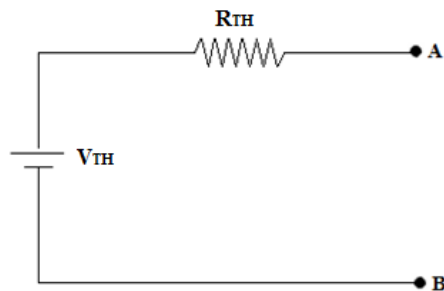
Şekil-2.1 (b)



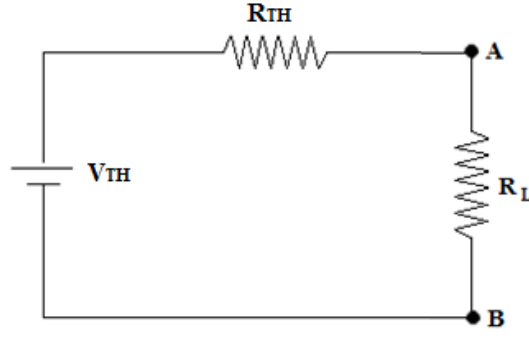
Şekil-2.1 (c)



Şekil-2.1 (d)



Şekil-2.1 (e)



Şekil-2.1 (f)

2.3. KULLANILAN ALETLER:

- Devre Kurma Bordu
- Ayarlı Güç kaynağı
- Avometre
- Değişik Değerlerde Dirençler

2.4. İŞLEM BASAMAKLARI:

1. Size verilen farklı direnç değerleri ile Şekil-2.1 (a)'daki devreyi kurunuz.
2. İkinci adımdaki gibi R_L 'yi devreden çıkarınız (Şekil-2.1 (b)).
3. Güç kaynağını üzerindeki bağlantıları çıkarınız ve 12 V değerine ayarlayınız. Güç kaynağını kapatıp bağlantıları tekrar yapınız.
4. Şekil-2.1 (b)'ye göre A-B arasındaki gerilim değerini avometre yardımı ile ölçünüz ve Tablo-2.1'de yerine yazınız.
5. Güç kaynağının bağlantılarını kaldırınız ve Şekil-2.1 (d)'deki devreyi kurunuz.
6. A-B uçları arasındaki Thévenin eşdeğer direnç değerini avometre yardımı ile ölçünüz ve Tablo-2.1'de yerine yazınız.
7. Güç kaynağını ve R_L yük direncini Şekil-2.1 (f)'deki gibi yerine koyarak A-B uçları arasındaki V_{RL} gerilimini ölçünüz ve Tablo-2.1'de yerine yazınız.
8. Deneysel olarak bulduğunuz bu değerleri teorik olarak, verilen basamakları kullanarak hesaplayınız ve sonuçlarınızı Tablo-2.1'de *teorik* olarak verilen yerlerine yazınız.

9. Teorik ve pratik değerler iin % hata hesabı yapınız. Sonularınıızı raporlarınıza yazınız.
10. R_L değerinin artması, V_L değerini nasıl etkiler?
11. R_L değerinin artması, V_{Ra} ve V_{Rb} değerlerini nasıl etkiler?
12. 10. ve 11. adımları deneysel olarak inceleyiniz. Sonularınıızı raporlarınıza yazınız.

$V_{Giriş} = 12 \text{ V}$								
$V_{A-B} \text{ (V)}$			$R_{TH} \text{ (k}\Omega\text{)}$			$V_{RL} \text{ (V)}$		
Teorik	Pratik	% Hata	Teorik	Pratik	% Hata	Teorik	Pratik	% Hata

Tablo-2.1: Thévenin Eşdeğer Gerilim, Diren değerleri ve V_{RL} gerilim değerleri.

DENEY-3

TEMEL OSİLOSKOP KULLANIMI-1

3.1. DENEYİN AMACI:

Osiloskobun, DC ve AC sinyallerin gerilimlerinin ölçümleri için kullanılmasıdır.

3.2. TEORİK BİLGİ

3.2.1. Osiloskop Nedir:

İngilizce **oscillation** ve **scope** kelimelerinin birleşmesinden oluşan osiloskop, sinyallerin özelliklerini dalga formlarıyla birlikte görebilmemizi ve hesaplayabilmemizi sağlayan elektronik cihazdır. Bu laboratuvar kapsamında Atten marka iki kanallı 40 MHz'lik dijital osiloskop kullanılmaktadır.

Girişine uygulanan elektriksel işareti genlik ve zaman bilgisi verecek şekilde ekranında görüntüleyen ölçü aletlerine osiloskop denir. Görüntü grafik biçimindedir.

3.2.2. Osiloskobun önemi ve kullanım alanları:

Elektriksel sinyalleri görünür hâle getiren osiloskoplar, elektronik cihaz onarımcıları, devre tasarımcıları ve imalatçılar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Örneğin karmaşık elektronik devrelere sahip, TV, video, kamera gibi aygıtların onarımı yapılırken osiloskop büyük kolaylık sağlar. Bu cihazları üreten firmaların sunduğu devre şemalarında belirli noktalarda olması gereken sinyalin şekli gösterilmiştir. Teknisyen, kontrollerini yaparken şemadaki sinyal ile ölçtüğü sinyali karşılaştırarak arızanın niteliğini belirler.

Osiloskoplarla aşağıdaki ölçümleri yapabiliriz:

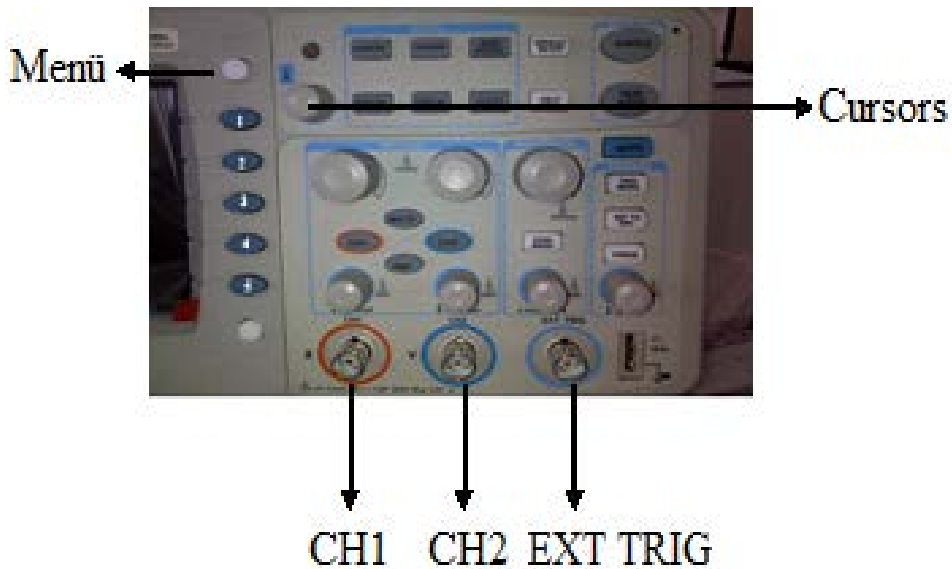
- a. Doğru akım ölçümleri.
- b. Alternatif akım ölçümleri.
- c. Frekans ve zaman ölçümleri.
- d. İki sinyal arasındaki zaman farkı ölçümleri.

- e. Sinyalleri yükselme ve değişme zamanları.
- f. Karmaşık dalga formu senkronizasyonları.
- g. İki kanallı dalga formlarını görme.

3.2.3. Osiloskobun ön panelindeki tuş ve anahtarların işlevleri:



Resim-3.1: Osiloskobun ön panelinin görüntüsü



Resim-3.2: Osiloskop ana tuş ve girişleri

Resim-3.2’de okla belirtilen CH1 ve CH2 kanallarına prob lar bağlanılarak osiloskoba sinyaller iletilir. EXT TRIG kanalı (çok kullanılmamakla beraber) bu iki kanaldan hariç bir dış kanal olarak kullanılmaktadır.

Resim-3.2’de okla belirtilen beyaz düğme **MENU** tuşudur. **MENU** tuşunun altında kalan **1’den 5’e** kadar numaralandırılmış mavi tuşlar ise menü içerisinde gezinmeyi ve seçenek belirlemeyi sağlar.

Osiloskobun ön panelindeki tuşlar 3 ana kısım (dikey kısım, yatay kısım ve menü kısmı) olarak incelenecektir. Ön panelde bulunan diğer tuşlar önemine göre tek tek incelenecektir veya hiç incelenmeyecektir.

1. Dikey (Vertical) Kısım:



Resim-3.3: Osiloskobun Vertical kısmı

Resim-3.3’teki 1 numaralı tuş CH1 kanalına ait volts/div kademesini ayarlar, 3 numaralı tuş ise osiloskop ekranında görüntülenen CH1 kanalından alınan sinyalin dikey eksenindeki pozisyonunu ayarlar. Yine Resim-3.3’teki 2 numaralı tuş CH2 kanalına ait volts/div kademesini ayarlar, 4 numaralı tuş ise osiloskop ekranında görüntülenen CH2 kanalından alınan sinyalin dikey eksenindeki pozisyonunu ayarlar.

Resim-3.3’te görülen CH1 ve CH2 tuşlarına basıldığı zaman ekranda çıkan fonksiyon menüsünün açıklaması aşağıdaki gibidir.

I. CH1&CH2 Fonksiyon Menüsü: Coupling (Bağlantı), BW limit, volts/div, Probe, Invert, Input, Digital Filtre seçeneklerinden oluşmaktadır.

a) Coupling (Bağlantı):

- i. **DC:** Giriş sinyalinin hem DC hem de AC bileşenlerini geçirir. Giriş gerilimi maksimum 400 V tur.
- ii. **AC:** Giriş sinyalinin DC bileşenini geçirmez ve 10 Hz’in altındaki sinyalleri zayıflatır.
- iii. **GND:** Giriş sinyali ile bağlantısı yoktur.

b) **Probe:** 1×, 10×, 100× ve 1000× seçenekleri vardır.

Resim-3.3'te görülen MATH tuşuna basıldığı zaman ekranda çıkan fonksiyon menüsünün açıklaması aşağıdaki gibidir.

II. İşlem (Math) Fonksiyonu Menüsü: Operation (İşlem), CH1 invert (CH1'e dönüşme), CH2 invert (CH2'ye dönüşme) seçeneklerinden oluşmaktadır.

a) Operation (İşlem): CH1 kanalından ve CH2 kanalından gelen sinyallerin birleşmesiyle +, -, \times ve FFT işlemleri yapılabilmektedir.

i. +: CH1 dalga formu+ CH2 dalga formu

ii. -: CH1 dalga formu- CH2 dalga formu ya da CH2 dalga formu-CH1 dalga formu

iii. \times : CH1 dalga formu \times CH2 dalga formu

iv. FFT: Hızlı Fourier dönüşümü yapar.

Resim-3.3'te görülen REF tuşuna basıldığı zaman ekranda çıkan fonksiyon menüsünün açıklaması aşağıdaki gibidir.

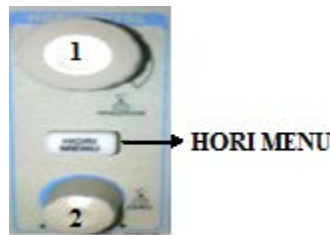
III. REF (referans) Fonksiyonu Menüsü: Source (Kaynak), REF A ve REF B, Save (Kaydet) ve REF A/REF B'den oluşmaktadır.

a) Source (Kaynak): CH1, CH2, CH1 off (CH1 kapalı) ve CH2 off (CH2 kapalı) seçenekleri bulunmaktadır. Kaydetmek istenilen dalga formu seçilir.

b) REF A ve REF B: kaydetmek ya da hatırlamak için referans bölge seçimi yapılır. Bu REF A ya da REF B olabilir.

c) Save (Kaydet): Kaynak dalga formu istenilen referans bölgesine yüklenir.

2. Horizontal (Yatay) Kısım:



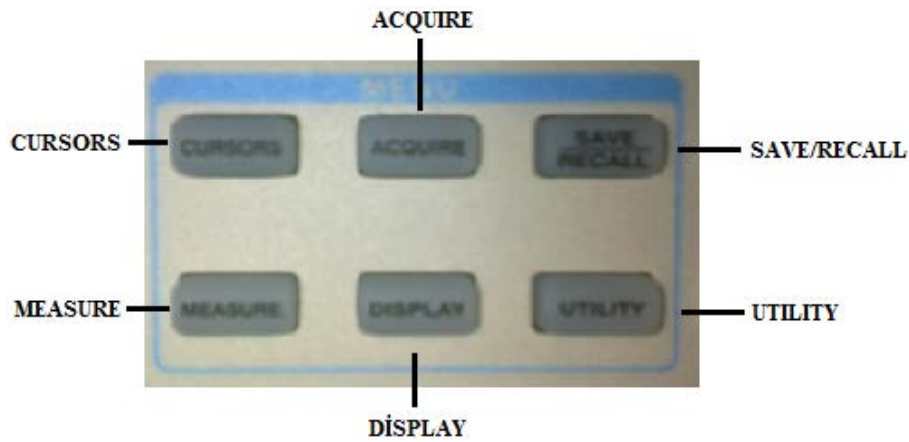
Resim-3.4: Osiloskopun *Horizontal* kısmı

Resim-3.4'teki 1 numaralı tuş time/div kademesini ayarlar, 2 numaralı tuş ise osiloskop ekranında görüntülenen sinyalin yatay eksendeki pozisyonunu ayarlar.

I. Horizontal (Yatay) Fonksiyonu Menüsü (HORI MENU): Main (Temel), Win zone ve Window (pencere) dan oluşmaktadır.

a) Win zone: Bir dalga formunun tanımlanan bir kısmını daha detaylı görmeyi sağlar.

3. Menü Kısmı:



Resim-3.5: Osiloskobun Menü kısmı

Menü kısmı Resim-3.5'te görüldüğü üzere Cursors, Acquire, Save/Recall, Measure, Display ve Utility tuşlarından oluşuyor.

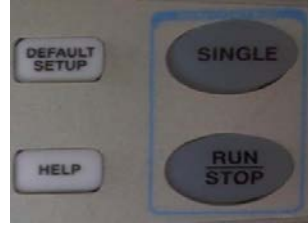
I. Acquire (Şekillenme): Bu tuş sinyali doğru bir şekilde tasvir eder ve (rastgele) ortaya çıkan parazitlenmeyi azaltır ya da ortadan kaldırır.

II. Save/recall (Kaydet/Geri Çağır): Osiloskobun bilgisayar ve yazıcı ile bağlantısı USB kanalıyla olmaktadır. Osiloskobun hafızasına 20 yükleme ve 20 dalga formu kaydedilebilmektedir. Osiloskoba ve USB flash bellek yardımıyla bilgisayara veriler ve dalga formları kaydedilebilir.

III. Measure (Ölçme) : İncelenen dalga formu ve şekle dair her türlü ölçüm değeri, bu tuş ve menusu yardımıyla görülebilir. **AUTO** tuşu yardımıyla çok daha hassas sonuçlar ekrana yansıtılabilir.

IV. Display (Ekran): Ekranın görsel olarak değiştirilmesi, bu tuş ve menusu yardımıyla yapılabilir. Örneğin; parlaklık, hassasiyet, normal ya da renkli ekran, YT ya da XY formatında ekran oluşturma vs. ayarları yapılabilir.

V. Utility (Fayda): Sistem durumu, ses, dil ve yazıcı kurulumu gibi bazı yan özellikler bu tuş ve menusu yardımıyla ayarlanmaktadır.

