



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ BÖLÜMÜ
TEMEL ELEKTRONİK LABORATUVARI DENEY FÖYÜ

DENEY RAPORUNUN HAZIRLANMASI:

1. Hazırlayacağınız raporun ilk sayfasına(ortada olacak şekilde) deneyin adını, deneyin numarasını,
2. Adınızı, soyadınızı, numaranızı, hangi öğretimde olduğunuzu ve grubunuzu yazınız.
- 3.. Başlık ortalı bir şekilde yazılacak ve raporun hazırlanması işlemi aşağıdaki gibi olacaktır.
4. Deneyin adı
5. Deneyin amacı: yaptığınız deneyde neyi hedeflediğinizi kendi cümlelerinizle yazınız.
6. Deneyin teorisi: yaptığınız deneyin teorisini değişik kaynak kitaplar kullanarak yazınız.
7. Deneyin yapılışı: öncelikle deney şemasını nasıl kurduğunuzu, kullandığınız aletleri ve ölçüleri nasıl aldığınızı yazdıktan sonra hesaplamalarınızı yapınız. Eğer çizilmesi gereken grafik varsa milimetrik kağıt kullanarak hassas bir şekilde grafiğinizi çiziniz.
8. Sonuç, hata hesabı ve yorum: deneyin bu kısmında hesapladığınız büyüklük ile ilgili hata hesabını yaparak deneyinizi yorumlayınız.
9. Raporlar elle yazılacaktır, bilgisayar çıktısı kabul edilmeyecektir.

TEMEL BİLGİLER ve ÖLÇÜM BİLGİLERİ

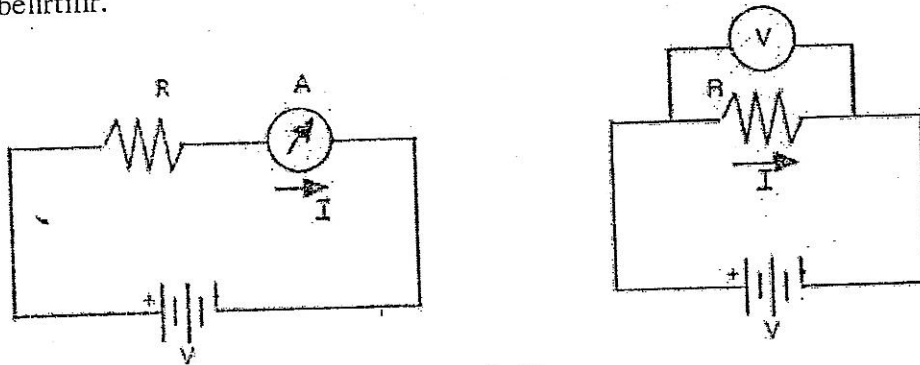
Elektrik ölçüm aletleri elektrikle ilgili ölçümler yapar. Akım, gerilim ve direnç ölçümü yapan ölçü aletine *Avometre* denir. Bir ölçü aleti, akım, gerilim ve direnç ölçümüne ek olarak kapasitans, indüktans, diyot, transistör, frekans ve iletkenlik gibi özellikleri de ölçebiliyorsa *Multimetre* denir. Yapısal olarak ölçü aletleri analog ve dijital olmak üzere 2 grup altında incelenebilir.

Analog Ölçü Aletleri: Ölçülen değeri bir ölçek üzerinde sapabilen ibre (ya da benzeri bir mekanik hareket) ile gösteren ölçü aletlerine analog ölçü aletleri denir. Ölçtüğü değeri skala taksimatı üzerinden ibre ile gösterirler (Bkz Şekil 2(a)).

Dijital Ölçü Aletleri: Ölçülen değeri sayısal bir gösterge üzerinde sayısal olarak gösteren ölçü aletlerine ise digital ölçü aletleri denir. Bu ölçü aletlerinin kullanımı kolay olup özellikleri analog ölçü aletlerine göre daha fazladır (Bkz Şekil 2(b)).

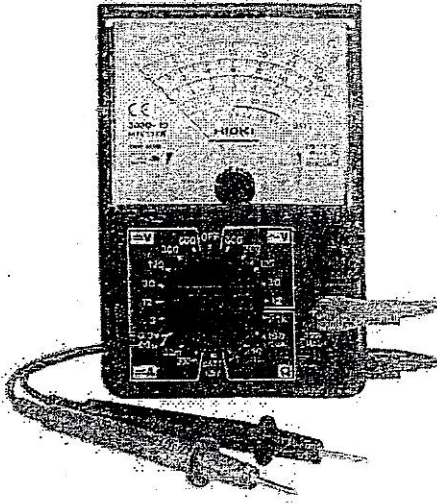
Ampermetre: Ampermetreler, elektrik akımının şiddetini (iletkenden geçen akım miktarını) ölçen aletlerdir. Ampermetreler iç dirençleri küçük oldukları için Şekil 1' de gösterildiği gibi devreye seri bağlanırlar. Ampermetrenin ölçtüğü değer I ile gösterilir, birimi amperdir ve kısaca A ile ifade edilir ($I = 10A$ gibi). Doğru akım (DA) ölçen ve alternatif akım (AA) ölçen ampermetrelerin dışında hem DA ve hem de AA ölçen ampermetreler de bulunmaktadır. Devreye bağlanan DA veya AA ya göre ampermetre seçilir. Eğer iki tür akımı da ölçen bir ampermetre bağlı ise ampermetre, istenen akım türüne göre ayarlanır.

Voltmetre: Doğru ve alternatif akım devresinin ya da devreye bağlı bir alıcının uçlarındaki gerilim değerini ölçmeye yarayan ölçü aleti olup devreye **paralel** bağlanır. Voltmetreler (V) harfi ile belirtilir.



Şekil 1. Ampermetre ve voltmetrenin devreye bağlanması

Kullanacağımız bir dijital avometrenin görüntüsü Şekil 2(b)'de verilmiştir. Öncelikle ayar düğmesi ile ne ölçeceğimizi belirtmemiz gerekir (Direnç, Akım, Volt vb). Daha sonra gerilim ya da direnç ölçeceksek kullandığımız proplardan (probe: ölçü aleti ile devre arasında elektriksel bağlantıyı sağlayan parça) birini ölçü aletinin COM girişine diğerini ise V girişine takmalıyız. Akım ölçmek için ise proplardan birini yine COM girişine diğerini ise A girişine takmalıyız.



Şekil 2 (a) Analog Avometre



(b) Digital Avometre

Renk Kodları ile Direnç Hesaplama

Direnç elemanı üzerinde harcanan aktif güç, direnç elemanının aşırı ısınmasına ve yanarak bozulmasına neden olur. Standart dirençlerin değerleri genel olarak iki şekilde belirtilir. Birinci olarak, üretici firma tarafından direnç üzerine direncin değeri (Ω , K Ω , M Ω olarak) ve güçleri (1/8 W, 1/4 W, 1 W olarak) yazılır. İkinci olarak, karbon dirençlerde direnç değeri ve tolerans dört renk bandı ile gösterilir. Şekilde görüldüğü gibi, dört renk bandından üçü (A, B ve C) birbirine yakın, dördüncüsü (T) bu gruptan biraz uzaktır. A, B ve C renk bantları direncin değerini tanımlar, T renk bandı ise direncin toleransını tanımlar.

Direncin tolerans değeri, üretimi hataları nedeniyle direnç değerinin üzerinde yazılı olan değerden yüzde kaç farklı olabileceğini gösterir. Örneğin, 100' luk bir direncin toleransı $\pm 5\%$ ise, direncin değeri büyük bir olasılıkla 95-105 ohm arasındadır.

Renk bantlarından direnç değerinin bulunması:

$$\text{Direnç Değeri} = A B \times 10^C \text{ ohm}$$

- Direnç, tolerans renk bandı (T) sağ tarafa gelecek şekilde tutulur.
- Soldan birinci ve ikinci renk bantlarının (A ve B) tanımladıkları sayılar yan yana sırasıyla yazılır.
- A ve B bantlarının tanımladığı iki rakamın yanına üçüncü renk bandı (C) ile tanımlanan sayı kadar sıfır yazılır (ya da A ve B den elde edilen sayı 10^C ile çarpılır). Elde edilen sayı ohm türünden direnç değerini verir: $R=AB \times 10^C$ ohm.

RENK	SAYI	ÇARPAN	TOLERANS
SIYAH	0	10^0	%20
KAHVERENGİ	1	10^1	%1
KIRMIZI	2	10^2	%2
TURUNCU	3	10^3	-
SARI	4	10^4	-
YEŞİL	5	10^5	%0,5
MAVİ	6	10^6	-
MOR	7	10^7	-
GRI	8	10^8	-
BEYAZ	9	10^9	%10
ALTIN	-	10^{-1}	%5
GÜMÜŞ	-	10^{-2}	%10

5 6 $\times 10^2$ %10
 $= 56 \times 100 = 5600 = 5,6 \text{ K}\Omega$

Şekil 3. Dirençlerin renk kodları ve hesaplanması

Alıştırma: Aşağıdaki tabloda renk bantları verilen dirençlerin değerlerini bulunuz.

Direnç	1. Bant	2. Bant	3. Bant	4. Bant	Direnç Değeri ve Birimi	Tolerans (%)
R ₁	Kahverengi	Siyah	Kahverengi	Gümüş		
R ₂	Sarı	Mor	Kahverengi	Altın		
R ₃	Kahverengi	Siyah	Kırmızı	Beyaz		
R ₄	Kırmızı	Kırmızı	Kahverengi	Gümüş		
R ₅	Turuncu	Kahverengi	Turuncu	Altın		
R ₆	Kahverengi	Siyah	Turuncu	Gümüş		
R ₇	Kırmızı	Mor	Siyah	Gümüş		
R ₈	Yeşil	Gri	Kahverengi	Gümüş		

DENEY-1

TEMEL OSİLASKOP KULLANIMI

3.1. DENEYİN AMACI :

Bu deneyde temel anlamda osilaskobun alternatif akım, doğru akım ve zaman-frekans ölçümleri için kullanımı gösterilecektir.

3.2. TEORİK BİLGİ

Osilaskop Nedir :

İngilizce ossillation ve scope kelimelerinin birleşmesinden oluşan osilaskop, sinyallerin değerlerini dalga formlarını da göstererek hesaplayabilmemizi sağlayan elektronik cihazdır. Biz laboratuvarımızda Protek marka iki kanallı dual traseli 20 MHz'lik osilaskop kullanmaktayız.

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

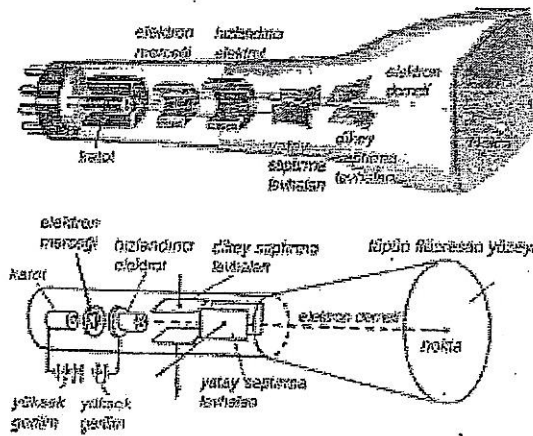
Bir osilaskop üç ana bölümden oluşur. Bunlar:

- a) Katot ışınlı tüp (ekran) bölümü,
- b) Dikey kontrol (genlik) bölümü,
- c) Yatay kontrol (zaman) bölümüdür.

Osilaskobun tanıtılması

Elektriksel değerleri (gerilim, frekans, akım, faz farkı) ışıklı çizgiler şeklinde gösteren aygıt osilaskop denir.

Osilaskobun yapısı



Bu aygıt katot ışınlı tüp (ekran, CRT), dikey sapıtma, yatay sapıtma ve hızlandırma devresinden oluşmuştur.

Osilaskobun çalışma ilkesi

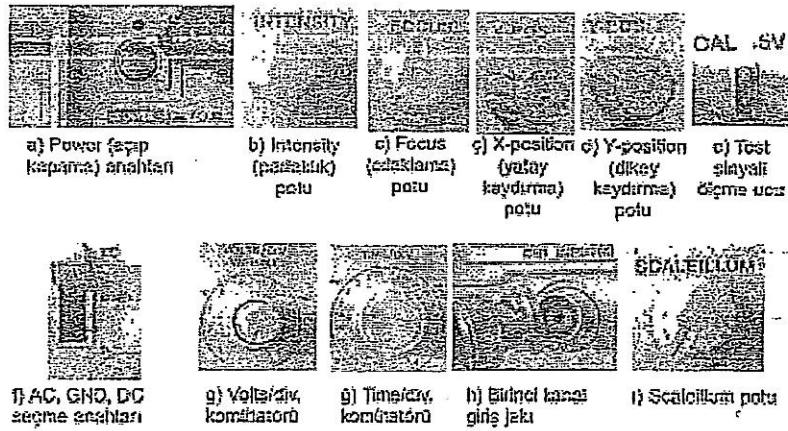
Katot ışınli tüpün arka bölümünde bulunan fl man ısıtıldığında elektron yaymaya başlar. Yayılan elektronlar, elektron merceği ve hızlandırıcı elektrottan geçtikten sonra saptırma levhalarının arasından ekrana ulaşır. İ  yüzeyi fosfor tabakasıyla kaplı olan ekranda elektron hüzmesi nokta (benek) şeklinde bir görüntü oluşturur. Osilâskobun giriş uçlarından uygulanan sinyalin şekline göre dikey ve yatay saptırma bobinlerinin gerilimleri elektron hüzmesini yönlendirir (saptırır).

Elektron hüzmesinin giriş gerilimiyle saptırılması sonucu ekranda istenilen görüntü oluşur. Örneğin girişe sinüsoidal şekilli bir sinyal uygulanırsa ekranda da sinüsoidal biçimli görüntü belirir.

Osilaskobun  nemi ve kullanım alanları

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

B. Osilâskobun  n panelindeki komütatör, pot ve anahtarların işlevleri



Power (on-off) anahtarı: Aygıtı çalıştırıp durdurmaya yarar.

Intensity: Ekranda oluşan görüntünün ( izginin) parlaklığını (şiddetini) ayarlar.

Focus: Ekranda oluşan ışıklı çizginin netliğini ayarlar.

X-position: Işıklı çizginin sağa sola kaydırılmasını sağlar.

Y-position: Işıklı çizginin yukarı aşağı kaydırılmasını sağlar.

AC: Alternatif akım sinyallerini  l er.

DC: Doğru akım sinyallerini  l er.

AC-GND-DC: Osilâskobun girişine uygulanan sinyalin cinsine göre üç kademeli komütatör ayarlanır.

Volts/div.: Ekrandaki ışının dikey düzlemde bir kare mesafe için kaç voltu belirteceğini ayarlamamızı sağlar. Örneğin sinüsoidal sinyal dikeyde 2 karelik bir alanı kaplasın. Volts/div komütatörü de 2 V kademesinde bulunsun. Buna göre ekranda oluşan sinyalin tepeden tepeye gerilim değeri 4 V olacaktır.

Time/div.: Ekrandaki ışının yatay düzlemde bir kare mesafe için kaç saniyeyi belirteceğini ayarlamamızı sağlar. Örneğin sinüsoidal sinyal yatayda 4 karelik bir alanı kaplasın. Time/div komütatörü de 2 milisaniye kademesinde bulunsun. Buna göre ekranda oluşan sinyalin periyot değeri 8 milisaniye olacaktır. 8 milisaniye, 0,008 saniye olduğuna göre ekrandaki sinyalin frekansı $f = 1/T = 1/0,008 = 125 \text{ Hz}$ dir.

CH1 ve CH2: Osilâskobun giriş uçlarıdır. Scaleillum (illum): Ekranın aydınlatılmasını sağlayan lâmbanın ışık şiddetini ayarlayan pottur.

Test sinyali noktası (cal.): Ön panelde cal .5 V ibaresinin bulunduğu yerdir. Çoğunlukla 1 kHz çıkışlı ve 0,5 volt gerilimli olur. Bu nokta kullanılarak osilaskobun doğru ölçüm yapmasını sağlamak için gerekli ayarlama işlemi yapılabilir.

Trace rotation: Ekrandaki ışığı yatay eksene paralel hâle getirir.

Variable, pull x mag: Volts/div'in hassasiyetini 5 kat büyütür. Bu düğme basılı ve 5 mV konumundayken, öne doğru çekildiğinde iki çizgi aralığı 1 mV olur.

Add: Kanal 1 ve kanal 2 sinyallerinin matematiksel olarak toplanmasını sağlar. (Eğer position düğmesi öne doğru çekilirse bu kez iki kanalın farkı görülür.)

Dual: CH1 ve CH2 düğmeleri basılı konumdaysa ekranda iki sinyalde izlenebilir.

Auto: Trigger (tetikleme) sinyali uygulanmadığında ya da sinyal frekansı 50 Hz nin altında olduğunda cihaz otomatik olarak tarama yapar.

Position pull x 10 mag: Ekranda taranan görüntünün yatay pozisyonunu ayarlar. Yani bu düğme öne çekildiğinde ekranda taranan dalganın uzunluğu 10 kat genişler.

Level: Ekrandaki ışıklı sinyalin durdurulmasını sağlar.

Uncall: Seçilen kısmın ayarı aşıldığında ikaz eder.

Ext. input: Dışardan tetikleme sinyalinin uygulanmasını sağlayan konnektördür.

Ext-trig.: Osilâskobun kendi tetiklemesini keser ve dışardan tetiklemeye hazırlar.

Norm: Sınırlamasız frekans tetiklemesi yapar.

X-Y: Ekrandaki şekli dikey bir çizgi hâline getirir.

LF: Ses frekansında tetiklemeyi sağlar.

Line: Şebeke frekanslı (50-60 Hz) gerilimlerde tetiklemeyi sağlar.

Trace rotation: Yatay ışık çizgisinin tam yatay hâle getirilmesinde kullanılır.

HF: Yüksek frekansta tetiklemeyi sağlamak için kullanılır.

Trigger selector: Tetikleme seçici

Time-base: Yatayda tarama hızını ayarlar. Bu komütatörün üzerinde bulunan pot yataydaki tarama hızının hassas ayarının yapılmasında kullanılır.

Invert I: Birinci düşey kanala uygulanmış sinyalin fazını 180° ters çevirir.

Dual: Çift ışıklı osilâskoplarda iki kanal girişini aynı anda gösterir.

Slope +/-: Işıklı sinyalin (+) ve (-) kısımlarını seçmek için kullanılır.

Fuse: Osilaskobu koruyan sigorta

Filter: Dalga şeklinin görüntüsünü düzeltir.

Input: Giriş

Test sinyalinin gerilim ile frekansının ölçülmesi ve kalibrasyon

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

1. Cihazın beslemesi topraklı prizden yapılmalıdır.
2. Toz ve nemin olmadığı bir ortamda kullanılmalı ve muhafaza edilmelidir.
3. Kullanılacak osilaskobun tüm özellikleri bilinmelidir.
4. AC-GND-DC komütatörü uygulanan sinyale göre ayarlanmalıdır.
5. Ekranda yatay çizgi yoksa, parlaklık düğmesi en yüksek değere getirilmelidir.
6. Volt/div. komütatörü en yüksek voltaj kademesine alınarak ölçüme başlanmalıdır.
7. Senkronizasyon anahtarı dahili (int.) konumuna getirilmelidir.
8. Işını düşey ve yatay kaydırmada kullanılan potlar orta değere getirilmelidir.
9. Focus (odaklama) potuyla çizgi netleştirilmelidir.
10. Osilaskop uzun süre kullanılmamışsa prob cal noktasına bağlanarak hassasiyet ayarı (calibration, kalibrasyon) yapılmalıdır.

Cal. (calibration) işleminin yapılışı

Time/div. komütatörü .2 mS (0,2 milisaniye), volt/div. komütatörü ise .1 V (0,1 volt), prob x1 konumuna alındıktan sonra cal. noktasından yapılan ölçümde ekranda oluşan görüntünün yatayda ve dikeyde 5 karelik bir yer kaplaması gerekir.

Osilaskop ile frekans ve gerilimin ölçülmesi

Osilaskop ekranında oluşan sinyalin frekans değerini bulmak için bir alternansın yatay düzlemde kapladığı alan (kare sayısı) belirlenir. Bulunan değer sinyalin periyodudur. Saniye cinsinden olan periyot bulunduğundan sonra $f = 1/T$ denklemi kullanılarak giriş verilen sinyalin frekansı belirlenir.

Şöyle ki;

Periyot (T) = (Time/div) x Sinyalin bir saykılının yatay düzlemde kapladığı kare sayısı [saniye]

$$\text{Frekans (f)} = 1/\text{periyot} = 1/T \text{ [Hz]}$$

Bu açıklamalardan yararlanarak cal. noktasından giriş uygulanan test sinyalinin frekansını belirleyelim.

Time/div.: 0,2 milisaniye

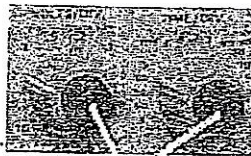
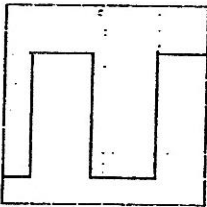
$$\text{Periyot (T)} = 0,2 \times 5 = 1 \text{ mSn} = 0,001 \text{ saniye}$$

$$f = 1/0,001 = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$$

Test sinyalinin gerilim değeri.

Volts/div.: 0,1 V

$$U = (\text{volts/div.}) \times \text{Sinyalin dikey eksende kapladığı kare sayısı} = 0,1 \times 5 = 0,5 \text{ V}$$



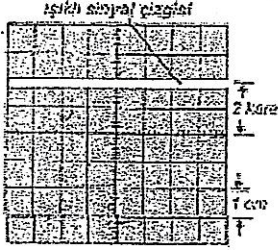
Kalibrasyon

Ölçme işlemlerinde kullanılacak osilaskobun kalibrasyon işlemi yapılırken cal. noktasından yapılan ölçüm 1 kHz ve 0,5 volt değerini göstermezse diğer ölçümlerin tümü hatalı olacaktır. O nedenle kalibrasyonda işleminde hatalı ölçüm görülürse volts/div. ve time/div. komütatörlerinin üst kısmında bulunan potansiyometreler çevrilerek ekranda 1 kHz ve 0,5 V değerinde bir görüntünün oluşması sağlanır.

Osilaskobun kalibrasyonunda Kalibrasyon ekranda oluşan potansiyometreleri görüntü

Osilaskop ile DC ve AC gerilimin ölçülmesi

1. DC gerilim ölçme

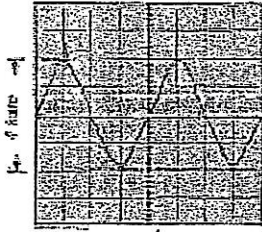


AC-GND-DC anahtarı DC konumuna alınır. Ölçümde kullanılan probun zayıflatma özelliği varsa bu işlemi yapan anahtar x1 konumuna getirilir. Volts/div. komütatörünün değeri değiştirilerek DC sinyalin ekranda görünmesi sağlanır. Sinyalin dikey ekseninde X noktasından yukarıya doğru kapladığı kare sayısı belirlenir. Kare sayısı volts/div. komütatörünün gösterdiği değer ile çarpılıp sonuç bulunur.

Örnek: DC sinyalin dikey ekseninde bulunduğu nokta X ekseninden 2 kare yukarıdadır. Volts/div. komütatörü ise x2 V konumundadır. Girişe uygulanan DC gerilimin değerini bulunuz.