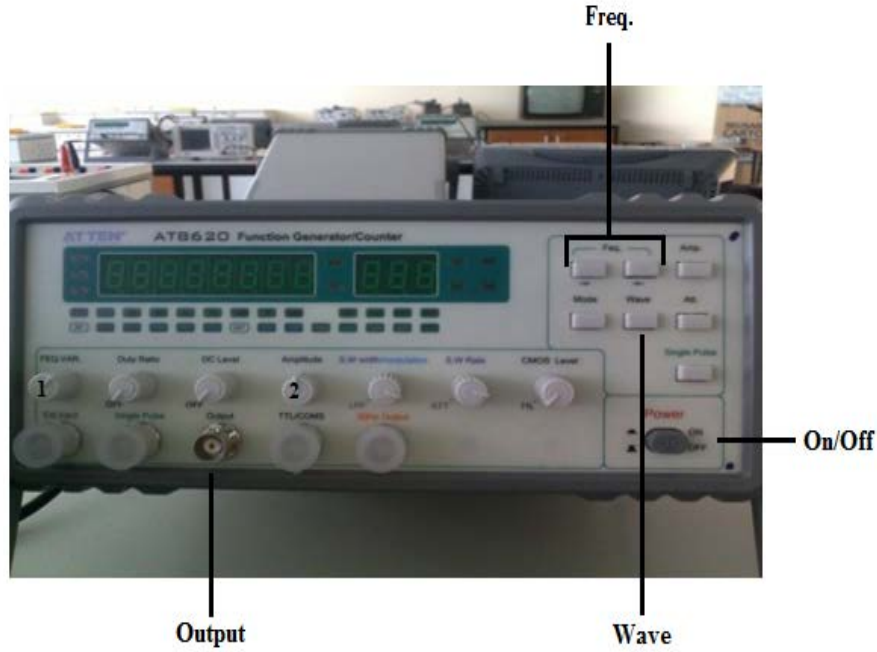


Resim-3.6: Osiloskopun *Default Setup, Help, Single, Run/Stop* tuşları

- **Default Setup (Başlangıç ayarları):** Bu tuş yardımıyla kullanma kılavuzunda verilen başlangıç ayarlarına dönülür.
- **Help (Yardım):** Bu tuş yardımıyla osiloskop kullanırken takıldığımız noktada online destek alabilirsiniz.
- **Single (Tek):** Tek bir dalga formunu bu tuşa basarak durdurabilirsiniz.
- **Run/stop (Yürüt/Durdur):** Bu tuş yardımıyla hareket halindeki dalga formu durdurulabilir ya da durdurulduysa tekrar basarak hareketli haline döndürülebilir.

3.2.4. Fonksiyon üreticinin ön panelindeki tuşların işlevleri:

Fonksiyon üretici, farklı sinyal türleri, farklı frekans değerleri ve farklı voltaj değerleri sağlayan AC voltaj kaynağıdır. Sinyal üreticiden üç farklı sinyal türü sağlanır. Bunlar sinüs dalga, kare dalga ve üçgen dalgadır.



Resim-3.7: Sinyal üreticinin ön panelinin görüntüsü

Açma/Kapama: Sinyal üretici Resim 3.7’de sağ alt taraftaki *On/Off* tuşu ile açıp kapatılır.

Output: Fonksiyon üreticiden elde edilen dalganın osiloskoba aktarılacağı kısım.

Dalga türü seçimi: Dalga türü Resim-3.7’deki *Wave* tuşu yardımı ile ayarlanır.

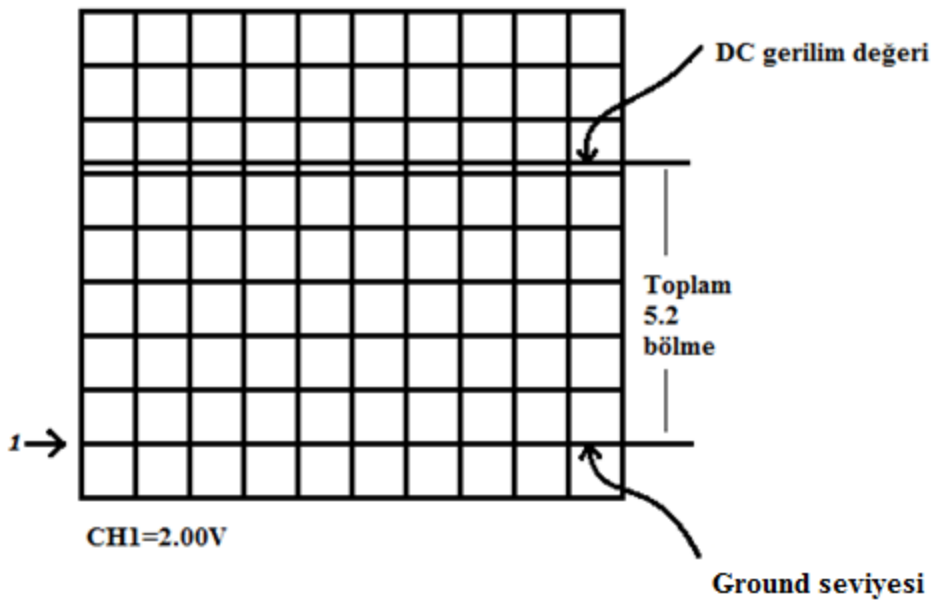
Frekans ayarı: Frekans ayarlamada frekans skalası önemlidir. Ayarlayacağımız frekans değerine göre Resim-3.7’deki *Freq.* İle belirtilen kısımdaki tuşlar yardımı ile frekans skalası belirlenir ve ardından Resim 3.7’deki *1* numaralı tuş yardımı ile frekans değeri ayarlanır.

Amplitude (Genlik) ayarı: Amplitude ayarı sinyalin voltaj değerini ayarlar. Resim 3.7’deki *2* numaralı tuş yardımı ile amplitude (Voltaj) ayarı yapılır.

3.2.5. Osiloskop ile DC sinyalin geriliminin ölçülmesi:

DC sinyal, akım ve gerilim değeri zamanla değişmeyen sinyaldir.

Osiloskop DC ölçüm moduna ayarlanır (CH1 → Coupling (Resim-3.2'deki 1 numaralı tuş) → DC). Ölçümde kullanılan probun zayıflatma özelliği varsa bu işlemi yapan anahtar x1 konumuna getirilir (Bu laboratuvarıda o prob kullanılmamaktadır). Volts/div. anahtarı (Resim-3.3'teki 1 numaralı tuş) değeri değiştirilerek DC sinyalin ekranda görünmesi sağlanır. Sinyalin dikey ekseninde X noktasından yukarıya doğru kapladığı kare sayısı belirlenir. Kare sayısı volts/div. anahtarının gösterdiği değer (osiloskop ekranının sol altında kanal ismi ile verilir) ile çarpılıp sonuç bulunur.



Şekil-3.1: DC gerilim ölçüm ekranı

Örnek: DC sinyalin dikey ekseninde bulunduğu nokta X ekseninden 2 kare yukarıdadır. Volts/div. anahtarı ise 2V değerindedir. Girişe uygulanan DC gerilimin değerini bulunuz (Şekil-3.1).

Çözüm: $U = (\text{volts/div}) \times \text{kare sayısı} = 2 \times 2 = 4 \text{ V}$

Not: Eğer osiloskobun probunun zayıflatma komütatörü $\times 10$ konumunda duruyorsa bulunan değer 10 ile çarpılır. Yani bu durumda giriş gerilimi 40 V olur.

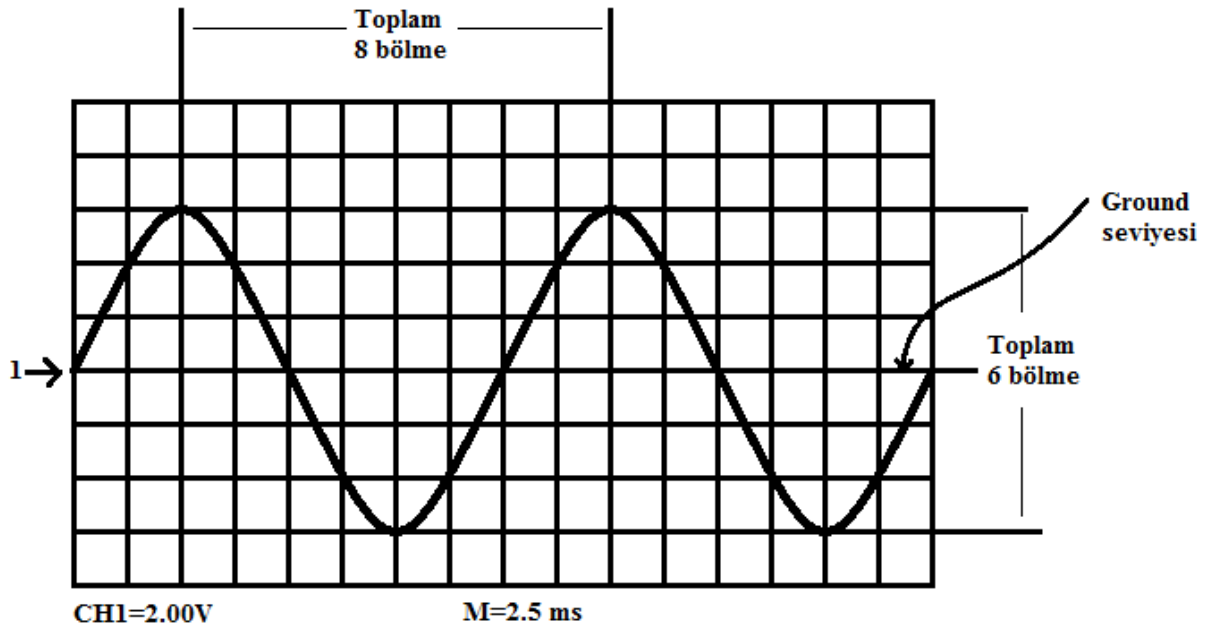
3.2.6. Osiloskop ile AC sinyalin V_{p-p} , V_p , zaman ve frekans değerlerinin ölçülmesi:

AC sinyal, akım ve gerilim değeri zamanla *değişen* sinyaldir. Dolayısıyla sinyalin frekans, periyot ve genlik değerleri bulunur.

Osiloskop AC ölçüm moduna ayarlanır (CH1 → Coupling (Resim-3.2'deki 1 numaralı tuş) → AC). Volts/div. anahtarı (Resim-3.3'deki 1 numaralı tuş) değeri değiştirilerek AC sinyalin ekranda görünmesi sağlanır. Sinyalin V_{p-p} değerini hesaplamak için sinyalin maksimum ve minimum noktalarının dikey ekseninde kapladığı kare sayısı belirlenir. Kare sayısı volts/div. değeri (osiloskop ekranının sol altında kanal ismi ile verilir) ile çarpılarak bulunur. V_p değeri $\frac{V_{p-p}}{2}$ eşitliği ile bulunur, V_{etkin} (V_{rms}) değerinin bulunması ileride anlatılacaktır.

Bir saniyedeki dalga sayısına **frekans** (f), bir tam dalganın oluşması için geçen süreye **periyot** (T) denir.

AC sinyalinin frekansı time/div anahtarı (Resim-3.4'teki 1 numaralı tuş) ile ekranda düzgün bir şekilde görünecek biçimde ayarlanır. AC sinyalin iki maksimum (veya minimum) değerlerinin yatay eksenindeki kare sayısı belirlenir. Bu kare sayısı ile time/div değeri (ekranın alt ortasında M ile gösterilir) ile çarpılır. Bulunan bu değer sinyalin periyodudur. $f = \frac{1}{T}$ eşitliği ile AC sinyalinin frekansı bulunur (bu işlemler sırasında birimlere çok dikkat edilmelidir).



Şekil-3.2: AC ekran görüntüsü

Örnek: AC sinüs sinyal, dikey ekseninde 6 karelik bir alan kaplamıştır. Volts/div. değeri 2V, time/div 2.5 ms ise AC sinyalinin V_{p-p} , V_p , T ve f değerlerini bulunuz (Şekil-3.2).

Çözüm :

AC sinyalinin dikey ekseninde kapladığı kare sayısı $\equiv A = 6$

Volts/div. değeri $\equiv B = 2 \text{ V}$

volts/div. kademesi osiloskop ekranında gözüken her bir karenin dikey ekseninin kaç volta denk geldiğinin ifadesidir. Osiloskop ekranında gördüğümüz sinyalin dikey ekseninde kapladığı kare sayısını, volts/div. (her bir karenin dikey ekseninin voltaj değeri) ile çarpımı sonucunda V_{p-p} değerine ulaşırız.

$$V_{p-p} = A \times B = 6 \times 2 = 12 \text{ Volt}$$

V_{p-p} ekranda gördüğümüz sinyalin maksimum noktası ile minimum noktası arasındaki gerilim değeridir. V_p ise sinyalin maksimum noktası ile ground seviyesi (ekranda 1 ile gösterilen yatay çizgi) arasındaki gerilim değeridir. Bu ise V_{p-p} değerinin yarısına eşittir.

$$V_p = \frac{V_{p-p}}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ volt}$$

AC sinyalinin iki tepe noktası arasındaki kare sayısı $\equiv C = 8$

Time/div. değeri $\equiv D = 2.5 \text{ ms}$

time/div. kademesi osiloskop ekranında gözüken her bir karenin yatay ekseninin kaç saniyeye denk geldiğinin ifadesidir. Osiloskop ekranında gördüğümüz sinyali iki tepe noktası arasındaki kare sayısını, time/div. (her bir karenin yatay ekseninin saniye değeri) ile çarpımı sonucunda periyot (T) değerine ulaşırız.

$$T = C \times D = 8 \times 2.5 \times 10^{-3} = 20 \times 10^{-3} \text{ saniye} = 20 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 500 \text{ Hz}.$$

Not-1: *Bu işlemlerin hepsi dijital osiloskop ekranında görülebilir (bizim kullandığımız osiloskoplarda görülebilir). Ama analog osiloskoplarda görülemeyeceği için nasıl hesaplanacağı öğrenilmelidir.*

Not-2: *'DC' Direct Current ifadesinin kısaltılmasıdır. Bu föy yazılımında zamanla değişmeyen sinyalleri belirtmek için kullanılır. Örnek olarak 'DC potansiyel' ifadesi, zamanla değişmeyen sinyalin potansiyeli anlamına gelir. 'AC' ise Alternative Current ifadesinin kısaltılmasıdır. Bu föy yazılımında zamanla değişen sinyalleri belirtmek için kullanılır. Örnek olarak 'AC potansiyel' ifadesi, zamanla değişen sinyalin potansiyeli anlamına gelir.*

NOT: Deneye gelmeden önce özellikle 3.2.5. ve 3.2.6. bölümlerindeki örnekler anlaşılmalıdır.

3.3. DENEY ALETLERİ:

- Osiloskop, fonksiyon üretici , güç kaynağı, avometre

3.3. İŞLEM BASAMAKLARI:

1. Kısım: DC sinyal gerilim ölçümü (3.2.5. bölümündeki bilgilerden faydalanılacaktır):

Osiloskop ile DC gerilim ölçümü yapabilmek için aygıtın kalibrasyonun doğru yapılmış olması gerekir (Osiloskopun kalibrasyonunu sadece hocalarınız yapmalıdır). Osiloskop kullanılacağı zaman şunlara dikkat edilmelidir: *i)* Cihazın beslemesi topraklı prizden yapılmalı, *ii)* toz ve nemin olmadığı bir ortamda kullanılmalı ve muhafaza edilmeli, *iii)* kullanılacak osiloskopa ilgili yukarıda açıklanan bilgiler okunmalıdır.

- 1) Güç kaynağının değerini 2V olacak şekilde ayarlayınız.
- 2) Güç kaynağının DC sinyalini avometre ile ölçün. Ölçtüğünüz değeri Tablo-3.1’de yerine kaydediniz.
- 3) Sırasıyla CH1 → Coupling → GND tuşlarıyla kontrol edilebilen ground seviyesi Şekil-3.1’de gösterildiği gibi en alt karenin yatay seviyesine ayarlayınız. Ground seviyesi ekranda 1 ile gösterilir. Sırasıyla CH1 → Coupling → DC tuşlarına basarak osiloskobu DC sinyal ölçme durumuna getiriniz.
- 4) Ölçmek istediğiniz DC sinyalini osiloskobun CH1 girişine bağlayınız.
- 5) volt/div düğmesini uygun şekilde ayarlayarak düz çizgi şeklinde olan DC sinyalinin ekranda görünmesini sağlayınız. Ekrandaki görüntünün yer değiştirmesini inceleyiniz.
- 6) Ground seviyesi ile DC sinyali arasındaki bölme sayısı ile volts/div. değerini (osiloskop ekranının sol altında kanal ismi ile verilir) çarpınız. Bulunan değer DC sinyalinin osiloskop ile ölçülen değeridir. Bu değeri Tablo-1’de ‘ V_{osl} ’ sütununa yazınız.
- 7) Osiloskobun ‘Measure’ tuşuna basarak DC sinyalin gerilim değerini okuyunuz ve bu değeri Tablo-3.1’de ‘ $V_{osl\ measure}$ ’ sütununa yazınız.
- 8) V_{osl} için yüzde hata hesabı yapılarak Tablo-3.3’teki yerine yazınız.
- 9) Güç kaynağının 5V ve 8V değerleri için yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.