Çözüm: $U = (\text{volts/div}) \times \text{kare sayısı} = 2 \times 2 = 4 \text{ V}$ Not: Eğer osilaskobun probunun zayıflatma komütatörü x10 konumunda duruyorsa bulunan değer 10 ile çarpılır. Yani bu durumda giriş gerilimi 40 V olur.

2. AC gerilim ölçmek



AC-GND-DC anahtarı AC konumuna alınır. Ölçümde kullanılan probun zayıflatma özelliği varsa bu işlemi yapan anahtar x1 konumuna getirilir. Volts/div. komütatörünün değeri değiştirilerek AC sinyalin ekranda görünmesi sağlanır. Sinyalin dikey ekseninde kapladığı kare sayısı belirlenir. Kare sayısı volts/div. komütatörünün gösterdiği değer ile çarpılıp 2'ye bölünerek gerilimin maksimum (tepe) değeri bulunur.

Örnek: AC sinyal dikey ekseninde 4 karelik bir alan kaplamıştır. Volts/div-komütatörü ise x5 volt konumundadır. Girişe uygulanan AC gerilimin maksimum, etkin ve ortalama değerini bulunuz.

Çözüm :

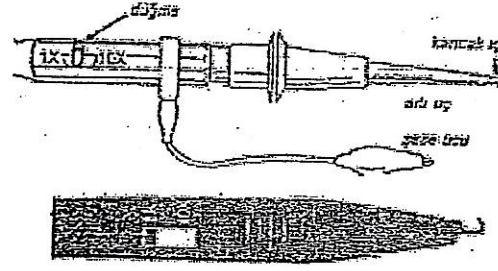
$$\text{Maksimum değer (U maks)} = [(\text{volt/div}) \times \text{kare sayısı}] / 2 = 5 \times 4 / 2 = 20 / 2 = 10 \text{ V}$$

$$\text{Etkin değer (U et)} = U \text{ maks} \cdot 0,707 = 10 \cdot 0,707 = 7,07 \text{ V}$$

$$\text{Ortalama değer (U ört)} = U \text{ maks} \cdot 0,636 = 10 \cdot 0,636 = 6,36 \text{ V}$$

Eğer osilaskobun probunun zayıflatma komütatörü x10 konumunda duruyorsa bulunan değerler 10 ile çarpılır.

Uygulamada en çok etkin değer kullanılır. Örneğin konutlardaki prizlerde yapılan ölçümde bulunan 220 voltluk gerilim değeri eve gelen enerjinin etkin değeridir. 220 V luk gerilimin maksimum değeri ise $U \text{ maks} = 220 / 0,707 = 310,2 \text{ V}$ tur.



Giriş sinyalini zayıflatma özelliği olan prob

Osilaskoplarla aşağıdaki ölçümleri yapabiliriz :

- Doğru akım ölçümleri
- Alternatif akım ölçümleri
- Frekans ve zaman ölçümleri
- İki sinyal arasındaki zaman farkı ölçümleri
- Sinyalleri yükselme ve değişme zamanları
- Karmaşık dalga formu senkronizasyonları
- İki kanallı dalga formlarını görme

Biz bu laboratuvarda bu ölçümlerden ilk üçünü yapacağız.

3.3. DENEY ALETLERİ :

Osilaskop, Osilaskop probu, fonksiyon üretici, fonksiyon üretici probu, avometre, güç kaynağı.

3.4. İŞLEM BASAMAKLARI :

- Parlaklık (INTENSITY) ve odak (FOCUS) düğmeleri ile odak ve parlaklık ayarlarını en iyi görüntüyü verecek şekilde ayarlayınız.
- Dalgaları, hatalı okumaları minimuma düşürmek için VOLTS/DIV düğmesini mümkün olduğu kadar büyük şekilde gösterecek konuma ayarlayınız.

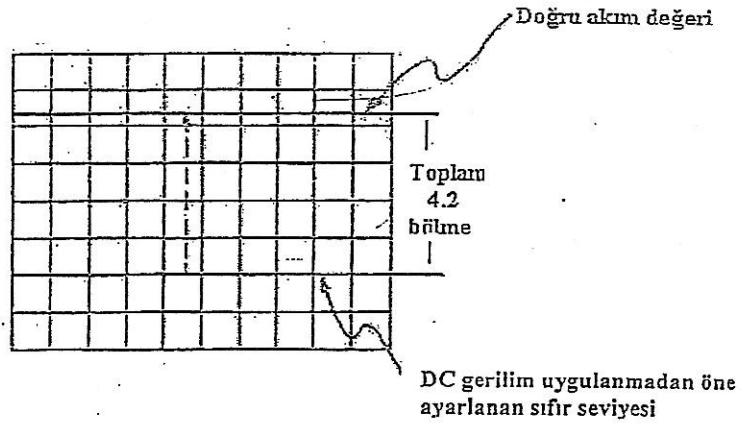
Doğru Akım Ölçümleri (şekil – 2) :

- AC – GND – DC düğmesini GND pozisyonuna getirerek 0 (sıfır) seviyesini ayarlayınız. Bu seviyenin ekranın merkezinde olmasına gerek yoktur. Hataları minimuma indirmek için dalgayı mümkün olduğu kadar büyük şekilde gösterecek konumda olmalıdır.
- Ölçmek istediğiniz sinyali AVO metre ile ölçün
- Ölçmek istediğiniz (dalga formu girmek istediğiniz) sinyali (güç kaynağından alınan) osilaskop problemlerine bağlayınız.

4. VOLTS / DIV düğmesini uygun şekilde ayarlayarak AC – GND – DC düğmesini DC pozisyonuna getiriniz. Düz çizgi şeklinde olan ekrandaki görüntü yer değiştirecektir.
5. Doğru akım değeri 0 (sıfır) pozisyonuna göre olan toplam bölme sayısının (Şekil – 1 yardımıyla) VOLTS / DIV düğmesinin ayarlı olduğu değerle çarpımına eşittir.
6. –Bu ölçümü üç farklı değer için tekrarlayınız
7. Bu yaptığınız ölçümleri Tablo-1'e kaydediniz

Sinyalin Değeri (güç kaynağındaki ayarlanan değer)	AVO metre ile ölçülen değer	VOLTS/DIV kademesi (A)	Bölme sayısı (B)	A x B

Tablo-1: Doğru akım ölçüm değerleri



Şekil-1: Doğru akım ölçümleri örnek sinyal

Not: Eğer prob 10 : 1 konumundaysa gerçek değeri, bulduğunuz değer 10 katıdır.

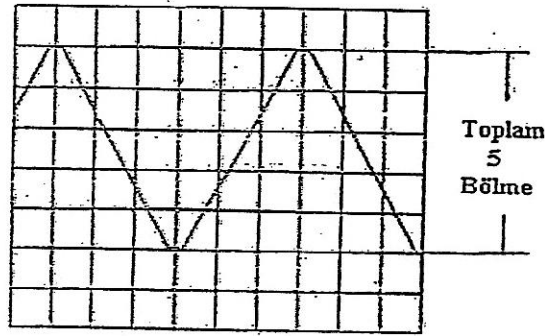
Alternatif Akım Ölçümleri

1. Doğru akım ölçümlerinde olduğu gibi sıfır seviyesini ayarlayınız ve daha sonra AC – GND – DC düğmesini AC pozisyonuna getiriniz.
2. Ölçmek istediğiniz (dalga formunu görmek istediğiniz) sinyali (güç kaynağından alınan) osilaskop problemlerine bağlayınız.
3. VOLTS / DIV düğmesini sinyali uygun biçimde görececek şekilde ayarlayınız.

4. Gördüğünüz sinyalin en alt ve en üst tepe değerlerinin arasındaki bölme sayısını (Şekil – 2 yardımıyla) daha önce ayarlamış olduğunuz VOLTS / DIV değeri ile çarpınız. Bu size tepeden tepeye (pick to pick) alternatif akım değerini verecektir.
5. Bu ölçümü üç farklı değer için tekrarlayınız.
6. Bu yaptığınız ölçümleri Tablo-2'ye kaydediniz

Sinyalin Değeri (güç kaynağındaki ayarlanan değer)	VOLTS/DIV kademesi (A)	Bölme sayısı (B)	A x B

Tablo-2: Alternatif akım ölçüm değerleri



Şekil-2: Alternatif akım ölçümleri örnek sinyal

Not: Eğer prob 10 : 1 konumundaysa gerçek değeri, bulduğunuz değer 10 katıdır.

Frekans ve Zaman Ölçümleri:

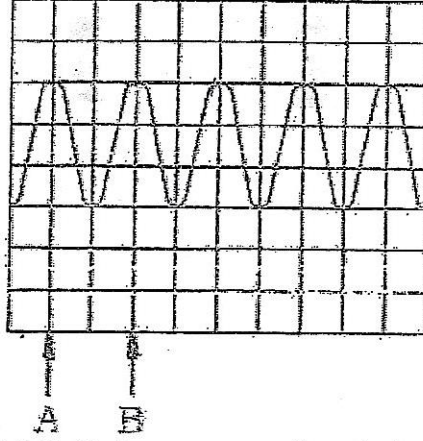
1. Fonksiyon üreticini sinüs dalga konumuna getiriniz.
2. Ölçmek istediğiniz sinyali osilaskop problemlerine bağlayınız.
3. Sinyalinizi verdikten sonra bu sinyali en iyi biçimde görmeniz için TIME / DIV düğmesini ayarlayınız.
4. Şekil – 3'ten de faydalanarak bir dönünün tamamlanması için gereken yatay eksen üzerindeki bölme sayısını sayınız (iki tepe ya da iki çukur arasındaki bölme sayısı).
5. Bu sayıyı TIME / DIV düğmesini ayarladığınız sayıyla çarpınız. Bu bize periyodu (T) verecektir.
6. Frekans değerini bulmak için: $F \times T = 1$ formülünden faydalanılarak $F = 1 / T$ bulunur. Bu formülden frekans değerini bulunuz.

7. Bu ölçümü üç farklı değer için tekrarlayınız.

8. Bu yaptığınız ölçümleri Tablo-3'e kaydediniz

Sinyalin Değeri (fonksiyon üreticiden okunan)	TIME/DIV kademesi (A)	Bölme sayısı (B)	Periyot (T) A x B	Frekans (F=1/T)

Tablo-3: Frekans-zaman ölçümleri



Şekil-3 :Frekans-zaman ölçümleri örnek sinyal

Not : Eğer x 10 MAG veya x 5 MAG kullanılmışsa bulduğunuz bu değerin 1 / 10'unu veya 1 / 5'ini hesaplamanız gerekir.

DENEY 1

DOĞRU AKIMDA DİRENÇLER VE KIRCHOFF YASALARI

1.1. DENEYİN AMACI:

Elektrik devrelerinde Kirchhoff yasalarının deneysel olarak ispatlanması.

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 edilebilir;

$$V=I.R$$

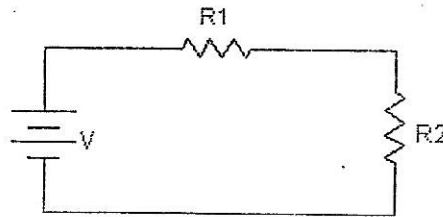
Yukarıdaki formülde R devre elemanının direnci olarak tanımlanır. Bu formül **Ohm Yasası** olarak bilinir. MKS birim sistemine göre direnç R'nin formülü *ohm* (Ω), gerilim V'nin birimi *volt* (V) ve akım I'nın birimi *amper* (A) olarak tanımlanır.

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

$$P = RI^2 = VI$$

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

Dirençler birbirleri ile seri ve paralel olmak üzere iki şekilde bağlanabilmektedir. R1 ve R2 dirençlerinin seri olarak bağlandığı devre Şekil-1'de gösterildiği gibidir.



Şekil-1: Dirençlerin seri bağlanması

Seri bağılı devrelerde uygulanan kurallar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Seri bağılı dirençler, eşdeğer bir direnç olarak yazılabilir. Eşdeğer direnç,

$$R = R1 + R2 + \dots$$

formülü ile bulunur.

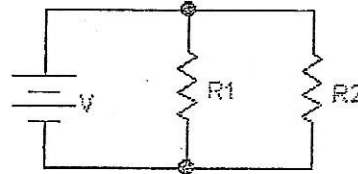
- Seri bağılı devrelerde her direnç üzerinden geçen akım eşittir.

$$I = I1 = I2 = \dots$$

- Seri bağılı devrelerde toplam gerilim her bir eleman üzerindeki gerilimlerin toplamına eşittir.

$$V = V1 + V2 + \dots$$

Aynı iki direncin paralel bağlandığı devre Şekil-2'de gösterilmiştir.



Şekil-2: Paralel bağılı iki direnç

Paralel bağılı devreler için kurallar aşağıdaki gibidir:

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

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots$$

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

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

$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

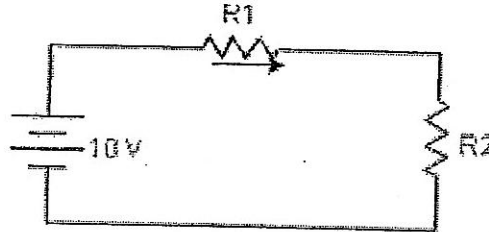
- Paralel bağı devrelerde her eleman üzerine düşen gerilim eşittir.

$$V = V_1 = V_2 = \dots$$

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. Genelde laboratuvarlarda her üçünü (akım, gerilim ve direnç) ölçen aletler kullanılır. Bu tip ölçü aletlerine AVO metre adı verilir.

Devre teorisinde, karışık devrelerin analizlerini yapabilmek için bir takım yasalara ihtiyacımız vardır. Bunlardan birisi Deney-1'de incelediğimiz Ohm Yasasıdır. Bu deneyde Ohm Yasasının biraz daha geliştirilmiş hali olan Kirchhoff yasalarını tartışacağız. Bunlar Kirchhoff Gerilimler Yasası ve Kirchhoff Akımlar Yasasıdır.

- Kirchoff Gerilimler Yasası (KGY):** Herhangi bir kapalı devrede gerilimlerin cebirsel toplamı sıfırdır. Şekil-1'de kurulu olan devreyi düşünersek,



Şekil-1: Kirchhoff Gerilimler Yasası

Yukarıdaki şekil için Kirchhoff Gerilimler Yasası aşağıdaki gibi yazılabilir.

- 7- Deneyden edindiğiniz sonuçları yorumlayınız, bunları yorumlar ve sonuçlar bölümüne yazınız.

Dirençler, Ω			Gerilimler, V		Akımlar, A	
Teorik		Pratik				
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: Akım, gerilim ve direnç değerleri

DENEY-3

DOĞRU AKIMDA THEVENİN EŞDEĞER DEVRE TEOREMİ

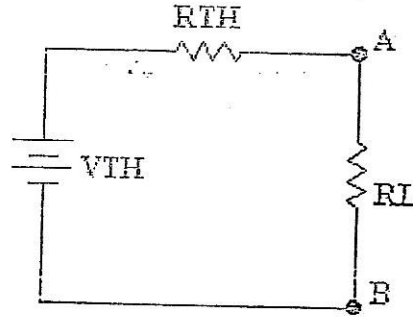
2.1. DENEYİN AMACI:

Thevenin Eşdeğer Devre Teoreminin öğrenilmesi ve karmaşık elektronik devrelerinin basitleştirilerek çözülmesi.

2.2. TEORİK BİLGİ:

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

Thevenin 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.



$$V_L = \{R_L / (R_{TH} + R_L)\} * V_{TH}$$

Şekil 1f : Thevenin eşdeğer devresi.

2.3. KULLANILAN ALETLER:

- Devre Kurma Bordu
- Ayarlı Güç kaynağı
- AVO Metre
- Değişik Değerlerde Dirençler
- Zil teli

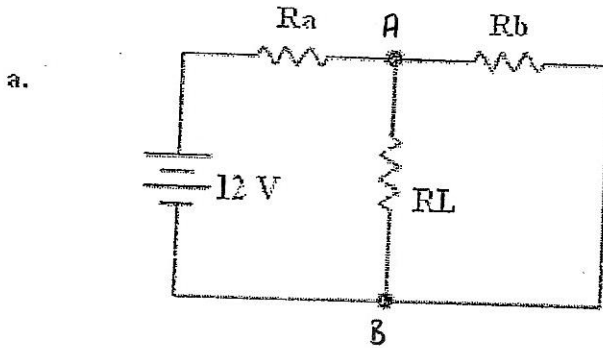
2.4. İŞLEM BASAMAKLARI:

1. Size verilen farklı direnç değerleri ile Şekil 1b' deki devreyi oluşturunuz. R_L 'yi devreden çıkarınız.
2. AB arasındaki gerilim değerini hesaplayınız.
3. Güç kaynağının bağlantılarını kaldırınız ve Şekil 1c' deki devreyi kurunuz.
4. AB uçları arasındaki Thevenin eşdeğer direnç değerini ölçünüz.
5. Güç kaynağını ve R_L yük direncini Şekil 1a' daki gibi yerine koyarak AB uçları arasındaki gerilimi ölçünüz.
6. Deneysel olarak bulduğunuz bu değerleri teorik olarak, verilen basamakları kullanarak hesaplayınız ve sonuçlarınızı karşılaştırınız.
7. Bulduğunuz bu sonuçlar teorik değerlerle aynı mıdır?
8. R_L değerinin artması, V_L değerini nasıl etkiler?
9. R_L değerinin artması, V_{R1} ve V_{R2} değerlerini nasıl etkiler?
10. Aynı işlemleri 2 farklı devre için daha tekrarlayınız

Basit bir Thevenin devre çözümü örneği aşağıdaki *Şekil 1* devresinde verilmektedir. Bu devrede R_L yük direnci üzerine düşen gerilimi hesaplayacağız. Kaynak gerilimi, gerilim bölücü devre ile ikiye bölünmüştür. Thevenin eşdeğer devresinin bulunması için aşağıdaki adımlar izlenir.

- 1) *Şekil 1b*. R_L yük direncini kaldırılır ve R_2 direnci üzerine düşen gerilim hesaplanır. Bulunan bu gerilim değeri Thevenin Eşdeğer Gerilimi (V_{TH}) 'dir.
- 2) *Şekil 1c*. Gerilim kaynağı kaldırılır ve kaynağın bulunduğu yer kısa devre yapılır. Devrenin AB uçları arasındaki eşdeğer direnç değeri hesaplanır. (Bu yapılırken R_1 ve R_2 dirençlerinin birbirlerine paralel olduklarına dikkat edilir.) Bu değere de Thevenin Direnci, R_{TH} , denir.
- 3) V_{TH} ve R_{TH} değerleri hesaplandı. Şimdi devre V_{TH} ve R_{TH} 'ye göre *Şekil 1e* 'deki gibi tekrar düzenlenir. Bu devre Thevenin Eşdeğer Devresidir.
- 4) R_L yük direnci (*Şekil 1f*deki gibi) yerine konur ve iki direnç üzerine düşen gerilimler hesaplanır. 6V' luk kaynak gerilimi, gerilim bölücüler tarafından iki eşit gerilim değerine bölünmüştür. Devredeki akımda Ohm kanunundan faydalanarak kolaylıkla hesaplanabilir. 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.

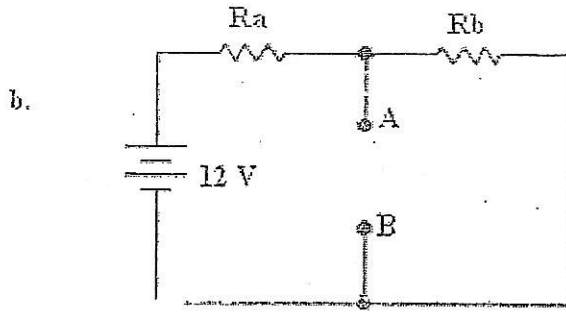
ŞEKİL 1



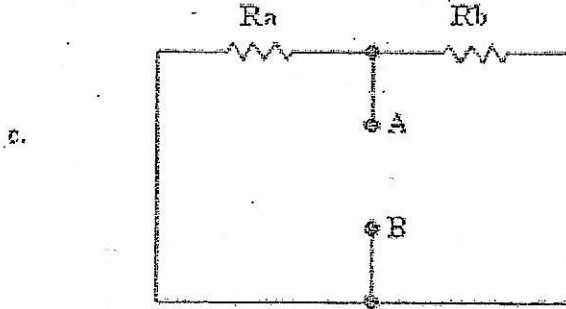
$$R_a =$$

$$R_b =$$

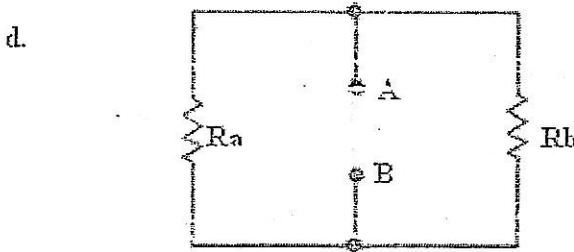
$$R_L =$$



$$V_{TH} = V \cdot R_b / (R_a + R_b)$$

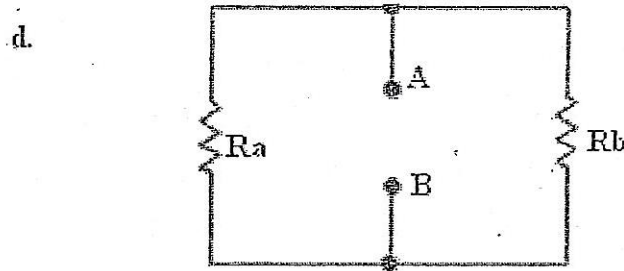


Kaynak kısa devre yapılır.



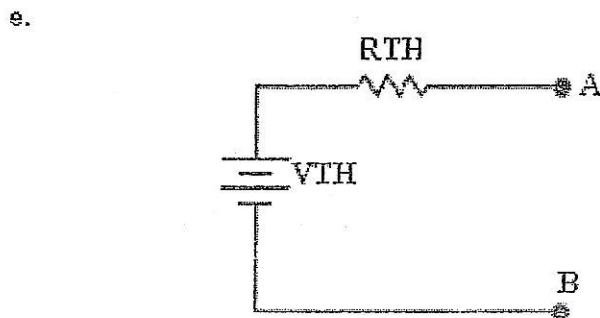
$$1/R_{TH} = 1/R_a + 1/R_b$$

Şekil 1c'nin tekrar çizilmiş hali



$$1 / R_{TH} = 1 / R_a + 1 / R_b$$

Şekil 1c'nin tekrar çizilmiş hali



Thevenin eşdeğer devresi

Şekil 1a,b,c,d,e : Thevenin teoremi işlem adımları.

4. DENEY FÖYÜ

Wheatstone Köprüsü Yöntemi ile Direnç Ölçümü

Amaçlar

1-Wheatstone Köprüsünün çalışma prensibini elektriğin temel kuralları çerçevesinde incelemek.

2-Termistörün ve bilinmeyen bir direncin, direnç değerinin ölçülmesi. Termistörün direncinin sıcaklık ile değişimin incelenmesi.