Not: Measure ölçümleri doğru değer olarak kabul edilecektir.)

$V_{Giriş}$ (V)	Avometre (V)	V_{osl} (V)	$V_{osl\ measure}$ (V)	% Hata
2				
5				
8				

Tablo-3.1: DC sinyalin gerilim ölçüm değerleri tablosu

2. Kısım: AC sinyalin V_{p-p} ve V_p gerilim değerlerinin ölçümü (3.2.6. bölümündeki bilgilerden faydalanılacaktır):

- 1) Fonksiyon üreticiden sinüs dalga 100 kHz frekansında ve $V_{p-p}=10V$ olacak şekilde ayarlayınız.
- 2) Sırasıyla CH1 → Coupling → GND tuşlarıyla kontrol edilebilen ground seviyesi Şekil-3.2’de gösterildiği gibi orta seviyeye ayarlayınız. Sırasıyla CH1 → Coupling → AC tuşlarına basarak osiloskobu AC sinyal ölçme durumuna getiriniz.
- 3) Fonksiyon üreticinin probalarını osiloskobun CH1 girişine bağlayınız.
- 4) Sinyalin maksimum ve minimum noktalarını görecektir şekilde osiloskobun volts/div düğmesini ayarlayınız (3 ve 4 adımları ‘Auto’ tuşuna basılarak otomatik olarak yapılabilir).
- 5) AC sinyalin maksimum ve minimum noktaları arasında kalan bölme sayısını volts/div değeri (osiloskop ekranının sol altında kanal ismi ile verilir) ile çarparak V_{p-p} gerilim değeri bulunur.

Bulunan bu değeri Tablo-3.2’de ‘ $V_{p-p\ osl}$ ’ sütununa yazınız. V_p değeri $\frac{V_{p-p}}{2}$ eşitliğinden bulunarak Tablo-3.2’de ‘ $V_{p\ osl}$ ’ sütununa yazınız.

- 6) Osiloskobun ‘Measure’ tuşuna basarak AC sinyalin V_{p-p} ve V_p gerilim değerlerini okuyunuz ve bu değeri Tablo-3.2’de ‘ $V_{p-p\ osl\ measure}$ ’ ve ‘ $V_{p\ osl\ measure}$ ’ sütunlarına yazınız.
- 7) $V_{p-p\ osl}$ için yüzde hata hesabı yapılarak Tablo-3.2’deki yerine yazınız.
- 8) Fonksiyon üreticinin 500kHz $V_{p-p}=10V$ ve 100kHz $V_{p-p}=16V$ değerleri için yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.

Not: Measure ölçümleri doğru değer olarak kabul edilecektir.

f (kHz)	V_{p-p} (fonk. üret.)	V_{p-p} (osl)	V_p (osl)	V_{p-p} (osl) measure	V_p (osl) measure	V_{p-p} (osl) % hata
100	10					
500	10					
100	16					

Tablo-3.2: AC sinyalin V_{p-p} ve V_p gerilim değerleri ölçüm tablosu

3. Kısım: AC sinyalin periyot (T) ve frekans (f) değerlerinin ölçümü (3.2.6. bölümündeki bilgilerden faydalanılacaktır):

- 1) Fonksiyon üreticiden sinüs dalga 10kHz frekansında ve $V_{p-p}=10V$ olacak şekilde ayarlayınız.
- 2) Sırasıyla CH1 → Coupling → GND tuşlarıyla kontrol edilebilen ground seviyesi Şekil-3.2’de gösterildiği gibi orta seviyeye ayarlayınız. Sırasıyla CH1 → Coupling → AC tuşlarına basarak osiloskobu AC sinyal ölçme durumuna getiriniz.
- 3) Fonksiyon üreticinin problemlerini osiloskobun CH1 girişine bağlayınız.
- 4) Sinyalin maksimum ve minimum noktalarını görecektir şekilde osiloskobun time/div düğmesini ayarlayınız (3 ve 4 adımları ‘Auto’ tuşuna basılarak otomatik olarak yapılabilir).
- 5) AC sinyalin ardışık maksimum noktaları arasında kalan bölme sayısını time/div değeri (osiloskop ekranının altında orta kısmında kanal ismi ile verilir) ile çarparak periyot değerini bulunuz. Bulduğunuz bu değeri Tablo-3.3’te yerine yazınız. Bulunan periyot değerinden $f = \frac{1}{T}$ eşitliğinden frekans değerini hesaplayınız. Tablo-3.3’te f_{osl} sütununa yazınız.
- 6) Osiloskobun ‘Measure’ tuşuna basarak okunan değeri Tablo-3.3’te $f_{osl\ measure}$ sütununa yazınız.
- 7) f_{osl} için yüzde hata hesabı yapılarak Tablo-3.3’teki yerine yazınız.

Not: Measure ölçümleri doğru değer olarak kabul edilecektir.

f = 10 kHz		V_{p-p}= 10 V	
T_{osl}	f_{osl}	f_{osl} (measure)	f_{osl} % hata

Tablo-3.3: Periyot ve frekans ölçüm değerleri tablosu

DENEY-4 TEMEL OSİLOSKOP KULLANIMI-2

4.1. DENEYİN AMACI:

Sinüs, üçgen ve kare AC sinyallerinin potansiyellerinin etkin değerinin hesaplanması ve osiloskop ile ölçülmesidir.

4.2. TEORİK BİLGİ:

4.2.1. RMS Değeri:

AC sinyalin direnç üzerinde yaptığı işe eşit iş yapabilmek için kullanılan DC sinyal, AC sinyalin RMS (**R**oot **M**ean **S**quare) değeridir. AC sinyalin akım, potansiyel veya güç gibi değerleri için RMS ifadesi kullanılabilir. RMS değeri, *efektif* veya *etkin değer* olarak da bilinir.

AC potansiyelde etkin değer, eşit aralıktaki ani değerlerin karelerinin ortalamasının karekökünün alınmasıyla bulunur.

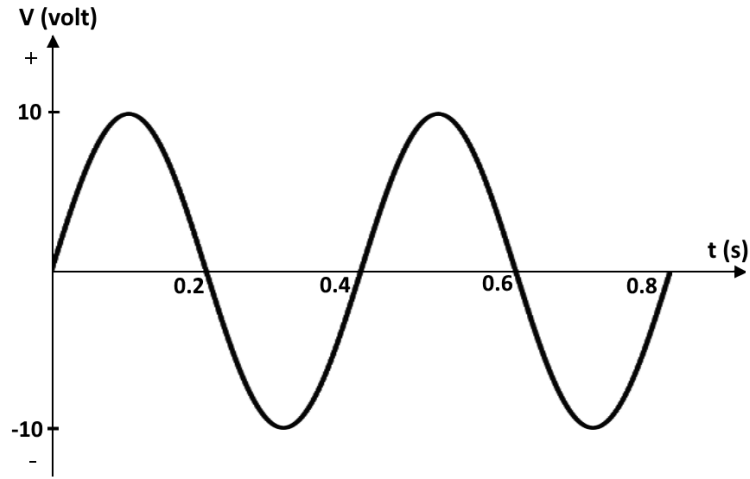
$$V = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2}{n}} \quad (4.1)$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v(t)]^2 dt} \quad (4.2)$$

Burada; $v(t)$, zamana bağlı potansiyel fonksiyonu; T ise sinyalin periyodudur.

4.2 eşitliği ile verilen integralin çözümü için, bir periyotluk süre içindeki potansiyel fonksiyonu doğru belirlenmelidir. Sinüsoidal dalga bir periyot içinde tek denklemlerle ifade edilebilirken, diğer bazı sinyallerin (kare ve üçgen dalga gibi) birden fazla denklemlerle tanımlanmaları gerekebilir. Bu yüzden integralin çözümünden önce, bir periyotluk süre içinde, uygun aralıklar için uygun potansiyel fonksiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir.

4.2.1.1. Sinüsoidal Dalganın RMS Değeri:



Şekil-4.1: Sinüsoidal dalga görüntüsü

$v = A \sin(\omega t)$ sinüsoidal dalganın RMS değeri eşitlik 4.2'den:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [A \sin(\omega t)]^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{(0.4)} \int_0^{0.4} [10 \sin(5\pi t)]^2 dt} \quad (4.3)$$

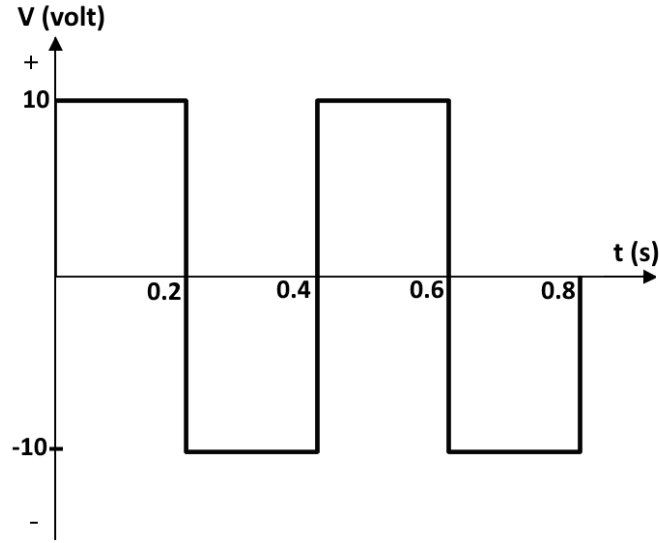
şeklinde yazılır. Burada; A, sinyalin genliği; ω , açısal frekanstır. (Şekil-4.1'de $A=10$ V değerindedir.)

Şekil-4.1'deki potansiyelin RMS değeri, eşitlik 4.3'ün çözülmesiyle:

$$V_{RMS} = 7.07 \text{ V} = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ V} \quad (4.4)$$

bulunur.

4.2.1.2. Kare Dalganın RMS Değeri:



Şekil-4.2: Kare dalga görüntüsü

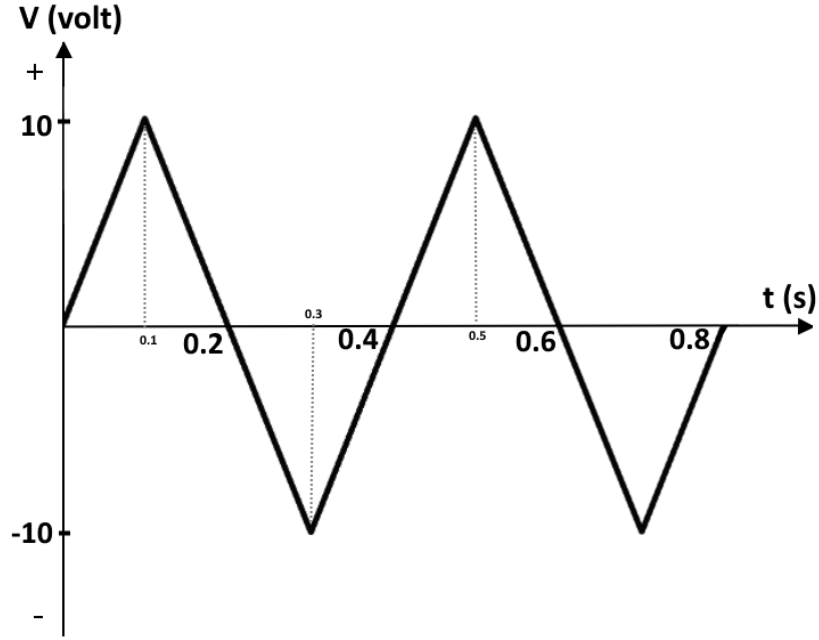
Şekil-4.2'deki kare dalga sinyalinin RMS değeri, eşitlik 4.2 ile:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{0.4} \left[\int_0^{0.2} (10)^2 dt + \int_{0.2}^{0.4} (-10)^2 dt \right]} \quad (4.5)$$

$$V_{RMS} = 10 \text{ V} \quad (4.6)$$

olarak bulunur.

4.2.1.3. Üçgen Dalganın RMS Değeri:



Şekil-4.3: Üçgen dalga görüntüsü

Şekil-4.3'teki üçgen dalganın RMS değerini bulmak için $v(t)$ fonksiyonunun iki farklı aralıkta belirlenmesi gerekir.

İşlem kolaylığı açısından aralıkları $t_1 = 0.1 - 0.3$ s ve $t_2 = 0.3 - 0.5$ s olarak belirleyelim. Buradan:

$$t = 0.1 - 0.3 \text{ s aralığı için } v_1(t) = -100t + 20$$

$$t = 0.3 - 0.5 \text{ s aralığı için } v_2(t) = 100t - 40$$

ve

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{0.4} \left[\int_{0.1}^{0.3} (-100t + 20)^2 dt + \int_{0.3}^{0.5} (100t - 40)^2 dt \right]} \quad (4.7)$$

$$V_{RMS} = 5.77 \text{ V} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ V} \quad (4.8)$$

olarak bulunur.

4.3. DENEY ALETLERİ:

- Osiloskop
- Osiloskop probu
- Fonksiyon üretici
- Fonksiyon üretici probu

4.4. İŞLEM BASAMAKLARI:

Farklı Sinyal Türlerine Göre RMS Değeri Hesaplama:

1. Fonksiyon üreticini sinüs dalga, $V_{p-p}=10$ V potansiyel ve 100 kHz frekans değerlerine ayarlayınız. Osiloskopta gördüğünüz sinyali grafik kağıdına çiziniz (Osiloskopta gördüğünüz sinyalin x-y eksenlerinin doğru yorumlanabilmesi için grafik kağıdına aktarılması önemlidir).
2. Çizdiğiniz AC sinyalin V_{RMS} değerini eşitlik 4.2'ye göre hesaplayınız. Tablo-4.1'de 'Teo. RMS' sütununa yazınız.
3. Osiloskopta Measure veya Auto düğmesine basarak incelediğiniz sinyalin V_{RMS} değerini okuyarak Tablo-1'de 'Pra. RMS' sütununa yazınız. Bulduğunuz teorik ve pratik değerleri karşılaştırınız.
4. Sonuçlarınızı ilgili asistana gösteriniz.
5. Fonksiyon üreticinizi kare ve üçgen dalga sinyallerine ayarlayarak aynı potansiyel ve frekans değerlerinde yukarıdaki adımları tekrar ediniz.

V_{p-p} değeri (V)	Frekans değeri (kHz)	Sinüs Dalga			Kare Dalga			Üçgen Dalga		
		Teo. RMS	Pra. RMS	% hata payı	Teo. RMS	Pra. RMS	% hata payı	Teo. RMS	Pra. RMS	% hata payı
10	100									

Tablo-4.1:Sinyal türlerine göre teorik ve pratik RMS değerleri

DENEY 5

DİRENÇ, KAPASİTÖR VE İNDÜKTÖRDEN OLUŞAN ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ UYGULAMALARI

5.1. DENEYİN AMACI:

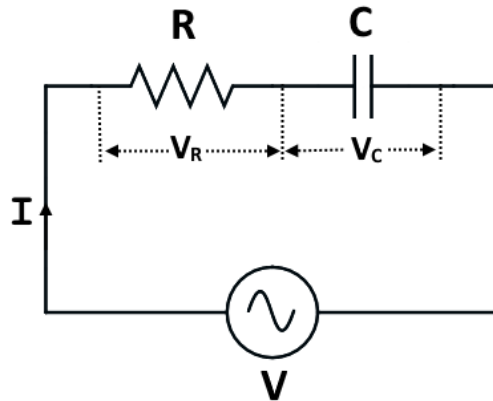
Alternatif akım devrelerinde fazör diyagramlarla devre analizlerinin öğrenilmesidir.

5.2. TEORİK BİLGİ

Alternatif akım (AC) yönü ve şiddeti zamana göre değişen akımdır. Alternatif akım indüktörlere uygulandığı zaman, indüktörde zamana göre yönü ve şiddeti değişen bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan, akımın geçişine karşı ters yönde bir indüksiyon akımı oluşturur ve bu indüksiyon akımı devre akımının akışını yavaşlatır. *Dolayısıyla indüktif devrelerde akım gerilimden geride kalır.* Alternatif akım kapasitif devrelere uygulandığı zaman, *akım gerilimden ileridedir.* Alternatif akım devrelerinde analizler için fazör diyagram ve karmaşık sayılar kullanılır. Bu analizler; seri $R-C$, $R-L$ ve $R-L-C$ devrelerinde incelenecektir.

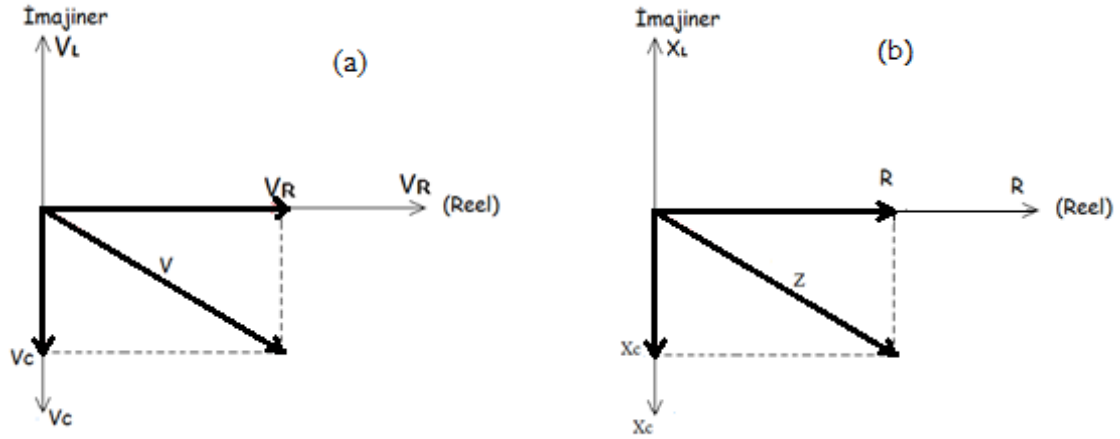
5.2.1. SERİ R-C DEVRESİ

Direnç ve kapasitörün seri bağlanmasından oluşan devrelere “seri R-C devreleri” denir (Şekil-5.1).



Şekil-5.1: Direnç ve kapasitörün seri bağlanması.

Seri R-C devresinde empedans hesabı fazör diyagramından yapılabilir. *Kapasitif devrede, devreden geçen akım kapasitör üzerindeki gerilimden 90° ileridedir.* R üzerine düşen gerilimle (V_R) devre akımı aynı fazdadır. Dolayısıyla, kapasitör üzerindeki V_C gerilimi V_R geriliminden 90° geridedir (Şekil-5.2(a)).



Şekil-5.2: (a) Direnç ve kapasitör gerilimlerinin fazör diyagramda gösterimi, (b) Direnç ve kapasitif reaktansın fazör diyagramda gösterimi (Empedans Üçgeni)

AC devrelerinde devre elemanlarının akımın geçişine karşı gösterdikleri ortak tepkiye **empedans** denir. Şekil-5.1'deki devre için empedans incelenecek olursa

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \Omega \quad (5.1.a)$$

Burada R , direnç; X_C , kapasitif reaktanstır ve sırasıyla eşitlik 5.1.b ve 5.1.c'de verilmiştir.

$$R = \frac{V_R}{I} \quad (5.1.b)$$

$$X_C = \frac{V_C}{I} \quad (5.1.c)$$

olur. Yani empedans da fazör diyagramından hesaplanmalıdır (Şekil-5.2 (b)). Eşitlik 5.1'deki X_C değeri eşitlik 5.2 ile hesaplanır.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} \angle -90^\circ \Omega \quad (5.2)$$

Ayrıca giriş gerilimi için Şekil-5.2 (a)'daki fazör diyagramı yardımıyla eşitlik (5.3)'e ulaşılır,

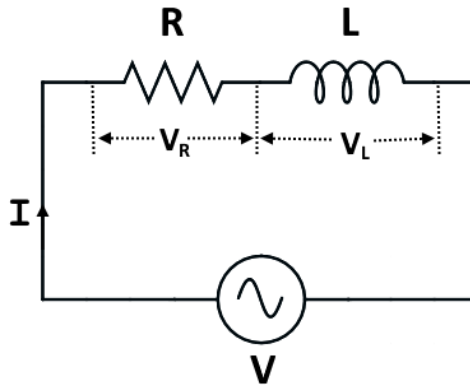
$$V_{Giriş} = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \quad (5.3)$$

Devre elemanlarının her birinin üzerine düşen gerilimlerin hesaplamasını şu şekilde yapılır;

- 1.) (5.2) eşitliğinin yardımıyla eşitlik (5.1)'den devrenin toplam empedansı hesaplanır.
- 2.) (5.1) Eşitliğinin yardımıyla devreden geçen akım bulunur.
- 3.) Akım bulunduktan sonra her bir devre elemanı üzerine düşen gerilim bulunur.

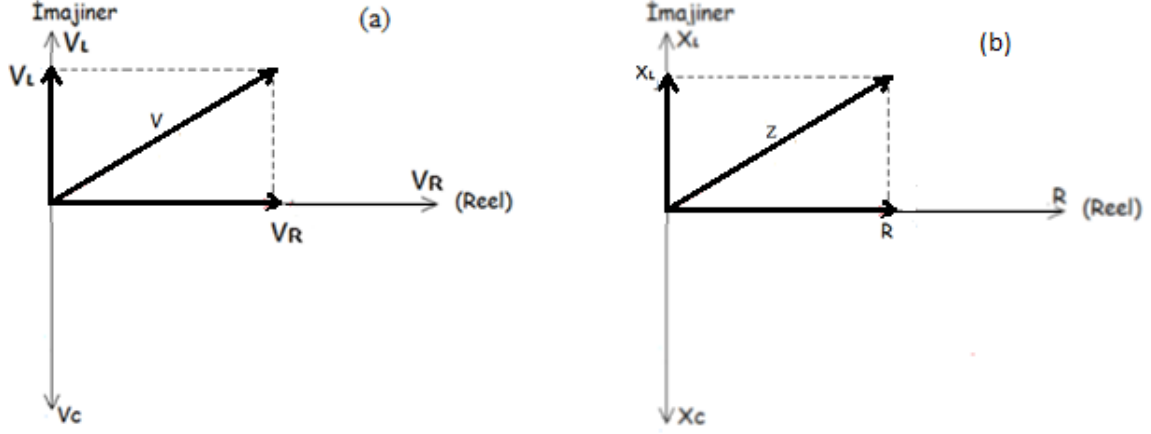
5.2.2. SERİ R-L DEVRESİ

Direnç ve indüktörün seri bağlanmasından oluşan devrelere “seri R-L devreleri” denir (Şekil-5.3).



Şekil-5.3: Direnç ve indüktörün seri bağlanması.

Seri R-L devresinde empedans hesabı fazör diyagramından yapılabilir. *İndüktif devrede, devreden geçen akım indüktör üzerindeki gerilimden 90° geridedir.* R üzerine düşen gerilimle (V_R) devre akımı aynı fazdadır. Dolayısıyla, indüktör üzerindeki V_L gerilimi V_R geriliminden 90° ileridedir (Şekil-5.4(a)).



Şekil-5.4: (a) Direnç ve indüktör gerilimlerinin fazör diyagramda gösterimi, (b) Direnç ve indüktif reaktansın fazör diyagramda gösterimi

Şekil-5.3'teki devre için empedans incelenecek olursa;

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{V}{I} \rightarrow V = Z * I, \quad V_R = I * R, \quad V_L = I * X_L \\
 &\rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L}{R} \right) \Omega
 \end{aligned}
 \tag{5.4}$$

olur. Eşitlik 5.4'teki X_L eşitlik 5.5 ile hesaplanır,

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \angle 90^\circ \Omega.
 \tag{5.5}$$

Giriş gerilimi için Şekil-5.4(a)'daki fazör diyagramı yardımıyla eşitlik 5.6'ya ulaşılır.

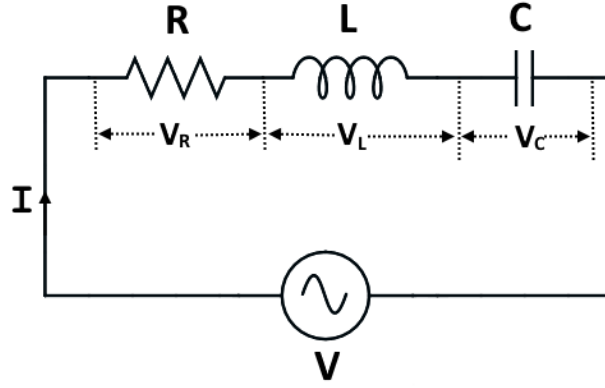
$$V_{Giriş} = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L}{R} \right) V
 \tag{5.6}$$

Devre elemanlarının her birinin üzerine düşen gerilimlerin hesaplamasını şu şekilde yapılır;

- 1) (5.6) eşitliğinin yardımıyla eşitlik (5.4)'ten devrenin toplam empedansı hesaplanır.
- 2) (5.4) eşitliğinin yardımıyla devreden geçen akım bulunur.
- 3) Akım bulunduktan sonra her bir devre elemanı üzerine düşen gerilim bulunur.

5.2.3. SERİ R-L-C DEVRESİ

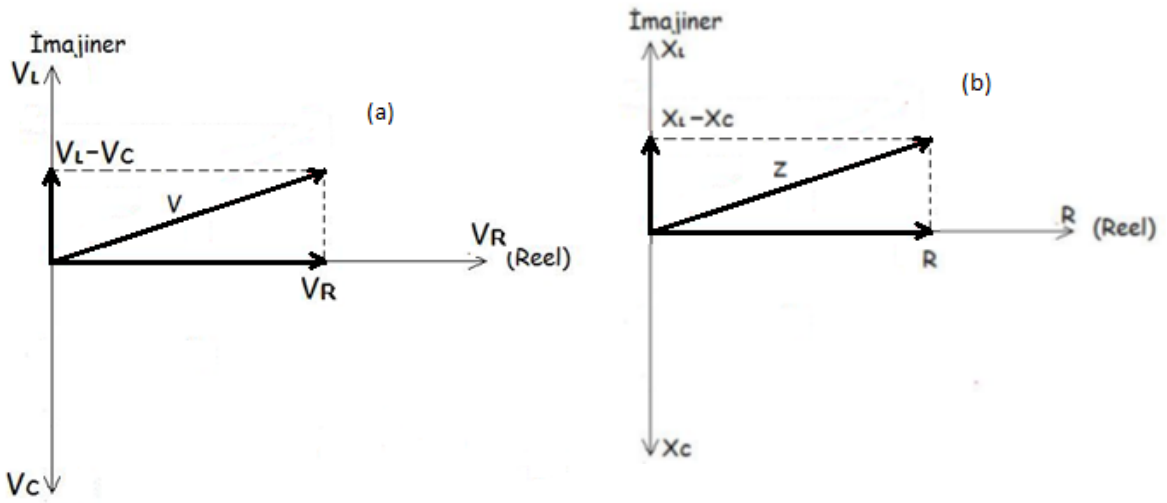
Direnç, indüktör ve kapasitörün seri bağlanmasından oluşan devrelere “seri R-L-C devreleri” denir (Şekil-5).



Şekil-5.5: Direnç, indüktör ve kapasitörün seri bağlanması.

5.2.3.1. $X_L > X_C$ Durumu için;

$X_L > X_C$ durumunda devre *indüktif özellik* gösterir. Yani devre akımı gerilimden *ileridedir*. Bu durum için fazör diyagramlar Şekil-6’da gösterildiği gibidir. Bu diyagramlar yardımıyla eşitlik (5.7) ve (5.8)’den giriş gerilim ve empedans sonuçlarına ulaşılabilir.



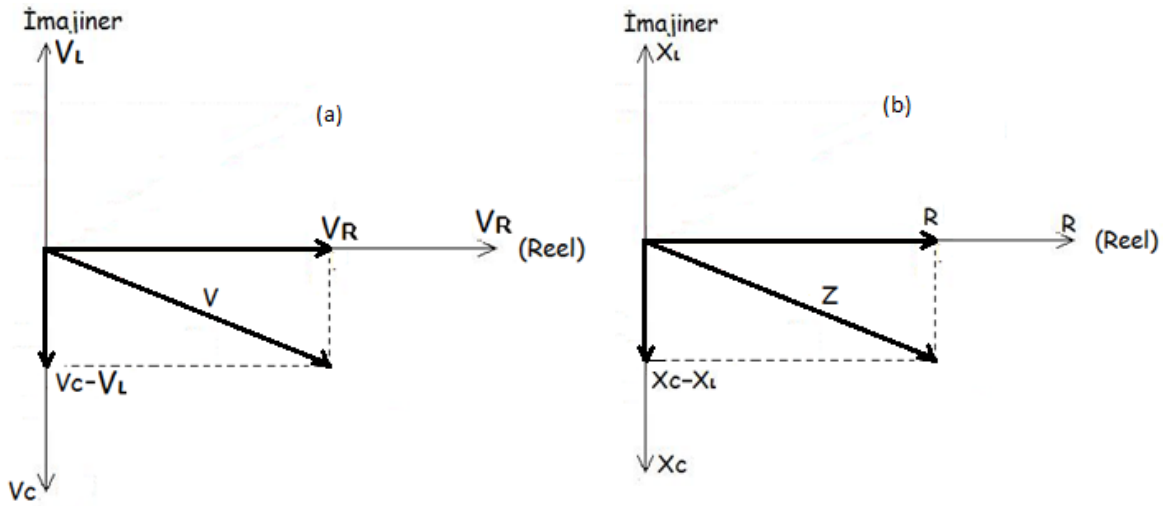
Şekil-5.6: $X_L > X_C$ durumu için; (a) gerilimlerin fazör gösterimi, (b) direnç ve indüktif reaktansın gösterimi

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) \Omega \quad (5.7)$$

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 \rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) V \quad (5.8)$$

5.2.3.2. $X_C > X_L$ Durumu için

$X_C > X_L$ durumunda devre *kapasitif özellik* gösterir. Yani devre akımı gerilimden *geridedir*. Bu durum için fazör diyagramlar Şekil-7'da gösterildiği gibidir. Bu diyagramlar yardımıyla eşitlik (5.9) ve (5.10)'dan gerilim ve empedans sonuçlarına ulaşılabilir.



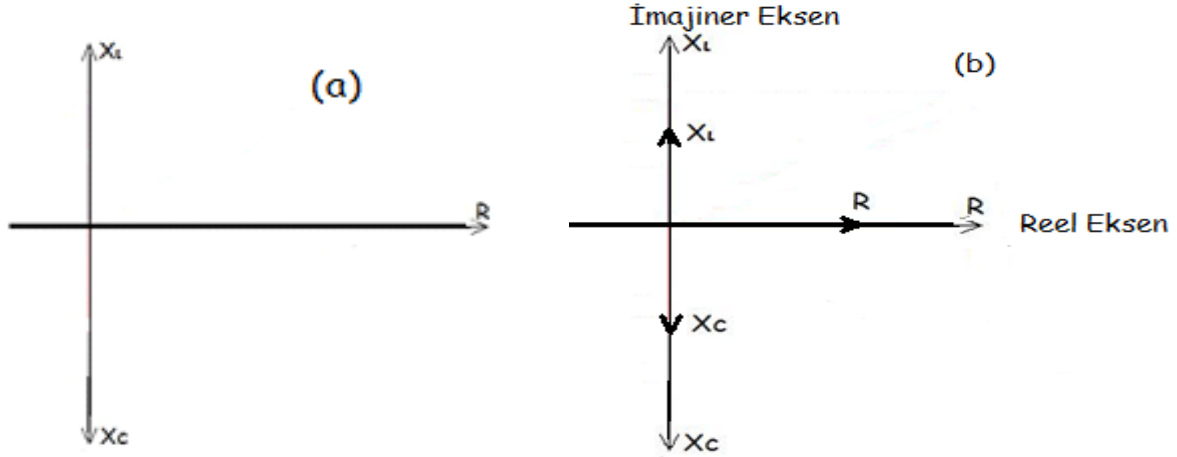
Şekil-5.7: $X_C > X_L$ durumu için; (a) gerilimlerin fazör gösterimi, (b) direnç ve kapasitif reaktansın gösterimi

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) \Omega \quad (5.9)$$

$$V^2 = V_R^2 + (V_C - V_L)^2 \rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) V \quad (5.10)$$

Ek Bilgi (a): Kompleks Sayılarla Devre Analizi

Analitik düzlemde yatay eksen reel eksen, dikey eksen ise imajiner (sanal) eksene karşılık geldiğine göre fazör diyagramındaki R reel eksene, X_L pozitif imajiner eksene, X_C ise negatif imajiner eksene karşılık gelir (Şekil-5.8).