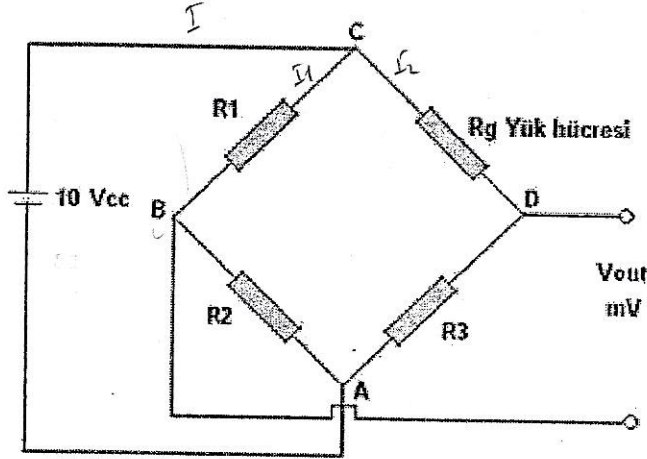
Giriş

Direnç ölçümünde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında ampermetre-voltmetre yöntemi en yaygın olanıdır. Bu metotla yapılan ölçümlerin hassasiyeti için ampermetre ve voltmetrenin uygun ölçme aralıkları olması ve en az birinin iç direncinin bilinmesi gerekir. Bu deneyde kullanılan Wheatstone köprüsü yönteminin karşılaştırma ve sıfırlama metotları nedeniyle ampermetre-voltmetre yöntemini göre açık bir üstünlüğü vardır. Karşılaştırma metodunda , bilinen direnç ile bilinmeyen direnç karşılaştırıldığından, bilinen direncin uygun mertebede seçilmesi ile köprü devresi tüm bilinmeyen dirençler için kullanılabilir.

Wheatstone köprüsü direnç ölçmek için çok kullanışlı bir düzendir, wheatstone köprüsü yöntemi ile direnç ölçümü elde edilen sonuçların çok daha hassas olmasını sağlar. Böylelikle bir direncin, sıcaklıkla direncinin değişimini veya bir telin uzamasından veya kışalmasından dolayı direncinin değişiminin hassas olarak ölçülmesini sağlar. Bu özellikten faydalanılarak kuvvet ölçümleri yapılabilir ("Strain Gauge") Aşağıda Wheatstone köprüsünün elektronik şeması görülmektedir. V_{out} ile gösterilen uçlar arasındaki potansiyel farkını veren ifade şeklin yanında gösterilmektedir. Bu potansiyel farkının ölçülmesi ile veya bu uçlar arasındaki akımın ölçülmesi yardımı ile. Bilinmeyen bir direncin değeri bilinen dirençler yardımı ile bulunabilir. Bu amaç için;

R_2 yerine değişken direnç yani bir reosta veya potansiyometre bağlanır

R_g yerine ise direnç değeri ölçülecek eleman konur (direnç, termistör veya tel bağlanır). R_1 ve R_3 dirençleri diğer direnç değerlerine göre uygun seçilir.



$$V_{out} = V_{cc} \left[\frac{R_3}{R_3 + R_g} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right]$$

V_{out} değeri hassas olarak llrek (voltmetrenin uygun skalasında), sıfır oluncaya kadar değişken dirençin değeri değiştirilir (sıfırlama metodu). Yukarıda verilen matematiksel ifade de V_{out} sıfıra eşitlenir ve bilinmeyen dirençin değeri değişken direncin değeri belirlenerek hesaplanır.

Termistör sıcaklıkla direnç değeri düşen (NTC) elektrik devrelerinde sıcaklık kontrolü yapılmasında kullanılan bir elemandır. Direnç değeri yükselen tipi de vardır (PTC). R_g yerine direnç değeri ölçülecek termistör bağlanır aynı şekilde termistörün oda sıcaklığındaki direnç değeri ölçülür. Termistörün sıcaklığı değiştirilerek V_{out} değerindeki değişimler incelenir.

Bilinmeyen direncin ve termistörün bilinen değerleri ile bu deney sistemi ile ölçülen değerleri arasındaki yüzde hatalar hesaplanır.

DENEY-5

ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNDE DİRENÇLER

4.1. DENEYİN AMACI:

Dirençlerle oluşturulmuş AC devrelerinde Ohm yasasının (Akım-Gerilim-Direnç arsında ilişkiler) incelenmesi

4.2. TEORİK BİLGİ:

Alternatif akım

Doğru akım (DC), içinde yalnızca tek yönlü (+ yada -) akım içerir. Alternatif akımda (AC) ise akımın tek yönlü akım yerinde hem yönü (+ ve -) hemde şiddeti değişir. Genelde bu değişim sinüsel olarak olur (testere dişi, rampa ve kare dalga formları da olabilir).

$$v = V_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

Evlerde kullanılan sinyal standart olarak $f=50\text{Hz}$ lik sinyale sahiptir. Açısal frekans ω , çizgisel frekans f cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\omega = 2\pi f \quad (2)$$

(1) nolu denklemde, V_0 gerilimin maksimum genliğini (peak) göstermektedir. AC devrelerinde akım ve gerilim rms değer olarak gösterilebilir. Sinüsel akımlar için, rms değeri, maksimum değerinin (tepe değerinin) 0.707 ile çarpılmış haline eşittir ($V_{rms} = 0.707V_0$).

AC devrelerinde Ohm yasası ve dirençler

Ohm yasasına ($v= Ri$) göre direnç üzerindeki gerilim üzerinden geçeb geçen akımla doğru orantılıdır. Bu durumda, direnç üzerinden geçen akım aşağıdaki gibi yazılabilir

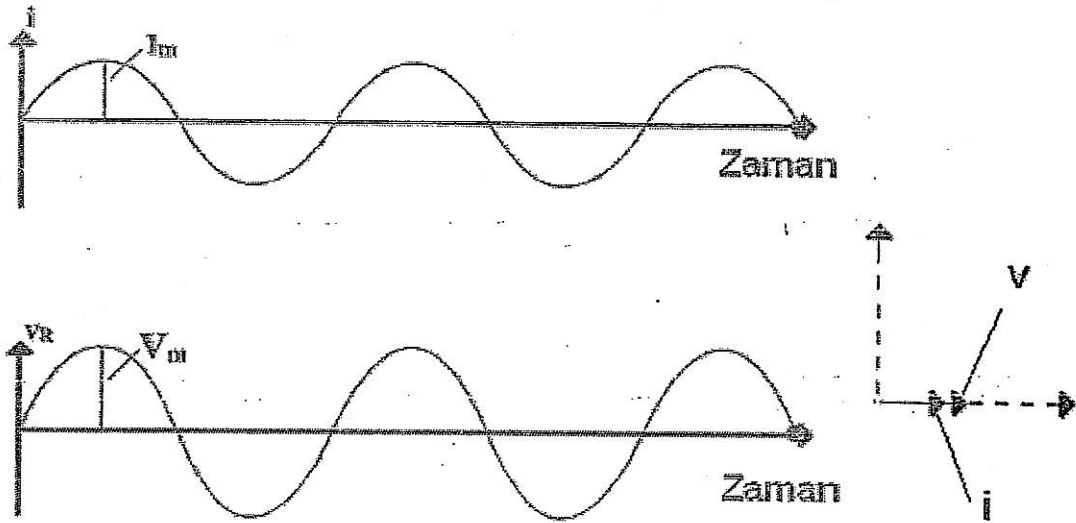
$$i = \frac{V_0 \sin(\omega t)}{R} \quad (3)$$

$$i = I_0 \sin(\omega t) \quad (4)$$

I_0 'ın değeri ise aşağıda verilmektedir

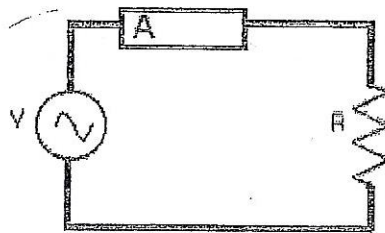
$$I_0 = \frac{V_0}{R} \quad (5)$$

Görüldüğü akımın maksimum değeri, gerilimin maksimum değerinin direnç değerine oranı ile bulunur. Ayrıca akım ile gerilim arasında herhangi bir faz farkı olmadığı da görülmektedir $\phi = 0$. Bu durum aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

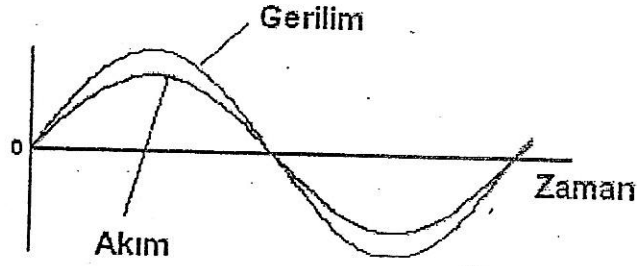


Şekil 1. Akım-Gerilim değişimi

Aşağıdaki devre kurulduğunda akım ve gerilimin zamana göre değişimi



Şekil 2. Tek dirençle oluşturulmuş AC devresi

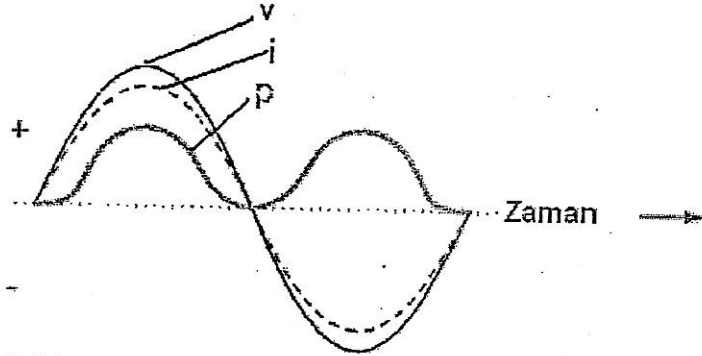


Şekil 3. Akım-Gerilim faz değişimi

Şekil 4'te gösterildiği gibi, alternatif akım devrelerinde anlık (ani) gücün değeri aşağıdaki formülle bulunabilir

$$p = I_0 V_0 \sin^2(\omega t)$$

(6)



Şekil 4. Akım, gerilim ve ani gücün birlikte gösterimi

4.3. DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER:

- Devre Kurma Düzenegi
- Fonksiyon Üretici
- Osilaskop
- Değişik değerlerde dirençler

4.4. İŞLEM BAŞAMAKLARI

1. Dirençlerin değerlerini üzerlerindeki renkler yardımıyla okuyunuz
2. Avometrenizin direnç ölçme modunu kullanarak, her bir direnci ölçünüz. Tablo 1'e kaydediniz.
3. Şekil 2'deki devreyi R5 direncini kullanarak ölçünüz. Asistana gösteriniz.
4. Fonksiyon üreticinizi açınız. Fonksiyon üreticinizi 100 Hz'e ayarlayınız. ve çıkışları arasındaki gerilimi osilaskop yardımıyla ölçünüz.
5. Direnç üzerinden geçen akımı i AVO metre yardımıyla ölçünüz. (AVO metre akımın RMS değerini ölçer)

Direnci 2kΩ al

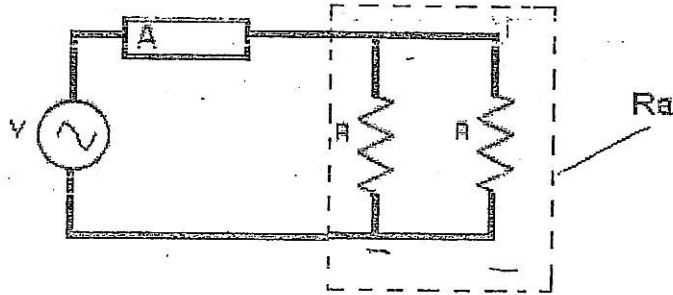
6. 3-5. basamakları 200 ve 300 Hz için tekrarlayınız. Tablo 1'e kaydediniz.

	Akım (Ölçülen)	Direnci <i>R_{eq}</i>	Gerilim (V _{p-p})	Akım (hesaplanan)
f1		400		
f2		200		
f3		300		

Tablo 1

7. $I = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{V_p}{(R+50)}$ formülünü kullanarak akımı hesaplayınız. (formüldeki 50 ohmluk terim, fonksiyon üreticinin iç direncidir). Ölçülenle arasında fark var mı?