Şekil-5.8: İndüktif ve kapasitif reaktansların kompleks karşılıklarına göre fazör diyagramında gösterimleri.

AC devrelerde;

$$\begin{aligned} \text{Direnç (R)} &\rightarrow \text{Reel kısım} \\ \text{İndüktör (X}_L\text{)} &\rightarrow jX_L \\ \text{Kapasitör (X}_C\text{)} &\rightarrow -jX_C \end{aligned} \quad (5.11)$$

karşılık gelir. Burada “j” kompleks sayıyı göstermektedir. Reaktansların karmaşık gösterimi ile örneklerde sıklıkla karşılaşılmaktadır.

Ek Bilgi (b): Sinyal Üreticinin iç direncinin devreye etkisi

Devre elemanlarının değerleri (direnç ve kapasitif reaktans) sinyal üreticinin iç direnç değerine yakın olduğundan dolayı iç direncin de devre üzerinde bir etkisi olacaktır. İç direnç üzerinden ölçüm yapılamayacağından dolayı üzerine düşen gerilim devreye bağlı olan direncin üzerine düşen gerilim kullanılarak direnç oranlarına göre hesaplanmalıdır. Yani Şekil-5.9’daki V_R gerilimi ölçüldükten sonra eşitlik 5.12’ye göre iç direnç üzerindeki gerilim hesaplanır. Devrenin toplam direnci ise eşitlik 5.13’e göre hesaplanır. Fazör diyagramında

gösterilen direnç artık devrenin toplam direncidir (R_{Toplam}). İç direncin de dâhil olduğu, dirençler üzerindeki toplam gerilim (V_{RTop}) eşitlik 5.14'ten bulunur.

$$V_{Riç} = \frac{R_{iç}}{R} \times V_R \quad (5.12)$$

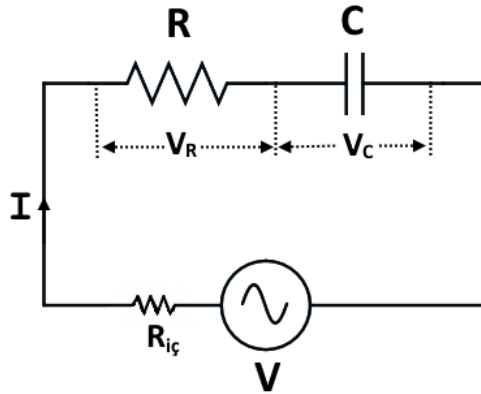
$$R_{Toplam} = R + R_{iç} \quad (5.13)$$

$$V_{RTop} = V_R + V_{Riç} \quad (5.14)$$

Devre elemanları üzerindeki toplam gerilim ise:

$$V_T = \sqrt{V_{RTop}^2 + V_C^2} \quad (5.15)$$

eşitliği ile hesaplanır.



Şekil-5.9: Direnç ve kapasitörün seri bağlanması. Sinyal üreticinin iç direnci ayrı gösterilmiştir.

5.3. KULLANILAN ALETLER

- Devre Kurma Bordu
- Sinyal Üretici
- Osiloskop
- Grafik Kâğıdı

5.4. DENEYİN YAPILIŞI

1. Kısım: Seri R-C Devresi

- 1) $V_{Giriş}$ sinyalini fonksiyon üreticiden sinüs dalga olarak $V_{Giriş(p-p)}=10$ V olacak şekilde osiloskop yardımıyla ayarlayınız.
- 2) Şekil 5.1’de gösterilen seri RC devresini R_5 direnci ve C_5 kapasitörünü kullanarak kurunuz. C_5 kapasitörünün değerini üzerinden okuyarak Tablo 5.1’de yerine yazınız.
- 3) Devreyi kurduktan sonra sorumlu asistana gösteriniz.
- 4) Sinyal üreticinin frekansını 10 kHz değerine ayarlayınız. Devrenin direnci üzerindeki ve kapasitörü üzerindeki p-p gerilimini osiloskop yardımıyla ölçünüz. Bulunan değerleri Tablo 1’de “pratik” sütununa kaydediniz.
- 5) $V_{Riç}$ “pratik” değerini eşitlik 5.12’den V_R pratik için hesaplayıp Tablo 5.1’e yazınız.
- 6) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik 5.14 yardımıyla pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.1’de V_{RTop} “pratik” bölümüne yazınız.
- 7) Devrenin toplam gerilimini eşitlik 5.15’den pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.1’de V_T “pratik” değerine yazınız.
- 8) Açısal frekans (ω) değerini hesaplayınız Tablo 5.1’e yazınız. Kapasitif reaktans (X_C) değerini eşitlik 5.2 yardımıyla hesaplayınız. Bulunan X_C ve R_{Toplam} değerini kullanarak devrenin empedansını eşitlik 5.1 yardımıyla hesaplayıp Tablo 5.1’e yazınız.
- 9) Giriş gerilimini kullanarak devre üzerinden geçen akımın p-p değerini Ohm yasası (eşitlik 5.1) ile hesaplayınız ve Tablo 5.1’e yazınız.
- 10) Bulunan akım değerini kullanarak devre elemanları (kapasitans direnç ve iç direnç) üzerindeki gerilimleri Ohm yasası ile hesaplayıp Tablo 5.1’de V_C , V_R ve $V_{Riç}$ “teorik” sütununa yazınız.
- 11) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik 5.14 yardımıyla teorik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.1’de V_{RTop} “teorik” bölümüne yazınız.
- 12) Teorik olarak hesaplanan V_C ve V_{RTop} değerinden V_T değerini hesaplayıp (eşitlik 5.15) Tablo 5.1’de V_T “teorik” bölümüne yazınız.
- 13) Sinyal üreticinin frekansını 15 kHz değerine ayarlayınız. 4-12 arasında yapılan adımları tekrarlayınız.
- 14) Teorik ve pratik olarak hesaplanan değerlerden hata paylarını bulunuz.

$V_{Giriş} = 10 \text{ V}$	$R = 100 \text{ } \Omega$	$R_{iç} = 50 \text{ } \Omega$	$R_{Toplam} = 150 \text{ } \Omega$	$C =$	F
----------------------------	---------------------------	-------------------------------	------------------------------------	-------	-----

f (kHz)	ω (krad/s) ($\omega = 2\pi f$)	X_C (Ω)	Z (Ω)	I (mA)	V_C (V)		V_R (V)		$V_{Riç}$ (V)		V_{RTop} (V)		V_T (V)	
					Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra
10														
15														

Tablo 5.1: Seri R-C devresi ölçüm değerleri

2. Kısım: Seri R-L Devresi

- 1) $V_{\text{Giriş}}$ sinyalini fonksiyon üreticiden sinüs dalga olarak $V_{\text{Giriş(p-p)}}=10$ V olacak şekilde osiloskop yardımıyla ayarlayınız.
- 2) Şekil 5.3’de gösterilen seri RC devresini R_5 direnci ve L_2 indüktörünü kullanarak kurunuz. L_2 indüktörünün değerini üzerinden okuyarak Tablo 5.2’de yerine yazınız.
- 3) Devreyi kurduktan sonra sorumlu asistana gösteriniz.
- 4) Sinyal üreticinin frekansını 25 kHz değerine ayarlayınız. Devrenin direnci üzerindeki ve indüktörü üzerindeki p-p gerilimini osiloskop yardımıyla ölçünüz. Bulunan değerleri Tablo 5.2’de “pratik” sütununa kaydediniz.
- 5) $V_{\text{Riç}}$ “pratik” değerini eşitlik 5.12’den V_{R} pratik için hesaplayıp Tablo 5.2’ye yazınız.
- 6) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik 5.14 yardımıyla pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.2’de V_{RTop} “pratik” bölümüne yazınız.
- 7) Devrenin toplam gerilimini, eşitlik 5.15 yardımıyla, pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.2’de V_{T} “pratik” değerine yazınız.
- 8) Açısız frekans (ω) değerini hesaplayınız. Tablo 5.2’ye yazınız. İndüktif reaktans (X_L) değerini eşitlik 5.5 yardımıyla hesaplayınız. Bulunan X_L ve R_{Toplam} değerini kullanarak devrenin empedansını eşitlik 5.4 yardımıyla hesaplayıp Tablo 5.2’ye yazınız.
- 9) Giriş gerilimini kullanarak devre üzerinden geçen akımın p-p değerini Ohm yasası (eşitlik 5.4) ile hesaplayınız ve Tablo 5.2’ye yazınız.
- 10) Bulunan akım değerini kullanarak devre elemanları (indüktans, direnç ve iç direç) üzerindeki gerilimleri Ohm yasası ile hesaplayıp Tablo 5.2’de V_L , V_R ve $V_{\text{Riç}}$ “teorik” sütununa yazınız.
- 11) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik 5.14 yardımıyla teorik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.2’de V_{RTop} “teorik” bölümüne yazınız.
- 12) Teorik olarak hesaplanan V_L ve V_{RTop} değerinden V_{T} değerini hesaplayıp Tablo 5.2’de V_{T} “teorik” bölümüne yazınız.
- 13) Sinyal üreticinin frekansını 35 kHz değerine ayarlayınız. 4-12 arasında yapılan adımları tekrarlayınız.
- 14) Teorik ve pratik olarak hesaplanan değerlerden hata paylarını bulunuz.

$V_{\text{Giriş}} = 10\text{V}$	$R = 100\ \Omega$	$R_{\text{iç}} = 50\ \Omega$	$R_{\text{Toplam}} = 150\ \Omega$	$L = 1 \times 10^{-3}\ \text{H}$
---------------------------------	-------------------	------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

f (kHz)	ω (krad/s) ($\omega=2\pi f$)	X_L (Ω)	Z (Ω)	I (mA)	V_L (V)		V_R (V)		$V_{R_{\text{iç}}}$ (V)		$V_{R_{\text{Top}}}$ (V)		V_T (V)	
					Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra
25														
35														

Tablo 5.2: Seri R-L devresi ölçüm değerleri

3. Kısım: Seri R-L-C Devresi

- 1) $V_{Giriş}$ sinyalini fonksiyon üreticiden sinüs dalga olarak $V_{Giriş(p-p)} = 10$ V olacak şekilde osiloskop yardımıyla ayarlayınız.
- 2) Şekil 5.5'te gösterilen seri RLC devresini R_5 direncini, L_2 indüktörünü ve C_5 kapasitörünü kullanarak kurunuz. L_2 ve C_5 değerlerini Tablo 5.3'de yerine yazınız.
- 3) Devreyi kurduktan sonra sorumlu asistana gösteriniz.
- 4) Sinyal üreticinin frekansını 10 kHz değerine ayarlayınız. Devrenin direnci indüktörü ve kapasitörü üzerindeki p-p gerilimlerini osiloskop yardımıyla ölçünüz. Bulunan değerleri Tablo 5.3'te "pratik" sütununa kaydediniz.
- 5) $V_{Riç}$ "pratik" değerini eşitlik 5.12'den V_R pratik için hesaplayıp Tablo 5.3'e yazınız.
- 6) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik 14 yardımıyla pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.3'te V_{RTop} "pratik" bölümüne yazınız.
- 7) Devrenin toplam gerilimini, eşitlik 5.8 yardımıyla ($V_R \rightarrow V_{RTop}$ alınacaktır) , pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.3'te V_T "pratik" değerine yazınız.
- 8) ω değerini hesaplayınız. Tablo 5.3'e yazınız. X_L ve X_C değerlerini eşitlik 5.5 ve 5.2 yardımıyla hesaplayınız. Bulunan X_L , X_C ve R_{Toplam} değerini kullanarak devrenin empedansını eşitlik 5.7 yardımıyla hesaplayıp Tablo 5.3'e yazınız.
- 9) Giriş gerilimini kullanarak devre üzerinden geçen akımın p-p değerini ohm yasası ile hesaplayınız ve Tablo 5.3'e yazınız.
- 10) Bulunan akım değerini kullanarak devre elemanları (indüktans, kapasitans, direnç ve iç direç) üzerindeki gerilimleri ohm yasası ile hesaplayıp Tablo 5.3'de V_L , V_C , V_R ve $V_{Riç}$ "teorik" sütununa yazınız.
- 11) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik 5.14 yardımıyla teorik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo 5.3'te V_{RTop} "teorik" bölümüne yazınız.
- 12) Teorik olarak hesaplanan V_L , V_C ve V_{RTop} değerinden eşitlik 5.8'den V_T değerini hesaplayıp Tablo 5.3'te V_T "teorik" bölümüne yazınız.
- 13) Sinyal üreticinin frekansını 25 kHz değerine ayarlayınız. 4-12 arasında yapılan adımları tekrarlayınız.
- 14) Teorik ve pratik olarak hesaplanan değerlerden hata paylarını bulunuz.

$V_{Giriş}=10\text{ V}$	$R=100\ \Omega$	$R_{iç}=50\ \Omega$	$R_{Toplam}=150\ \Omega$	$L =$	H	$C =$	F
$f=10\text{ kHz} \rightarrow \omega =$			10^3 rad/s	$f=25\text{ kHz} \rightarrow \omega =$			10^3 rad/s

f (kHz)	X_L (Ω)	X_C (Ω)	Z (Ω)	I (mA)	V_L (V)		V_C (V)		V_R (V)		$V_{Riç}$ (V)		V_{RTop} (V)		V_T (V)	
					Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra
10																
25																

Tablo 5.3: Seri R-L-C devresi ölçüm değerleri

Hazırlayan: Serhat SÖNMEZ

DENEY 6

RC – RL ve BANT GEÇİREN FİLTRELER

6.1. DENEYİN AMACI:

R-L, R-C ve bant geçiren filtrelerin teorik olarak öğrenilmesi ve deneysel olarak gözlemlenmesidir.

6.2. TEORİK BİLGİ

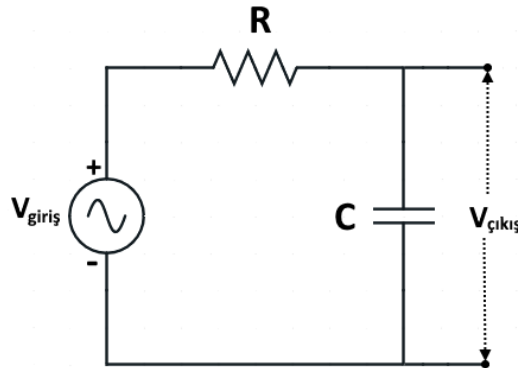
Zamana göre değişen sinyallerin belirli frekanslarını geçiren veya engelleyen devrelere filtre devreleri denir. Örnek olarak; radyolarda belirli frekansta gönderilen sinyallerin algılanıp analizi ile yayımlar yapılır. Bunun için o yayının (mesela TRT FM) frekansının algılanıp geri kalan frekansların algılanmaması gerekir. Böyle bir işlem için filtreye ihtiyaç vardır. Pasif filtreler direnç, kapasitör ve indüktörden yapılırken, aktif filtreler microişlemci gibi güç kaynağına ihtiyaç duyan devrelerden yapılır.

Filtre devrelerinde işlemler, indüktör ve kapasitör gibi devre elemanlarının giriş frekansı ile reaktanslarının değişmesi olayı ile ilgilidir.