8. Fonksiyon üreticini 100 Hz'e ayarlayınız. Devre kurma düzeneğinde bulunan R1 direnci ile R5 direncini ile paralel bağlayarak (sanki tek bir R_a direnci elde ediyormuş gibi), aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil 5. Paralel bağlı iki direnç

9. Devre akımını ölçünüz.

10. Aynı işlemleri (8 ve 9. basamaklar) R2, R3 ve R4 ile tekrarlayınız ve bulduğunuz sonuçları Tablo 2'ye kaydediniz.

	Değeri (teorik)	Değeri (pratik)	Akım (Ölçülen)	Gerilim (V _{p-p})	Akım (hesaplanan)
R _a	1000				
R _b	1000				
R _c	3000				
R _d	6700				

Tablo 2

11. Sonuçları teorik bilgiyi kullanarak yorumlayınız. Hata varsa nereden gelmektedir.

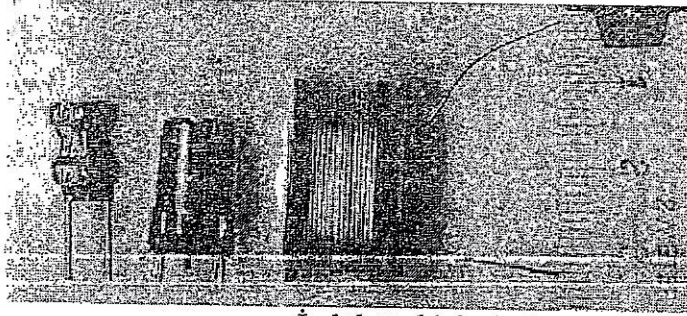
DENEY 6: İNDÜKTÖR ve KAPASİTÖRLERİN AC DEVRELERDE DAVRANIŞ BİÇİMLERİ

5.1 DENEYİN AMACI: İndüktörlerin alternatif akım devrelerindeki davranışlarının görülmesi.

5.2 TEORİK BİLGİ

İNDÜKTÖRLER

İndüktör, elektrik devrelerinde indüktans özelliğinden faydalanmak için kullanılan pasif bir elektriksel ayardır. İndüktörler çok farklı biçimlerde olabilirler.



İndüktör biçimleri

Genelbakış

İndüktans, akım taşıyan bir iletken etrafında oluşan manyetik alanın sebep olduğu bir etkidir. İletken üzerindeki elektrik akımı, bu akıma orantılı bir manyetik akı oluşturur. Akımdaki bu değişiklik manyetik akıda da değişim yaratır ve akabinde akıma zıt rol oynayan bir **elektromotor kuvvet** (emk) üretir. İndüktans, akımdaki birim değişim için üretilen emk'nın ölçüsüdür. Örnek olarak, 1 henry indüktansa sahip bir indüktör, üzerinden geçen akım saniyede bir amper oranında değiştiği zaman 1 volt emk üretir. İletkenin indüktansı, iletken sarılarak yükseltilir ve bu şekilde manyetik akı bütün sarımları kaplar. Ek olarak, sarımları kaplayan manyetik akı, iletkeni yüksek geçirgenlikli bir maddeye sararak artırılabilir.

Depolanan Enerji

İndüktörde depolanan enerji (SI sisteminde joule biriminden), iletken üzerinden akan akımı ve buna bağlı olarak manyetik alanı kurabilmek için gerekli iş miktarına eşittir. Ş eşitlikle verilir:

$$E_{\text{stored}} = \frac{1}{2}LI^2$$

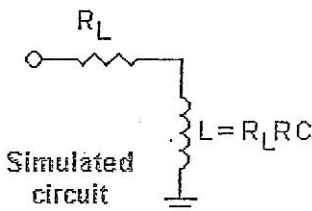
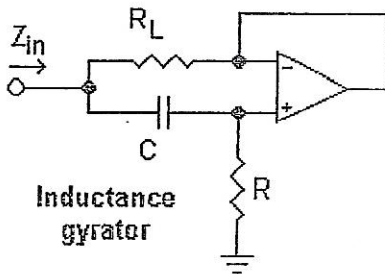
Burada L indüktansı, I iletken üzerinden geçen akımı gösterir.

Hidrolik model

Elektrik akımı sıvı akışı şeklinde, daha çok borulardan geçen suya benzer şekilde modellenilebildiği gibi, İndüktör de sıvı akışı tarafından yönlendirilen bir türbindeki çark etkisi (flywheel effect) gibi modellenilebilir. Sezgisel olarak ve matematiksel olarak gösterilebildiği için bu model elektriksel bir indüktörü aynen temsil eder; akım gerilimin integralidir, akışın aniden kesilmesi durumunda indüktör engel vb. üzerinde çok yüksek bir basınç üretir. Transformatörlerdeki gibi manyetik etkileşimler her nasılsa modellenmemişlerdir.

İndüktörün yapısı

Bir indüktör, tipik olarak bir bakır telin hava veya ferromanyetik bir çekirdek etrafına sarılması ile elde edilen iletken bir bobin olarak inşa edilir. Çekirdek için kullanılan havadan daha yüksek geçirgenlikli maddeler, manyetik alanı iletkenine yakın olacak şekilde sınırlarlar ve bu yüzden indüktansı yükseltirler. İndüktörler çok farklı şekillerde üretilirler. Çoğu demir bobin etrafına sarılmış emaye kaplı kablolarla kablolar dışarıdan görünecek şekilde inşa edilirler, kablolar demir içinde sarılmış şekilde ise bunlara "örtülü bobin" adı verilir. Bazı indüktörler indüktansın değişmesine olanak sağlayan ayarlanabilir çekirdeğe sahiptirler. Küçük ölçekli indüktörler, baskı devre kartları üzerinde spiral biçimli bir iz bırakacak şekilde asitle işlenirler. Küçük değerli indüktörler ayrıca, transistör yapımındaki işlemin aynısı kullanılarak entegre devrelerinde hazırlanırlar. Bu durumlarda iletken madde olarak genellikle alüminyum bağlantı kullanılır. Her nasılsa, pratikteki kısıtlamalar nedeniyle daha yaygın olarak gyrator diye adlandırılan kapasitör ve aktif elemanlar kullanılarak indüktör gibi davranan devreler kullanılır. Yüksek frekansları engellemek için kullanılan indüktörler, bazen demir silindir veya bilye içinden geçen bir kablo şeklinde de yapılırlar.



Elektrik devrelerinde

Kapasitör etkisi gerilimde değişim yaparken, indüktör etkisi akımda değişime neden olur. İdeal bir indüktör doğru akıma direnç göstermemelidir, her nasılsa, bütün gerçek dünya indüktörleri sıfırdan farklı bir elektriksel dirence sahiptirler.

Genel olarak bir L indüktanslı indüktör üzerinde oluşan zamana bağlı bir gerilim ve içinden geçen zamana bağlı bir akım şu diferansiyel eşitlikle tanımlanır:

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

İndüktör üzerinde sinüsoidal bir alternatif akım (AC) varken, sinüsoidal bir gerilim meydana gelir. Gerilimin genliği akımın genliğine orantılıdır.

$$i(t) = I_P \sin(2\pi ft)$$

$$\frac{di(t)}{dt} = 2\pi f I_P \cos(2\pi ft)$$

$$v(t) = 2\pi f L I_P \cos(2\pi ft)$$

Açık olarak, akım fazı gerilimden 90 derece geride kalır.

Fazör devre analizi ve empedans

Fazörleri kullanarak, ohm biriminden bir indüktörün empedansı şu şekilde verilir:

$$Z_L = V_L / I_L = j\omega L = jX_L$$

Burada

$$X_L = \omega L \quad \text{endüktif reaktans,}$$

$$\omega = 2\pi f \quad \text{açısal frekans,}$$

L endüktans,

f frekans, ve

j imajiner kısım.

Q Faktörü

Sarmaldan geçen akım miktarı ne olursa olsun bir ideal indüktör kayıpsız olacaktır. Her nasılsa, gerçek indüktörler bobini oluşturan metal koblardan gelen bir sarmal dirence sahiptirler. Sarmal direnç indüktöre seri bağlı devrelerde ortaya çıkan bir direnç olduğu için sıklıkla *seri direnç* olarak adlandırılır. Indüktörün seri direnci bobinden geçen elektrik akımını ısıya çevirir ve bu endüktif kalitenin düşmesine sebep olur. Bu noktada kalite faktörü terimi doğar. Indüktörün *kalite faktörü* (Q), verilen bir frekansta indüktörün endüktansının direncine oranıdır ve verimliliğinin ölçüsüdür. Indüktörün Q faktörü ne kadar yüksek olursa ideal, kayıpsız bir indüktör davranışına o kadar yaklaşır.

Bir indüktörün Q faktörü aşağıdaki formülle bulunabilir, burada R bobinin iç elektriksel direncidir:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Ferromanyetik çekirdek etrafına sarılan indüktörlerin çok yüksek akımlarda doyuma ulaşması, endüktansta (ve Q 'da) çarpıcı bir değişikliğe yol açar. Bu fenomen, hava çekirdekli indüktör (fiziksel olarak daha büyük) kullanılarak bertaraf edilebilir. İyi tasarlanmış bir hava çekirdekli indüktör bir kaç yüzlük Q değerlerine sahip olabilir.

İdeale yakın bir indüktör (Q sonsuza yaklaşır), süperiletken alaşımlardan yapılmış bir bobinin sıvı helyum veya sıvı nitrojene batırılmasıyla yaratılabilir. Kablo üzerindeki bu mükemmel soğutucu etki sargı direncinin kaybolmasına yol açar. Süperiletken indüktör fiilen kayıpsız olduğu için etrafını saran manyetik alanda

- Birim üzerindeki basınç akımın toplamıyla doğru orantılıdır.
- Bir durgun-hal akımı içinden geçemez fakat bir atım(pulse) veya alternatif akım yayılabilir.
- Paralel bağlı birimlerin kapasitansı bireysel kapasitanslarının toplamına eşittir; vb...

Ac Kaynaklı Devrelerde Davranış Biçimleri .

Kapasitör devreleri AC voltajdan veya devre kaynağından dolayı periodik olarak yön değiştirirler. Şöyle ki , AC devrelerde akım yön değiştirerek levhaları şarj eder. Bu durumun istisnası olarak, akım yön değiştirirken, kapasitör akımı devir esnasında hep sıfırdan farklıdır. Bu sebepten dolayı yaygın olarak kapasitörler AC akım dolaştırır. Fakat dielektriklerin bozulma yada arıza, yanma veya patlamadan dolayı çok fazla çatlak olması durumunun haricinde elektronlar hiçbir zaman gerçekte levhalar arasında geçiş yapmazlar.

Bundan dolayı yükün kapasitörden geçişi yukarıda gösterildiği gibi akımın integralidir. Alternatif akım devrelerde sinüs dalga sinyalleri gibidir, bunun sonucunda akımla gerilim arasında 90 derecelik bir faz açısı farkı oluşur.

Empedans

Faz geriliminin faz akımına oranı kapasitörün empedansını verir ve aşağıdaki bağıntıyla ifade edilir:

$$Z_C = \frac{-j}{2\pi fC} = -jX_C$$

burada:

$$X_C = -\frac{1}{\omega C} \text{ kapasitif reaktans}$$

$$\omega = 2\pi f \text{ açısal frekans}$$

f = verilen frekans,

C = farad cinsinden kapasitans, ve

$$j = \sqrt{-1} \text{ ve sanal kısım}$$

Bu eşitlik (kapasitörle ilgili gerilim ve akım arasındaki frekans alanı) her zaman doğrudur, voltaj aralığı ve akım genliğinin birbirine oranı sadece sabit durumdaki sinüzoidal (AC) devrelerde X_C 'ye eşittir.

KAPASİTÖRLER

Üzerlerinde eşit fakat zıt elektrik yükünün yer aldığı bir çift iletkenin arasındaki elektrik alanın ürettiği enerjiyi depolayan aığta *kapasitör* denir. Kapsitör bazen eski bir terim olan *kondansatör* olarak da kullanılır.

Sığa (Capacitance)

Kapasitörün sığası(C), uygulanan ve plakalar arasında görülen bir potansiyel fark veya gerilim (V) bağı olarak her bir plaka üzerinde depolanan yük(Q) miktarının ölçüsüdür:

$$C = \frac{Q}{V}$$

SI birim sistemine göre bir kapasitör, bir coulomb'luk yük plakalar arasında bir volt'luk bir potansiyel fark oluşturduğunda, bir farad'lık bir sığa içerir. Farad çok büyük bir birim olduğu için, kapasitör değerleri genellikle mikrofard (μF), nanofard (nF) veya pikofard (pF) cinsinden ifade edilir.

Sığa iletken plakanın yüzey alanı ile doğru, plakalar arası mesafe ile ters orantılıdır. Aynı zamanda plakaları ayıran dielektrik maddenin geçirgenliği(permittivity) ile de doğru orantılıdır.

Paralel-plakalı kapasitörün sığası şöyle ifade edilir:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} ; A \gg d^2$$

ϵ dielektriğin geçirgenliği, A plaka alanı ve d aralarındaki boşluk.

Depolanan enerji

Yük dağılımına bağı olarak kapasitör plakaları üzerinde yükler birikirken, yüklerin elektrik alanı yüzünden kapasitör üzerinde bir gerilim gelişir. Daha fazla yük ayrışırken sonsuz artan bu elektrik alan karşısında sonsuz artan iş yapılmalıdır. Kapsitörde depolanan enerji(SI'da **joules** cinsinden) kapasitör üzerindeki gerilimi kurabilmek için gerekli iş miktarına ve bu yüzden elektrik alana eşittir. Depolanan enerji şöyle verilir:

$$E_{\text{STORED}} = \frac{1}{2} CV^2$$

V kapasitör üzerindeki gerilimdir.

Hidrolik model

Elektriksel devreler sıvı akışkanlarla modellenebildiği gibi, bir kapasitör de birisi

Kapasitör/indüktör çifti

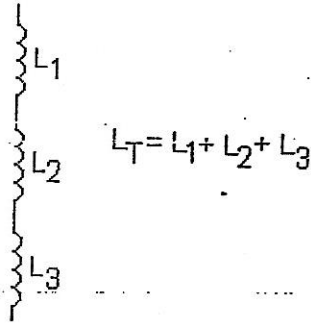
Matematiksel terimlerde ideal kapasitör ideal indüktörün tersi olarak göz önüne alınabilir, çünkü iki aygıtın voltaj-akım eşitliği voltaj ve akım terimlerini karşılıklı değiştirerek birbirlerine dönüştürülebilir. Nitekim iki veya daha fazla iletken madde transformatör yapmak için manyetik olarak birleştirebilir ve iki veya daha fazla yüklü iletken madde kapasitör yapmak için elektrostatik olarak birleştirilebilir.

İndüktörlerin Bağlanması:

Seri devreler bazen çağlayan-çifti veya papatyazinciri-çifti olarak adlandırılırlar. Serilerdeki bütün bileşenlerden aynı akım geçmelidir. Devrede herhangi bir yere konulan ampermetre aynı akımı göstermelidir.

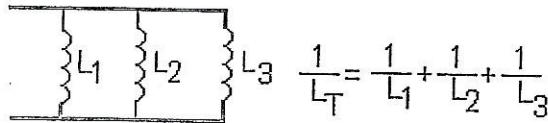
Seri Bağlama

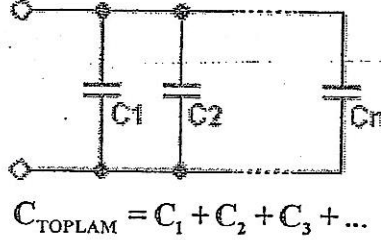
Seri bağlı durumdaki tekli indüktörlerin toplam indüktansı her birinin indüktansları toplamına eşittir;



Paralel Bağlama

İndüktörler aynı kanunla çalışırlar. Paralel durumdaki tekli indüktörlerin toplam indüktansı karşılıklı indüktörlerin her birinin indüktanslarının terslerinin toplamına eşittir.



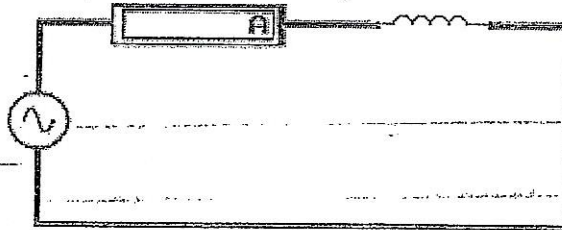


5.3 DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

- Devre Kurma Düzenegi
- Fonksiyon Üreteci
- Osilaskop
- AVO Metre
- Değişik değerlerde inductor ve kapasitörler

5.4 İŞLEM BAŞAMAKLARI

1. İndüktörlerin değerlerini üzerlerindeki renkler yardımıyla okuyunuz (Okunması: Dirençlerdeki gibi okunur, fakat mikro olarak söylenir örneğin Kahve-Siyah-Kırmızı= 1000 mikrohenry) .
2. Avometrenizin direnç ölçme modunu kullanarak, her bir indüktörün direncini (ohmic direnç) ölçünüz. Tablo 1'e kaydediniz.
3. Aşağıda verilen devreyi L1 indüktörünü kullanarak kurunuz. Asistana gösteriniz.



4. Fonksiyon üretecinizi açınız. Fonksiyon üretecinizi osilaskop yardımıyla 5 V_{pp}-100 Hz'e ayarlayınız. Çıkışları arasındaki gerilimi osilaskop yardımıyla ölçünüz.
5. İndüktör üzerinden geçen akımı ve üzerine düşen gerilimi AVO metre yardımıyla ölçünüz. (AVO metre akımın RMS değerini ölçer)
6. 3-5. başamakları diğer dört indüktör içinde tekrarlayınız. Tablo 1'e kaydediniz.

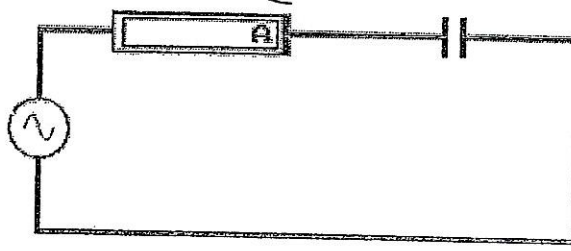
	Değeri (Henry)	Akım (Ölçülen)	Empedans ($X_L = 2\pi fL$)	Gerilim (V_{p-p})	Akım (hesaplanan)
L1					
L2					
L3					

7. $I = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{V_p}{(X_L + 50)}$ formülünü kullanarak akımı hesaplayınız. (formüldeki 50 ohmluk terim, fonksiyon üreticinin iç direncidir). Ölçülenle arasında fark varmı?

8. Sonuçları yorumlayınız. Hata varsa nereden gelmektedir.

9. Kapasitörlerin değerlerini üzerlerinden okuyunuz. Tablo 1'e kaydediniz.

10. Aşağıda verilen devreyi C1 kapasitörünü kullanarak kurunuz. Asistana gösteriniz.



11. Fonksiyon üreticinizi açınız. Fonksiyon üreticinizi osilaskop yardımıyla 5 Vpp-100 Hz'e ayarlayınız. Ve çıkışını osilaskop yardımıyla ölçünüz

12. Kapasitör üzerinden geçen akımı ve üzerine düşen gerilimi AVO metre yardımıyla ölçünüz. (AVO metre akımın RMS değerini ölçer)

13. 3-5. başamakları diğer dört indüktör içinde tekrarlayınız. Tablo 2'ye kaydediniz.

	Değeri (Farad)	Akım (Ölçülen)	Empedans ($X_C = 1/(2\pi fC)$)	Gerilim (V _{p-p})	Akım (hesaplanan)
C1					
C2					
C3					
C4					
C5					

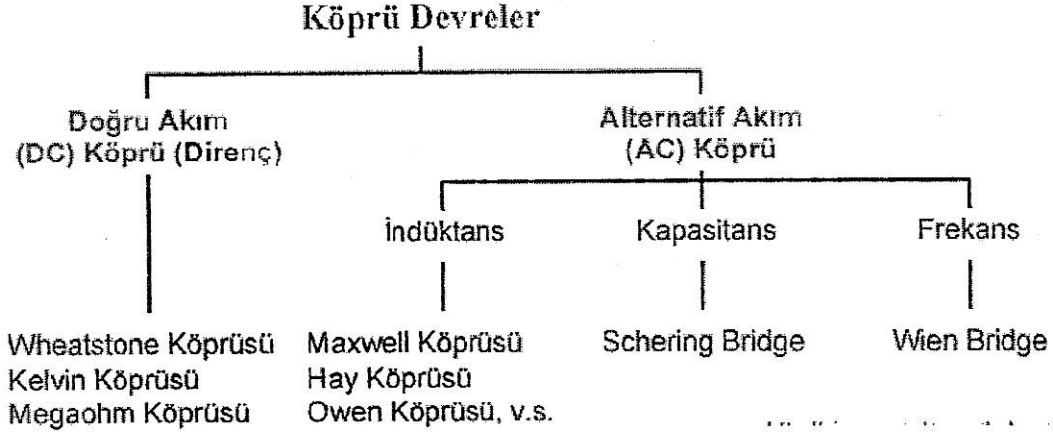
Tablo 2

14. $I = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{V_p}{(X_C + 50)}$ formülünü kullanarak akımı hesaplayınız. (formüldeki 50 ohmluk terim, fonksiyon üreticinin iç direncidir). Ölçülenle arasında fark varmı?

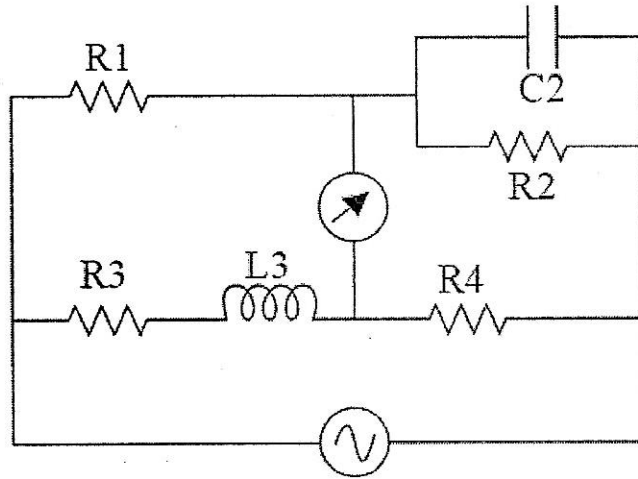
15. Sonuçları yorumlayınız. Hata varsa nereden gelmektedir.

7.Deney:Maxwell Köprüsü

Köprü devreleri kıyaslama prensibine göre çalışır. Bilinen bir standart değer, bilinmeyen değere eşit oluncaya kadar ayarlanır. Genel olarak, Doğru akım ve alternatif akım devreleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır.



Bu deneyde Maxwell köprü devresi kullanarak bir indüktörün bilinmeyen indüktans değeri bulunacaktır. Maxwell köprüsü aşağıdaki şekilde gibidir.



Denge koşulunda yani devrede bağlı olan multimetre sıfır gerilim değeri okuduğunda veya hiç akım geçmediği durumda;

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$$

$$L_3 = R_1 \cdot R_4 \cdot C_2$$

olacak şekilde elde edilir. İndüktansın değeri sadece kapasitans tarafından belirlenmeyip, aynı zamanda köprü kollarındaki dirençler tarafından da belirlenmektedir.