6.2.1. RC FİLTRESİ

6.2.1.1. Kapasitör üzerinden çıkış alınırsa

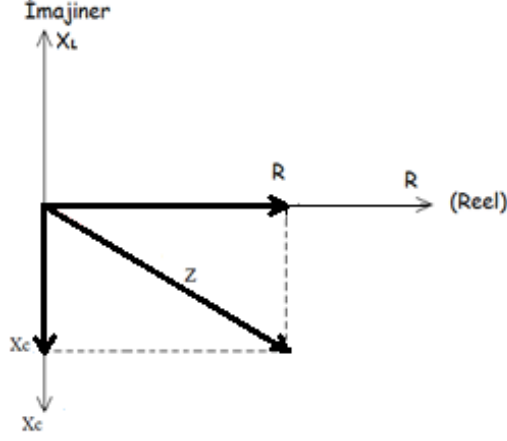
Şekil-6.1'deki devreden kapasitör üzerinden çıkış alınırsa devre alçak geçiren filtre olarak davranır. Devre analizi yapılırsa;



Şekil-6.1: Seri RC devresi. Alçak geçiren filtre.

$$V_{Giriş} = V_{Giriş}(t) = |V_{Giriş}| \cos(\omega t) \rightarrow V_{Giriş} = |V_{Giriş}| \angle 0^0$$

devrenin toplam empedansı “Z” polar koordinat ile gösterildiği gibi bulunabilir,



Şekil-6.2: Direnç, kapasitif reaktans ve empedansın fazör diyagramda gösterimi

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) = |Z| \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \Omega \quad (6.1)$$

Devre üzerinden geçen akım ise,

$$I = \frac{V_{Giriş}}{Z} = \frac{|V_{Giriş}|}{|Z|} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \quad (6.2)$$

Kapasitör üzerinden alınan çıkış gerilimi ise;

$$V_{Cikis} = I \times X_C = \left(\frac{|V_{Giriş}|}{|Z|} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \right) \times (|X_C| \angle -90^0) \quad (6.3)$$

$$V_{Cikis} = \frac{|V_{Giriş}| \times |X_C|}{|Z|} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) - 90^0 \quad (6.4)$$

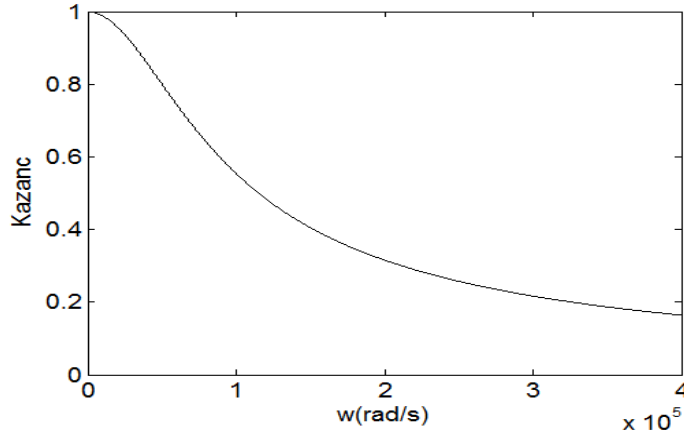
Devrenin kazancı incelenecek olursa,

$$Kazanç = \frac{|V_{Cikis}|}{|V_{Giriş}|} = \frac{|X_C|}{|Z|} = \frac{1/\omega C}{\left(R^2 + (1/\omega C)^2\right)^{1/2}} = \frac{1}{\left(\omega^2 R^2 C^2 + 1\right)^{1/2}} \quad (6.5)$$

Eğer direnç, kapasitif reaktansa eşit ise;

$$R = |X_c| = 1/\omega C \quad \omega_k = 1/RC \quad Kazanç = \frac{R}{R\sqrt{2}} = 0.707 \text{ ve } \phi = -45^\circ \quad (6.6)$$

olur. Kazancın 0.707 değerine düştüğü değer frekansın kesme (ω_k) değeridir. Kazancın giriş sinyalinin frekansına göre değişimi Şekil-6.3'te gösterilmiştir.



Şekil-6.3: Giriş geriliminin frekansının kapasitör üzerindeki çıkış gerilimi ile değişimi.

Şekil-6.3'e dikkat edilecek olursa çıkış gerilimi düşük frekanslarda çok daha büyük değerler almaktadır. Bu nedenle Şekil 6.1'deki devre *alçak geçiren filtredir*.

Devre $\omega \gg \omega_B$ için incelenecek olursa;

$$R \gg |X_c| \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \approx R \quad (6.7)$$

$$V_{Cikis} = I \times R = \frac{|V_{Giris}| \times |X_c|}{R} \angle -90^\circ = \frac{1}{RC} \frac{V_{Giris}}{\omega} \angle -90^\circ \quad (6.8)$$

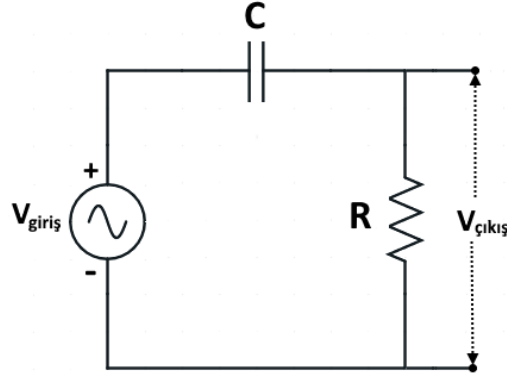
Bu ifade zaman uzayında yazılırsa;

$$V_{out}(t) = \frac{1}{RC} \int V_{Giris}(t) dt \quad (6.9)$$

Bu devre $\omega \gg \omega_B$ için *integral alıcı* devredir.

6.2.1.2. Direnç üzerinden çıkış alınırsa

Şekil-6.4'teki devrede direnç üzerinden çıkış alınırsa devre yüksek geçiren filtre olarak davranır. Devre analizi yapılırsa;



Şekil-6.4: Seri RC Devresi; Yüksek Geçiren filtre

Direnç üzerinden alınan çıkış gerilimi,

$$V_{Cikis} = I \times R = V_{Cikis} = I \times X_C = \frac{|V_{Giris}| \times R}{|Z|} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \quad (6.10)$$

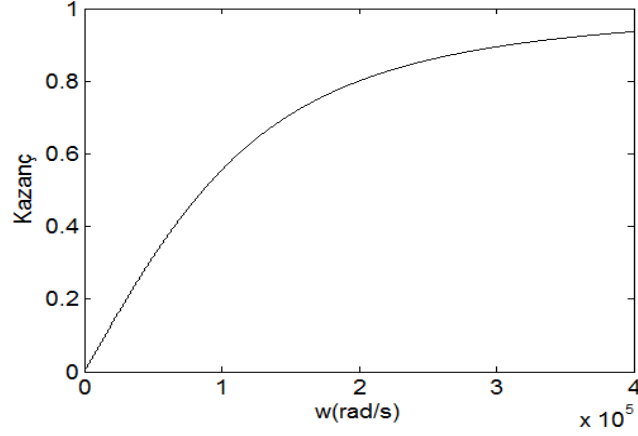
Devrenin kazancı,

$$Kazanç = \frac{|V_{Cikis}|}{|V_{Giris}|} = \frac{|R|}{|Z|} = \frac{R}{\left(R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2\right)^{1/2}} = \frac{\omega RC}{\left(\omega^2 R^2 C^2 + 1\right)^{1/2}} \quad (6.11)$$

Eğer direnç, kapasitif reaktansa eşit ise;

$$R = |X_C| = \frac{1}{\omega C}, \text{ Kazanç} = \frac{R}{R\sqrt{2}} = 0.707 \text{ ve } \phi = -45^\circ \quad (6.12)$$

olur. Kazancın 0.707 değerine çıktığı değer frekansın kesme (ω_k) değeridir. Kazancın giriş sinyalinin frekansına göre değişimi Şekil-6.5'te gösterilmiştir.



Şekil-6.5: Giriş geriliminin frekansının direnç üzerindeki çıkış gerilimi ile değişimi.

Şekil-6.5'e dikkat edilecek olursa çıkış gerilimi yüksek frekanslarda çok daha büyük değerler almaktadır. Bu nedenle Şekil 6.4'teki devre *yüksek geçiren filtredir*.

Devre $\omega \ll \omega_B$ için incelenecek olursa;

$$(X_C) \gg R \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \approx X_C \angle -90^\circ \quad (6.13)$$

$$V_{Cikis} = I \times R = \frac{V_{Giris} \times R}{X_C} = \omega RC |V_{Giris}| \angle 90^\circ \quad (6.14)$$

Bu ifade zaman uzayında yazılırsa;

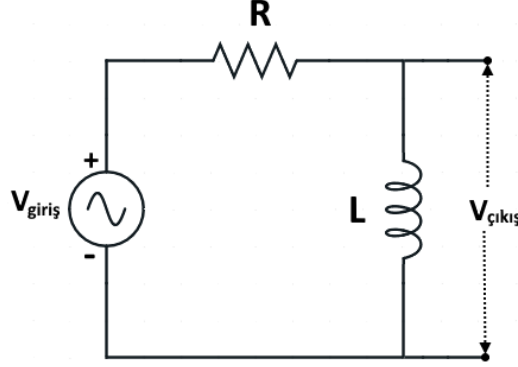
$$V_{Cikis}(t) = RC \frac{d}{dt} V_{Giris}(t) \quad (6.15)$$

Bu devre $\omega \gg \omega_B$ için *türev alıcı* devredir.

6.2.2. RL FİLTRELERİ

6.2.2.1. İndüktör üzerinden çıkış alınırsa

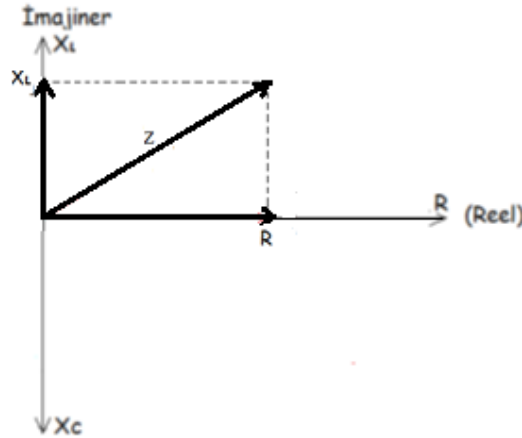
Şekil-6.6'daki devreden indüktör üzerinden çıkış alınırsa devre yüksek geçiren filtre olarak davranır. Devre analizi yapılırsa;



Şekil-6.6: Seri RL devresi. Yüksek geçiren filtre.

$$V_{Giriş} = V_{Giriş}(t) = |V_{Giriş}| \cos(\omega t) \rightarrow V_{Giriş} = |V_{Giriş}| \angle 0^\circ$$

Devrenin toplam empedansı “Z” polar koordinat ile gösterildiği gibi bulunabilir.



Şekil-6.7: Direnç, indüktif reaktans ve empedansın fazör diyagramda gösterimi

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = |Z| \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \quad (6.16)$$

Devre üzerinden geçen akım ise,

$$I = \frac{V_{Giriş}}{Z} = \frac{|V_{Giriş}|}{Z} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \quad (6.17)$$

İndüktör üzerinden alınan çıkış gerilimi ise;

$$V_{Cikis} = I \times X_L = \left(\frac{|V_{Giriş}|}{Z} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \right) \times (|X_L| \angle 90^\circ) \quad (6.18)$$

$$V_{Cikis} = \frac{|V_{Giriş}| \times |X_L|}{|Z|} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) + 90^\circ \quad (6.19)$$

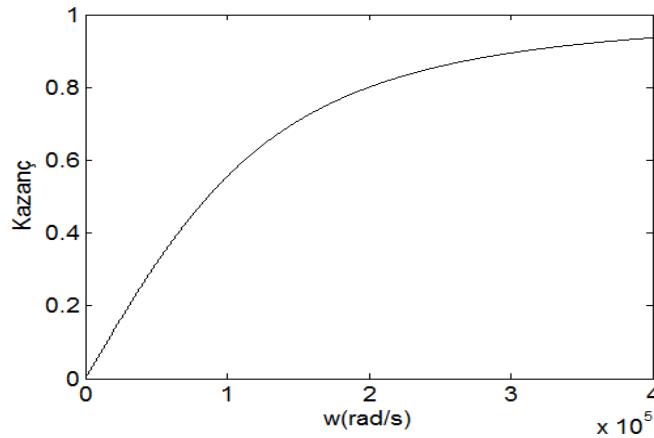
Devrenin kazancı incelenecek olursa,

$$Kazanç = \frac{|V_{Cikis}|}{|V_{Giris}|} = \frac{|X_L|}{|Z|} = \frac{\omega L}{\left(R^2 + (\omega L)^2\right)^{1/2}} = \frac{1}{\left(\frac{R^2}{\omega^2 L^2} + 1\right)^{1/2}} \quad (6.20)$$

Eğer direnç, indüktif reaktansa eşit ise;

$$R = |X_L| = \omega L, \quad \omega_k = \frac{R}{L}, \quad Kazanç = \frac{R}{R\sqrt{2}} = 0.707 \text{ ve } \phi = -45^\circ \quad (6.21)$$

olur. Kazancın 0.707 değerine çıktığı değer frekansın kesme (ω_k) değeridir. Kazancın giriş sinyalinin frekansına göre değişimi Şekil-6.8'de gösterilmiştir.

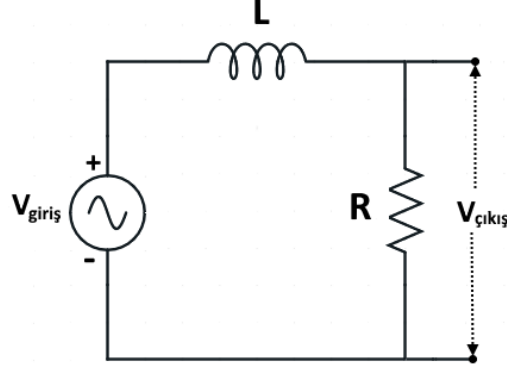


Şekil-6.8: Giriş geriliminin frekansının indüktör üzerindeki çıkış gerilimi ile değişimi.

Şekil-6.8'e dikkat edilecek olursa çıkış gerilimi yüksek frekanslarda çok daha büyük değerler almaktadır. Bu nedenle Şekil-6.6'daki devre *yüksek geçiren filtredir*.

6.2.2.2. Direnç üzerinden çıkış alınırsa

Şekil-6.9'daki devrede direnç üzerinden çıkış alınırsa devre alçak geçiren filtre olarak davranır. Devre analizi yapılırsa;



Şekil-6.9: Seri RL devresi. Alçak geçiren filtre.

Direnç üzerinden alınan çıkış gerilimi,

$$V_{Cikis} = I \times R = V_{Cikis} = I \times X_C = \frac{|V_{Giris}| \times R}{|Z|} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \quad (6.22)$$

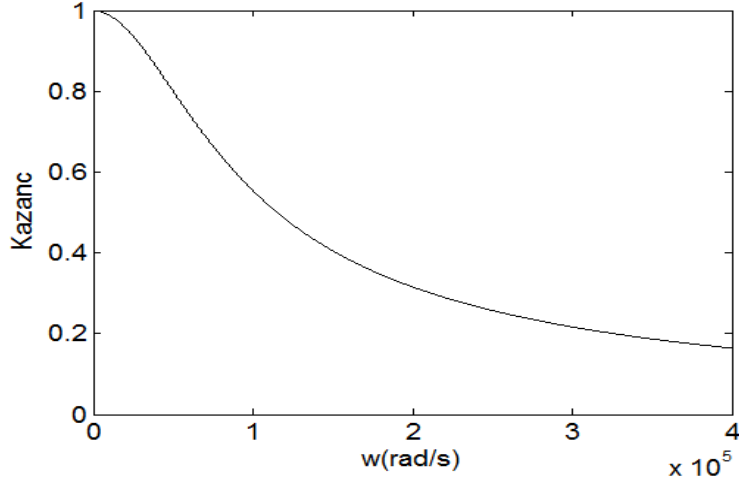
Devrenin kazancı,

$$Kazanç = \frac{|V_{Cikis}|}{|V_{Giris}|} = \frac{|R|}{|Z|} = \frac{R}{(R^2 + (\omega L)^2)^{1/2}} = \frac{1}{\left(\frac{(\omega^2 L^2)}{R^2} + 1\right)^{1/2}} \quad (6.23)$$

Eğer direnç, kapasitif reaktansa eşit ise;

$$R = |X_L| = \omega L, \quad Kazanç = \frac{R}{R\sqrt{2}} = 0.707 \quad ve \quad \phi = -45 \quad (6.24)$$

olur. Kazancın 0.707 değerine düştüğü değer frekansın kesme (ω_k) değeridir. Kazancın giriş sinyalinin frekansına göre değişimi Şekil-6.10'da gösterilmiştir.



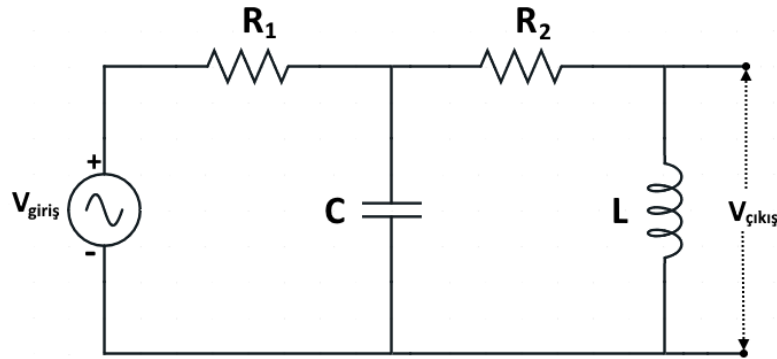
Şekil-6.10: Giriş geriliminin frekansının direnç üzerindeki çıkış gerilimi ile değişimi.

Şekil-6.10'a dikkat edilecek olursa çıkış gerilimi alçak frekanslarda çok daha büyük değerler almaktadır. Bu nedenle Şekil-6.9'daki devre *alçak geçiren filtredir*.

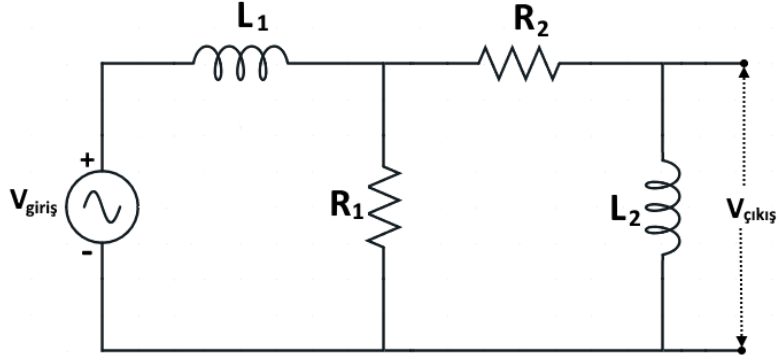
6.2.3. BANT GEÇİREN FİLTRELER

Bant geçiren filtreler için düşük geçiren ve yüksek geçiren iki filtrenin birlikte kullanılması gerekmektedir. Yani kritik frekansı ω_{B1} olan bir düşük geçiren filtrenin çıkışına kritik frekansı ω_{B2} olan bir yüksek geçiren filtre devresi bağlanırsa bant geçiren filtre elde edilmiş olur. Bu devrenin bant geçiren olması için $\omega_{k2} < \omega_{k1}$ olmak zorundadır (Neden?).

Bant geçiren devre için aşağıda iki örnek verilmiştir.

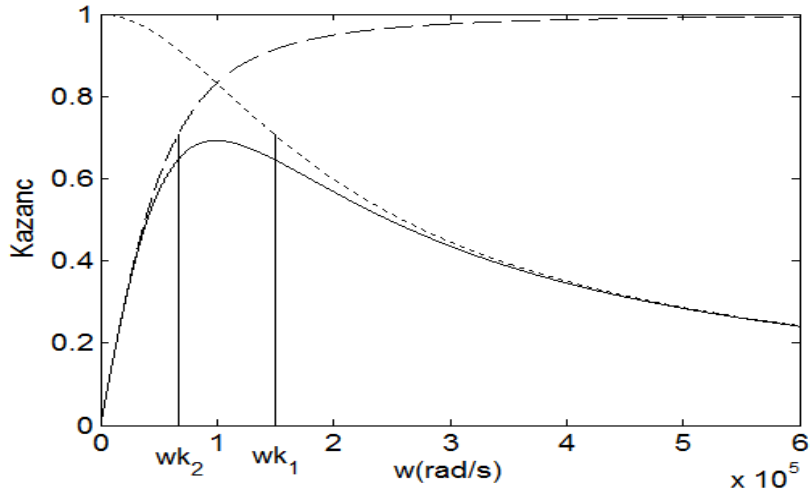


Şekil-6.11(a): RC alçak geçiren filtre ile RL yüksek geçiren filtreden yapılan bant geçiren filtre.



Şekil-6.11(b): RL alçak geçiren filtreden yapılan bant geçiren filtre.

Bant geçiren filtreler yapılırken kritik frekans değerlerinin hesaplanması gerekir. Şekil-6.11(a) devresi için $C=100\text{nF}$, $L=1\text{mH}$, $R_1=R_2=150\ \Omega$ değerleri için kazanç değerlerinin açısal frekans (ω) değerlerine göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil-6.12: Şekil-6.11(a)'da gösterilen devrenin açısal frekans-kazanç değişimleri. Noktalı çizgi alçak geçiren filtrenin (1. kısım), kesikli çizgi yüksek geçiren filtrenin (2. Kısım), düz çizgi ise bant geçiren devrenin kazanç grafiğidir. Kritik frekans değerleri de düz çizgi ile gösterilmiştir.

6.3. KULLANILAN ALETLER

- Devre Kurma Bordu
- Sinyal Üretici
- Osiloskop
- Grafik Kâğıdı

6.4. İŞLEM BASAMAKLARI

1. Kısım: R-C Devresi ile Yapılan Alçak Geçiren Filtre

- 1) $V_{Giriş}$ sinyalini fonksiyon üreticiden sinüs dalga olarak $V_{giriş(p-p)} = 10$ V olacak şekilde osiloskop yardımıyla ayarlayınız.
- 2) Şekil-6.1’de gösterilen seri RC devresini R_5 direnci ve C_5 kapasitörünü kullanarak kurunuz.
- 3) Devreyi kurduktan sonra sorumlu asistana gösteriniz. (Asistana göstermeden herhangi bir devre elemanı açılmayacaktır)
- 4) Tablo-6.1’de verilen frekans değerlerine karşılık $V_{çıkış(p-p)}$ değerini osiloskop yardımı ile ölçünüz. Ölçülen değerleri Tablo-6.1’de yerine yazınız. Ölçülen $V_{çıkış(p-p)}$ değerlerinden eşitlik (6.5)’i kullanarak kazanç değerlerini hesaplayıp Tablo-6.1’de yerine yazınız.
- 5) Açısal frekans değerlerini her frekans için hesaplayıp Tablo-6.1’de yerine yazınız.
- 6) Şekil-6.1 için kesme frekansını (ω_K) eşitlik (6.6) kullanılarak hesaplayınız. Hesapladığımız değeri Tablo-6.1’de ω_K “teorik” olarak yazınız.
- 7) Ölçülen değerler için milimetrik kâğıda ω - *kazanç* değerlerinin grafiğini çiziniz. Çizdiğiniz grafikten ω_K değerini bulunuz. Tablo-6.1’de ω_K “pratik” olarak yazınız.
- 8) Teorik ve pratik ω_K değerlerinden yüzde hata payı hesabını yapınız.

$V_{\text{Giriş (p-p)}} = 10 \text{ V}$		$\omega_{k\text{Teo}} = 10^3 \text{ rad/s}$	$\omega_{k\text{Pra}} = 10^3 \text{ rad/s}$
Frekans (kHz)	Açısal Frekans 10^3 (rad/s)	Gerilim ($V_{\text{çıkış (p-p)}}$) (V)	Kazanç
100			
80			
70			
60			
50			
40			
30			
25			
20			
15			
10			
8			
7			
5			
3			
2			

Tablo-6.1: R-C alçak geçiren filtre devresi için ölçülen frekans ve gerilim değerleri

2. Kısım: R-L Devresi ile Yapılan Yüksek Geçiren Filtre

- 1) $V_{giriş}$ sinyalini fonksiyon üreticiden sinüs dalga olarak $V_{giriş(p-p)}=10$ V olacak şekilde osiloskop yardımıyla ayarlayınız.
- 2) Şekil-6.6'da gösterilen seri RL devresini R_5 direnci ve L_2 indüktörünü kullanarak kurunuz.
- 3) Devreyi kurduktan sonra sorumlu asistana gösteriniz. (Asistana göstermeden herhangi bir devre elemanı açılmayacaktır)
- 4) Tablo-6.2'de verilen frekans değerlerine karşılık $V_{çıkış(p-p)}$ değerini osiloskop yardımı ile ölçünüz. Ölçülen değerleri Tablo-6.2'de yerine yazınız. Ölçülen $V_{çıkış(p-p)}$ değerlerinden eşitlik (6.20)'den kazanç değerlerini hesaplayıp Tablo-6.2'de yerine yazınız.
- 5) Açısal frekans değerlerini her frekans için hesaplayıp Tablo-6.2'de yerine yazınız.
- 6) Şekil-6.6 için kesme frekansını (ω_k) eşitlik (6.21) kullanılarak hesaplayınız. Hesapladığımız değeri Tablo-6.2'de ω_k "teorik" olarak yazınız.
- 7) Ölçülen değerler için milimetrik kağıda ω -kazanç değerlerinin grafiğini çiziniz. Çizdiğiniz grafikten ω_k değerini bulunuz. Tablo-6.2'de ω_k "pratik" olarak yazınız.
- 8) Teorik ve pratik ω_k değerlerinden yüzde hata payı hesabını yapınız.

$V_{\text{Giriş (p-p)}} = 10 \text{ V}$		$\omega_{k\text{Teo}} = \text{ (rad/s)}10^3$	$\omega_{k\text{Pra}} = \text{ (rad/s)}10^3$
Frekans (kHz)	Açısal Frekans (rad/s) 10^3	Gerilim ($V_{\text{çıkış (p-p)}}$) (V)	Kazanç
5			
10			
15			
27.8			
40			
50			
60			
80			
100			

Tablo-6.2: R-L yüksek geçiren filtre devresi için ölçülen frekans ve gerilim değerleri

6.5. SORULAR

- 1) Şekil-6.11(a)'da gösterilen devrede $C=100\text{nF}$, $R_1=150 \Omega$ ve $R_2=100 \Omega$ dur. Devrenin bant geçiren filtre olabilmesi için L değerinin minimum kaç *henry* olması gerekir.
- 2) Şekil-6.11(b)'de gösterilen devrenin bant durduran filtre olabilmesi için R_1 ve R_2 dirençlerinden hangisinin daha büyük olması gerekir? Kanıtlayınız.
- 3) Yukarıdaki durumlar için ω - *kazanç* değişim grafiklerini çiziniz.

Hazırlayanlar: Cevdet Şen, Sezen Abdurrahmanoğlu

DENEY 7

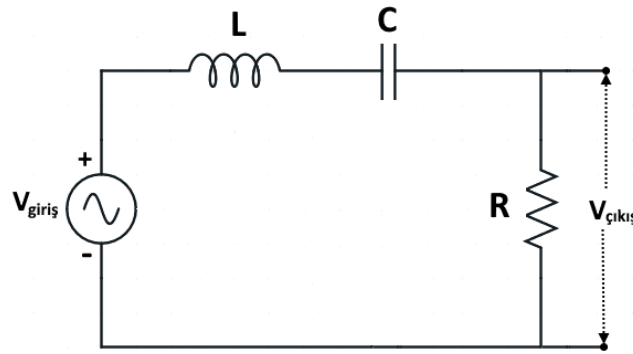
SERİ R-L-C FİLTRELERİ

7.1. DENEYİN AMACI:

Seri R-L-C devrelerinin bant geçiren filtre olarak kullanılmasının rezonans frekansının ve AC devrelerde güç kavramının öğrenilmesi.

7.2. TEORİK BİLGİ

Önceki deneylerde alçak geçiren ve yüksek geçiren filtreler birleştirilerek bant geçiren filtre elde edilmiştir (R-L R-C ve Bant Geçiren Filtreler). Direnç kapasitör ve indüktörün seri bağlanması sonucunda da bant geçiren filtre elde edilebilir. Bu deneyde seri R-L-C devresi (Şekil-7.1) bant geçiren filtre olarak incelenecektir.



Şekil-7.1: Seri R-L-C devresi

$$V_{Giriş} = V_{Giriş}(t) = |V_{Giriş}| \cos(\omega t) \rightarrow V_{Giriş} = |V_{Giriş}| \angle 0^\circ ,$$

Seri R-L-C devrelerinde üç durum söz konusudur. Devre **indüktif**, **kapasitif** ya da **rezistif** durumda olabilir.

Devre indüktif ise; devrenin indüktif olması demek, devrenin indüktif reaktansının kapasitif reaktansından daha büyük olması demektir. Bu durumda reaktanslar üzerindeki toplam potansiyel dirençler üzerindeki toplam potansiyelden 90^0 ileridedir.

Devre kapasitif ise; devrenin kapasitif olması demek, devrenin kapasitif reaktansının indüktif reaktansından daha büyük olması demektir. Bu durumda reaktanslar üzerindeki toplam potansiyel dirençler üzerindeki toplam potansiyelden 90^0 geridedir.

Devrenin indüktif ve kapasitif olması durumuyla ilgili daha kapsamlı bilgi “**Seri R-L, R-C, R-L-C Deneyi**”inde verilmiştir. Bu deneyde direnç kapasitör ve indüktörün seri bağlı olduğu devre (şekil-7.1) incelenecektir.

7.2.1. Seri R-L-C Devreleri İçin Matematiksel İfadeler

Şekil-7.1’deki devrenin indüktif ve kapasitif reaktansları eşitlik (7.1) ve (7.2) ile verilmiştir,

$$X_L = \omega L \angle 90^0 \Omega \quad (7.1)$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \angle -90^0 \Omega \quad (7.2)$$

Devrenin empedansı eşitlik (7.3) ile verilir,

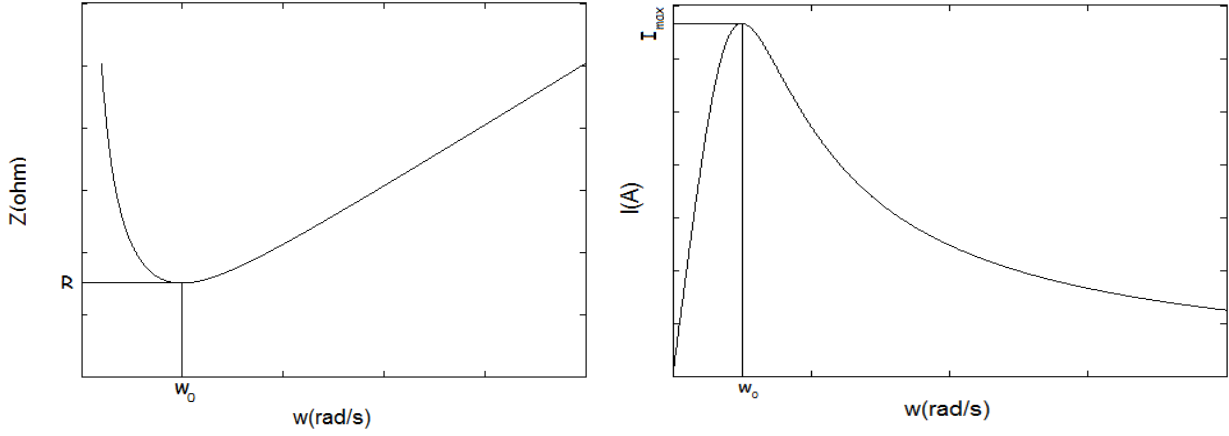
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)^0 \Omega \quad (7.3)$$

Devre üzerinden geçen akım eşitlik (7.4) ile verilir,

$$I = \frac{V_{Giriş}}{Z} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)^0 \quad (7.4)$$

Eşitlik (7.4) düzenlenirse eşitlik (7.5)’e ulaşılır

$$I = \frac{V_{Giriş}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)^0 \quad (5)$$



Şekil-7.2: (a) Empedansın açısal frekansa göre değişimi, (b) Akımın açısal frekansa göre değişimi. ω_0 devrenin rezonans frekansıdır.

Empedansın açısal frekansa göre değişimi Şekil-7.2(a)'da, akımın açısal frekansa göre değişimi ise Şekil-7.2(b)'de gösterilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi ω_0 frekansında empedans en küçük değerine, akım ise en büyük değerine ulaşır. ω_0 frekansına **rezonans frekans**ı denir.

Rezonans frekansında devre *rezistiftir*. Yani *kapasitif reaktans ve indüktif reaktans birbirine eşittir* (Şekil-7.3(b)). Eşitlik (7.6.a) matematiksel olarak geliştirilirse, (7.6.b-d) eşitlikleri, rezonans frekansının matematiksel ifadesi eşitlik (7.6.e)'de gösterildiği gibidir.

$$|X_L| = |X_C| \quad (7.6.a)$$

$$2\pi fL = \frac{1}{(2\pi fC)} \quad (7.6.b)$$

$$4\pi^2 f^2 LC = 1 \quad (7.6.c)$$

$$4\pi^2 f^2 = \frac{1}{(LC)} \quad (7.6.d)$$

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad f = \frac{1}{(2\pi\sqrt{LC})} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (7.6.e)$$

Rezonans frekansında empedans ve akım ifadeleri eşitlikleri (7.7) ile (7.10) arasında verilmiştir.

$$|X_L| = |X_C| \quad (7.7)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) \Omega \quad (7.8)$$

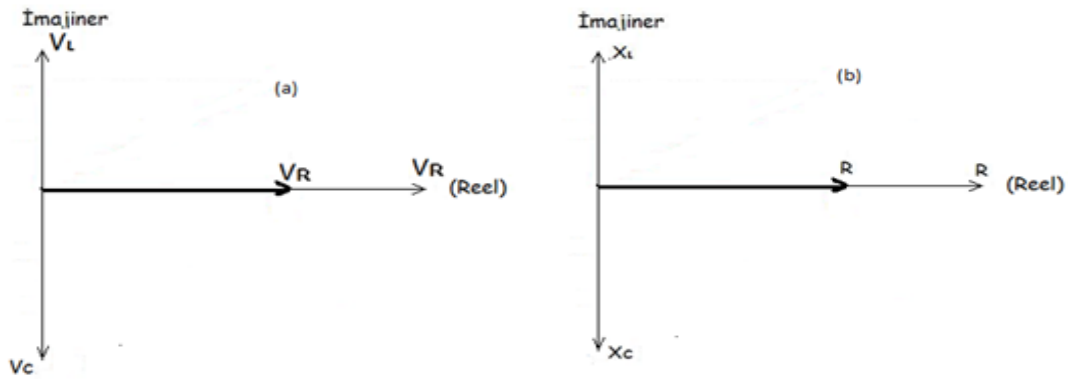
$$Z = R \quad (7.9)$$

$$I = \frac{V_{Giriş}}{R} \angle 0^\circ \quad (7.10)$$

Eşitlik (7.10)'dan da görüldüğü gibi rezonans anında devre üzerinden geçen akım ile giriş potansiyeli aynı fazdadır. Rezonans anında indüktör ve kapasitör üzerindeki potansiyeller incelenirse;

$$V_L = I \times X_L \angle 90^\circ, \quad V_C = I \times X_C \angle -90^\circ \rightarrow |V_L| = |V_C| \quad (7.11)$$

olur. Rezonans durumunda kapasitör ve indüktör üzerindeki potansiyellerin büyüklükleri de eşittir. Fazör diyagramı Şekil-7.3(a)'da gösterildiği gibidir.



Şekil-7.3: Seri R-L-C devrelerinde rezonans durumunda (a) potansiyellerin fazör diyagramı, (b) direnç ve reaktansların fazör diyagramı.

Rezonans durumunda indüktif ve kapasitif reaktanslar üzerindeki potansiyeller birbirine eşit olduğundan direnç üzerindeki potansiyel giriş potansiyeline eşit olur.

$$V_{Giriş} = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2} \rightarrow V_{Giriş} = V_R \quad (7.12)$$

Seri R-L-C devresine, devrenin rezonans frekansının üzerinde bir frekans değeri uygulandığında eşitlik 7.1'de görüldüğü gibi devrenin indüktif reaktansı artacak, eşitlik 7.2'de görüldüğü gibi ise kapasitif reaktansı azalacaktır. Bu durumda indüktif reaktans kapasitif reaktanstan daha büyük olacaktır ($X_L > X_C$) ve devre indüktif özellik gösterecektir. Ters durumda ise, yani frekansın rezonans frekansından daha düşük bir değer aldığı durumda devrenin kapasitif reaktansı indüktif reaktansından daha büyük olacaktır ($X_C > X_L$) ve devre kapasitif özellik gösterecektir.

7.2.2. KAZANÇ:

Şekil 1'deki seri R-L-C devresinde direnç üzerindeki kazanç incelenen olursa,

$$Kazanç = \frac{|V_{Cikis}|}{|V_{Giriş}|} \quad (7.13)$$

eşitliğine göre $V_{çıkış}$ gerilimi belirlenmek zorundadır ve eşitlik 7.14.a'daki gibidir,

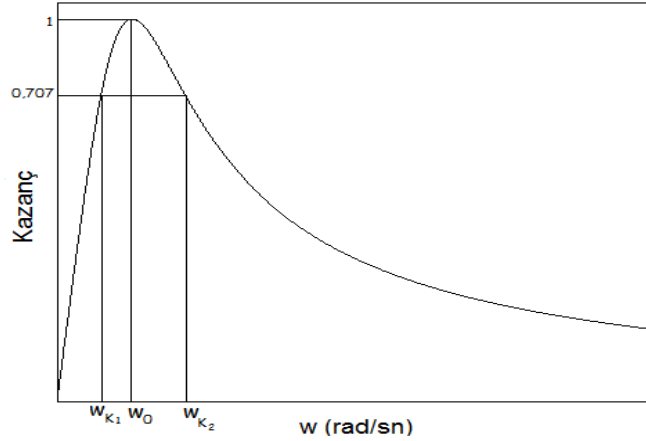
$$V_{Cikis} = \frac{R}{Z} \times V_{Giris} \rightarrow V_{Cikis} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \times V_{Giris} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) \quad (7.14.a)$$

Eşitlik 7.14.a'ya göre eşitlik 7.13 yeniden düzenlenirse,

$$Kazanç = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (7.14.b)$$

olur.

Kazancın açısal frekansa göre değişimi aşağıda, Şekil-7.4'te gösterilmiştir.



Şekil-7.4: Kazancın açısal frekansa göre değişimi.

Devre rezonans durumdayken kazanç incelenecek olursa indüktif ve kapasitif reaktanslar birbirine eşit olacağından devrenin empedansı direnç değerine eşit olacaktır. Dolayısıyla eşitlik (7.14.b)'den,

$$Kazanç = \frac{R}{R} \rightarrow Kazanç = 1 \quad (7.14.c)$$

olur. Yani kazanç en yüksek değerine ulaşır. Şekil-7.4'te görülen ω_0 frekansı **rezonans frekansıdır**.

Reaktanslar üzerindeki potansiyelin direnç üzerindeki potansiyele eşit olduğu durumda iki tane kesme frekansı oluşmaktadır (R-L, R-C ve bant geçiren filtreler).

Açısal frekansın rezonans frekansından küçük olduğu kesme frekansında devre kapasitif özellik gösterir ve eşitlikleri aşağıdaki gibidir;

$$R = \left(\frac{1}{\omega_{k1}C} - \omega_{k1}L \right) \quad (7.15)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega_{k1}L - \frac{1}{\omega_{k1}C} \right)^2} \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + R^2} \rightarrow Z = \sqrt{2}R \quad (7.16)$$

$$Kazanç = \frac{R}{\sqrt{2}R} \rightarrow Kazanç = 0.707$$

Açısal frekansın rezonans frekansından büyük olduğu kesme frekansında devre indüktif özellik gösterir ve eşitlikleri aşağıdaki gibidir;

$$R = \left(\omega_{k2}L - \frac{1}{\omega_{k2}C} \right) \quad (7.17)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega_{k2}L - \frac{1}{\omega_{k2}C} \right)^2} \rightarrow Z = \sqrt{R^2 + R^2} \rightarrow Z = \sqrt{2}R \quad (7.18)$$

$$\text{Kazanç} = \frac{R}{\sqrt{2}R} \rightarrow \text{Kazanç} = 0.707$$

Bu iki kesme frekansı değerinde de kazanç 0,707 olur.

7.2.3 GÜC

7.2.3.1. Aktif Güç:

Seri R-L-C devresinde direncin harcadığı güce **aktif güç** denir. Birimi *watt* (W)'tır.

$$P = |I| \times |V_{Giriş}| \times \cos \varphi, \quad P = |I|^2 \times R, \quad P = |V_R| \times |I|. \quad (7.19)$$

7.2.3.2. Reaktif Güç:

Seri R-L-C devresinde reaktansların (L ve C) harcadığı güce **reaktif güç** denir. Birimi *volt-amper-reaktif* (VAR)'tir.

$$Q = |I| \times |V_{Giriş}| \times \sin \varphi, \quad Q = |I|^2 \times (|X_L| - |X_C|), \quad Q = |I| \times (|V_L| - |V_C|) \quad (7.20)$$

7.2.3.3. Görünür Güç:

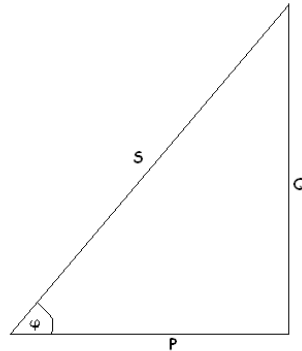
Alterntif akım devrelerinde, devre potansiyeli ile devre akımının çarpımına **görünür güç** denir. Birimi *volt-amper* (VA)'dir.

$$S = V_{Giriş} \times I, \quad S = \frac{V_{Giriş}^2}{Z}, \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (7.21)$$

7.2.3.4. Güç Katsayısı:

Güç katsayısı $\cos \varphi$ ile gösterilir. Yani güç kat sayısı aktif gücün görünür güce oranıdır.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (7.22)$$



Şekil-7.5: Güç üçgeni

Kesme frekanslarında güç incelenecek olursa aşağıdaki eşitliklere ulaşılır;

ω_{K_1} ve ω_{K_2} kesme frekansları için,

a.) Aktif güç (P) incelenirse;

$$P = \frac{|V_R|^2}{R} \quad |V_R| = \frac{R}{|Z|} \times |V_{Giriş}| \quad (7.23)$$

Eşitlik (7.16) yardımıyla;

$$|V_R| = \frac{R}{\sqrt{2R}} \times |V_{Giriş}| \quad |V_R| = \frac{1}{\sqrt{2}} \times |V_{Giriş}| \quad P = \frac{1}{2} \times \left(\frac{|V_{Giriş}|^2}{R} \right) \quad (7.24)$$

sonucuna ulaşılır.

b.) Reaktif güç (Q) incelenirse

$$Q = \frac{|V_X|^2}{|X|} \quad |V_X| = \frac{|X|}{|Z|} \times |V_{Giriş}| \quad (7.25)$$

$$|V_X| = |V_L| - |V_C|, \quad |X| = |X_L| - |X_C|$$

olarak tanımlanır.

$$|V_X| = \frac{|X|}{|Z|} \times |V_{Giriş}| \rightarrow |V_X| = \frac{|X|}{\sqrt{2}|X|} \times |V_{Giriş}| = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot |V_{Giriş}| \quad (7.26)$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{|V_{Giriş}|}{|X|} = \frac{1}{2} \cdot \frac{|V_{Giriş}|}{R} \quad (7.27)$$

c.) Görünür güç (S) incelenirse;

$$S = \frac{|V_{Giriş}|^2}{|Z|} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|V_{Giriş}|^2}{R} \quad (7.28)$$

Eşitlik (7.28)'deki sonuç Şekil-7.5'teki güç üçgeninden de görülmektedir.

7.3. KULLANILAN ALETLER

- Devre Kurma Bordu
- Sinyal Üretici
- Osiloskop
- Grafik Kağıdı

7.4. İŞLEM BASAMAKLARI

- 1) $V_{Giriş}$ sinyalini fonksiyon üreticiden sinüs dalga olarak $V_{giriş(p-p)} = 10V$ olacak şekilde osiloskop yardımıyla ayarlayınız.
- 2) Devre düzeneğinde yer alan R_5 direncini, L_2 indüktörünü ve C_5 kapasitörünü kullanarak Şekil-7.1'deki devreyi kurunuz.
- 3) Devreyi kurduktan sonra sorumlu asistana gösteriniz.
- 4) Tablo-7.1'de verilen frekans değerlerine karşılık dirençten alınan $V_{çıkış(p-p)}$ değerini osiloskop yardımı ile ölçünüz, Tablo-7.1'e yazınız.,
- 5) Tablo-7.1'de ölçülen frekans değerlerinin açısız frekans değerlerini hesaplayıp, açısız frekansa karşılık çıkış potansiyeli grafiğini çizin.
- 6) Kesme frekansları değerlerinde (8 kHz ve 31.8 kHz) direnç indüktör ve kapasitör üzerindeki p-p potansiyellerini osiloskop yardımıyla ölçünüz. Bulunan değerleri Tablo-7.2'de "pratik" sütununa kaydediniz.
- 7) $V_{Riç}$ "pratik" değerini eşitlik (5.12)'den V_R pratik için hesaplayıp Tablo-7.2'ye yazınız.
- 8) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik (5.14)'ten pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo-7.2'de V_{RTop} "pratik" bölümüne yazınız.
- 9) Devrenin toplam gerilimini, eşitlik (7.12) yardımıyla ($V_R \rightarrow V_{RTop}$ alınacaktır) , pratik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo-7.2'de V_T "pratik" değerine yazınız.
- 10) Açısız frekans değerini hesaplayınız. Tablo-7.2'ye yazınız. X_L ve X_C değerlerini eşitlik (7.1) ve (7.2) yardımıyla hesaplayınız. Bulunan X_L , X_C ve R_{Toplam} değerini kullanarak devrenin empedansını eşitlik (7.3) yardımıyla hesaplayıp Tablo-7.2'ye yazınız.
- 11) Giriş gerilimini kullanarak devre üzerinden geçen akımın p-p değerini Ohm yasası ile hesaplayınız ve Tablo-7.2'ye yazınız.

- 12) Bulunan akım değerini kullanarak devre elemanları (indüktans, kapasitans, direnç ve iç direnç) üzerindeki gerilimleri Ohm yasası ile hesaplayıp Tablo-7.2’de V_L , V_C , V_R ve $V_{Riç}$ “teorik” sütununa yazınız.
- 13) Dirençlerin toplam gerilimini eşitlik (5.14) yardımıyla teorik değerleri kullanarak hesaplayıp Tablo-7.2’de V_{RTop} “teorik” bölümüne yazınız.
- 14) Teorik olarak hesaplanan V_L , V_C ve V_{RTop} değerinden eşitlik (7.12)’den V_T değerini hesaplayıp Tablo-7.2’de V_T “teorik” bölümüne yazınız.
- 15) Tablo-7.2’den V_{RT} ’nin “teorik” ve “pratik” değerlerini alarak, eşitlik (7.23) yardımıyla dirençlerin harcadığı aktif gücün teorik ve pratik değerlerini hesaplayıp Tablo-7.3’te yerlerine yazınız.
- 16) Tablo-7.2’den V_L ve V_C ’nin “teorik” ve “pratik” değerlerini alarak, eşitlik (7.25) yardımıyla reaktansların harcadığı reaktif gücün teorik ve pratik değerlerini hesaplayıp Tablo-7.3’te yerlerine yazınız.
- 17) Bulunan aktif (P) ve reaktif (Q) güçlerin “teorik” ve “pratik” değerlerini kullanarak, eşitlik (7.21) yardımıyla görünür gücün (S) “teorik” ve “pratik” değerlerini hesaplayıp Tablo-7.3’teki yerlerine yazınız.
- 18) Bulunan aktif ve görünür güçlerin “teorik” ve “pratik” değerlerini kullanarak, eşitlik (7.22) yardımıyla güç katsayısının “teorik” ve “pratik” değerlerini hesaplayıp Tablo-7.3’teki yerlerine yazınız.
- 19) Sinyal üreticinin frekansını 31.8 kHz değerine ayarlayınız. 6-18 arasında yapılan adımları tekrarlayınız.
- 20) Bulunan teorik ve pratik tüm değerler için yüzde hata hesabını yapınız.

$V_{Giriş} = 10 \text{ V}$	$R = 100 \text{ } \Omega$	$R_{iç} = 50 \text{ } \Omega$	$R_{Top} = 150 \text{ } \Omega$	$L =$	H	$C =$	F
----------------------------	---------------------------	-------------------------------	---------------------------------	-------	-----	-------	-----

Frekans (kHz)	ω (krad/s) ($\omega=2\pi f$)	$V_{çıkış}$ (V)
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
24		
31.8		
40		
45		

Tablo-7.1: Frekans - Çıkış Potansiyeli ölçüm değerleri.

f (kHz)	ω (krad/s)	X_L (Ω)	X_C (Ω)	Z (Ω)	I (mA)	V_L (V)		V_C (V)		V_R (V)		$V_{Riç}$ (V)		V_{RTop} (V)		V_T (V)	
						Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra
8																	
31.8																	

Tablo-7.2: R-L-C filtre ölçüm değerleri.

f (kHz)	P _{Aktif} (W)		P _{Reaktif} (VAR)		P _{Görünür} (VA)		Güç Katsayısı	
	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra	Teo	Pra
8								
31.8								

Tablo-7.3: R-L-C filtre güç değerleri.