Deneyin Yapılışı: Yukarıdaki devreyi kurunuz bu devrede R4 direncini yerine 5 kΩ ayarlı direnç kullanınız. R4 direnci yerine ayarlı kondansatör de kullanılabilir. Ayrıca R1=1 kΩ, R2=2 kΩ ve R3= 220 Ω değerlerini seçiniz. Frekans jeneratöründen elde ettiğiniz 1000 Hz, 6

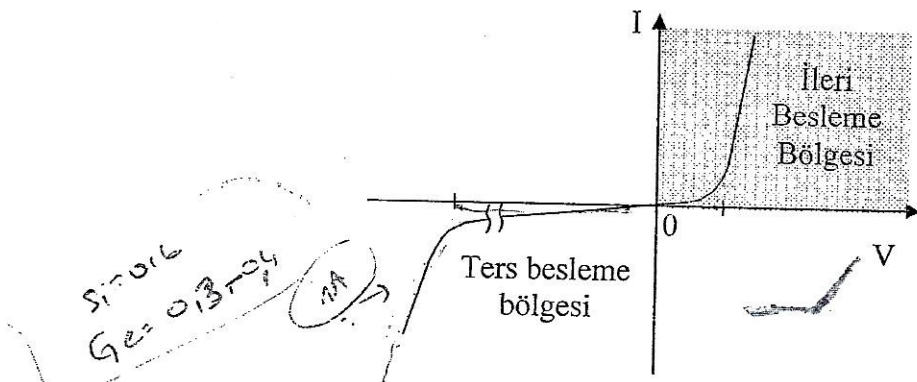
V_{pp} luk sinüzoidal gerilimi devreye bağlayınız. R4 direncini ayarlayarak denge konumunu elde ediniz ve R4 direncin değerini ölçerek belirledikten sonra denge koşulundan elde ettiğimiz denklemleri kullanarak L3 değerini hesaplayınız.

8. DİYOT KARAKTERİSTİKLERİNİN İNCELENMESİ

Amaç: Diyotların akım-gerilim karakteristiklerinin incelenmesi.

Teorik Bilgi:

Diyotlar ileri beslemede akım geçiren, ters beslemede ise geçirmeyen devre elemanlarıdır. Şematik olarak $+ \text{---} \triangle \text{---} -$ şeklinde gösterilir. Akım-gerilim karakteristikleri ise Şekil-1'de gösterilmiştir.

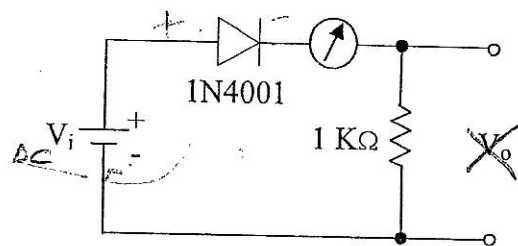


Şekil-1: Diyotların akım-gerilim (I-V) karakteristik eğrisi

- 1 - Bir diyotun ileti
teslene bağlanmadaki
I-V grafiğini çizin.
- 2 - Diyotun çalışma prensibi
nedir?
- 3 - Neden aynı yapıdaki
C değil de Si-Ge
kullanılır?

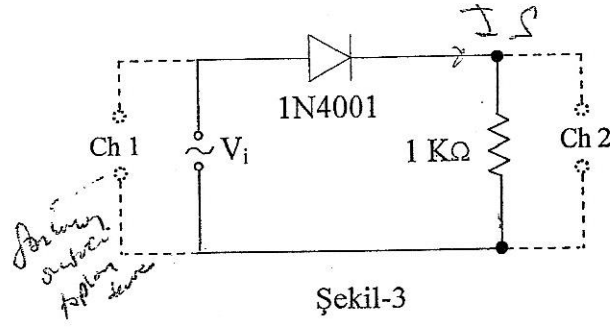
Deney:

- 1- Şekil-2'deki devreyi kurunuz.



Şekil-2: Diyotların I-V eğrilerinin belirlenmesinde kullanılan basit devre.

V_i giriş gerilimini 0-1 V (DC) aralığında 0.1 V ve 1-5 V aralığında 1 V'lık adımlarla arttırarak devreden geçen akım ve V_o çıkış gerilimlerini okuyunuz. Elde ettiğiniz verilerden akım-gerilim karakteristik eğrisini (I-V) grafik kağıdına çizin ve diyotun hangi yarıiletken yapıldığını belirleyiniz.

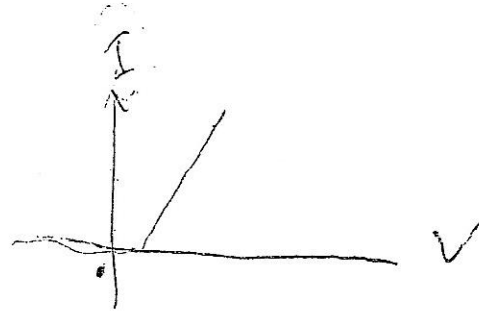


2- a) Şekil-3'teki devrede V_i giriş gerilimi olarak 5V genlikli sinüs sinyali uygulayınız. Osiloskobu xy moduna getirerek 1. kanal x (giriş sinyali) ve 2. kanal y (direnç üzerindeki potansiyel fark) olacak şekilde devreye bağlayarak akım-gerilim eğrisini elde ediniz. İlk kısımda elde ettiğiniz sonuçlarla osiloskopta gözlenen eğriyi karşılaştırınız.

b) Giriş sinyalinin frekansını 1 kHz ile 1 MHz arasında değiştirerek diyotun $V_{eşik}$ geriliminde ve I-V eğrisinde değişiklik olup olmadığını kontrol ediniz. Değişiklikler varsa nedenini açıklayınız.

c) Osiloskobun düşey ekseninin (2. kanal) devreden geçen akımı nasıl gösterdiğini düşününüz.

3- Diyotu, Zener diyot ve Işıklı diyot (LED) ile değiştirerek bunların akım-gerilim eğrilerini elde ediniz. Aynı eğrileri osiloskobun normal ve xy modunda inceleyerek zener olayını gözleyiniz.



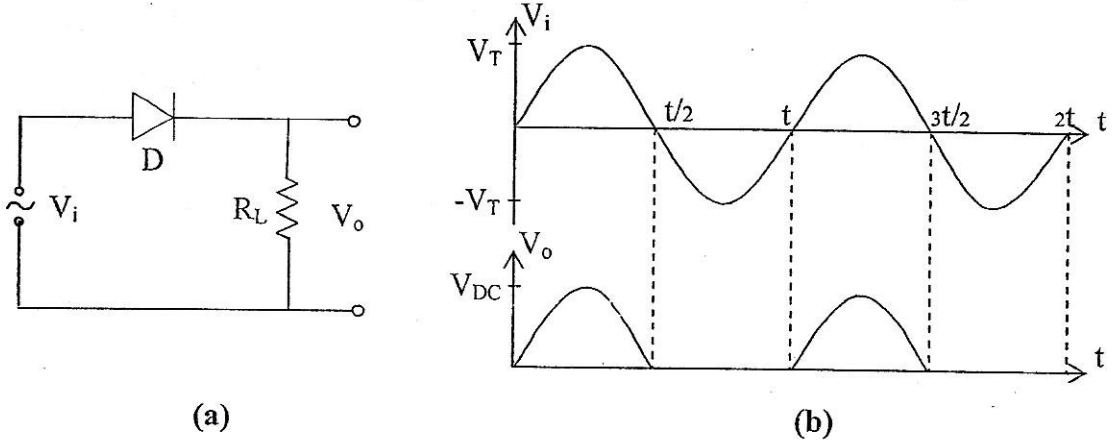
9. DOĞRULTUCULAR

Amaç: Diyotla yarım dalga ve tam dalga doğrultucusu yaparak çalışma özelliklerini incelemek.

Teorik Bilgi:

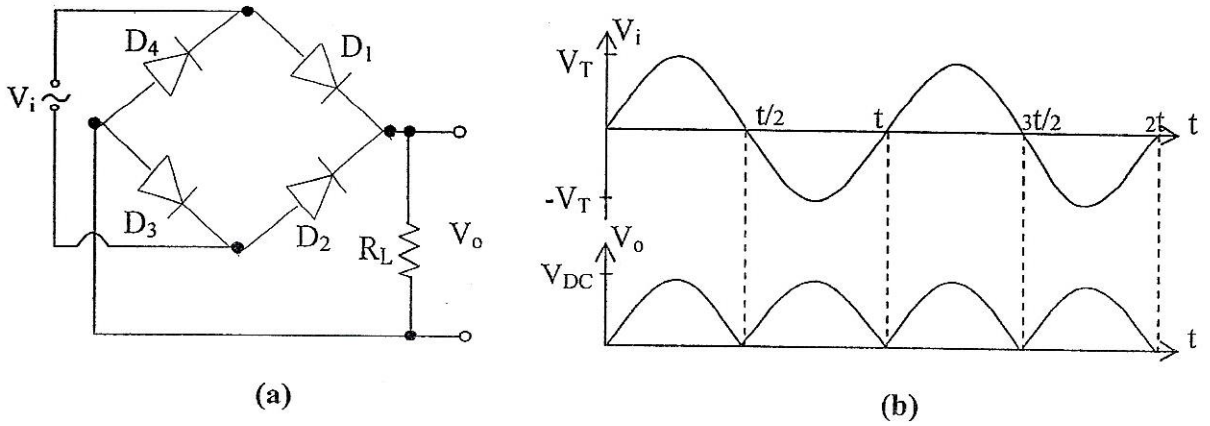
Alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) çeviren devrelere doğrultucu denir. Burada iki tip doğrultucu ele alınacaktır. Bunlar:

a) Yarım dalga doğrultucu : Bu doğrultucunun devre şeması, giriş ve çıkış dalga şekilleri Şekil-4'teki gibidir.



Şekil-4 : a) Yarım dalga doğrultucusunun devre şeması b) Giriş ve çıkış dalga şekilleri.

b) Köprü tipi tam dalga doğrultucu: Bu doğrultucunun devre şeması, giriş ve çıkış dalga şekilleri Şekil-5' deki gibidir.



Şekil-5 : a) Tam dalga doğrultucusunun devre şeması b) Giriş ve çıkış dalga şekilleri.

Deney:

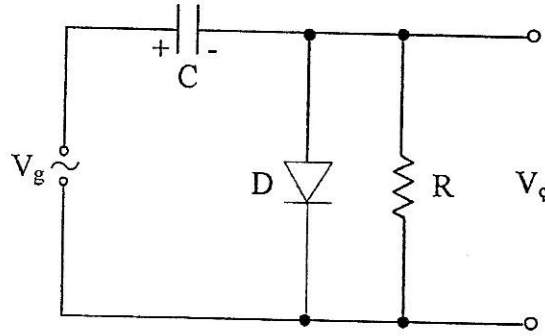
- 1- Diyot (1N4001) ve R_L direncini $1\text{ k}\Omega$ alarak Şekil-4a' da verilen yarım dalga doğrultucusunu kurunuz. Girişe genliği 3V olan sinüs sinyali uygulayınız. Giriş ve çıkış dalga şekillerini osiloskopta aynı anda gözleyip frekansı 1 kHz'ten 1 MHz'e kadar yavaşça artırarak oluşan değişimleri belirleyiniz ve nedenlerini belirtiniz. Aynı işlemi 5V'luk giriş gerilimi için tekrarlayınız.
- 2- Devre çıkışına, R_L direncine paralel olarak, $1\mu\text{F}$, $22\mu\text{F}$ ve $470\mu\text{F}$ lik elektrolitik kondansatörleri sıra ile bağlayarak giriş ve çıkış dalga şekillerini aynı anda gözlemleyiniz. R_L direnci olmadan ($R_L = \infty$) ne olduğunu inceleyiniz. Sonuçları yorumlayınız.
- 3- Şekil-5a' daki köprü tipi tam dalga doğrultucusunu 1N4001 diyotları ve $R_L = 100\text{ k}\Omega$ kullanarak kurunuz. Girişe 5V genlikte sinüs sinyali uygulayınız. Giriş ve çıkışı osiloskopta aynı anda gözleyip değerlendiriniz.

10 - KENETLEYİCİ VE GERİLİM KATLAYICILAR

Amaç: Kenetleyici ve gerilim katlayıcı devreleri kurarak özelliklerini görmek.

Teorik Bilgi:

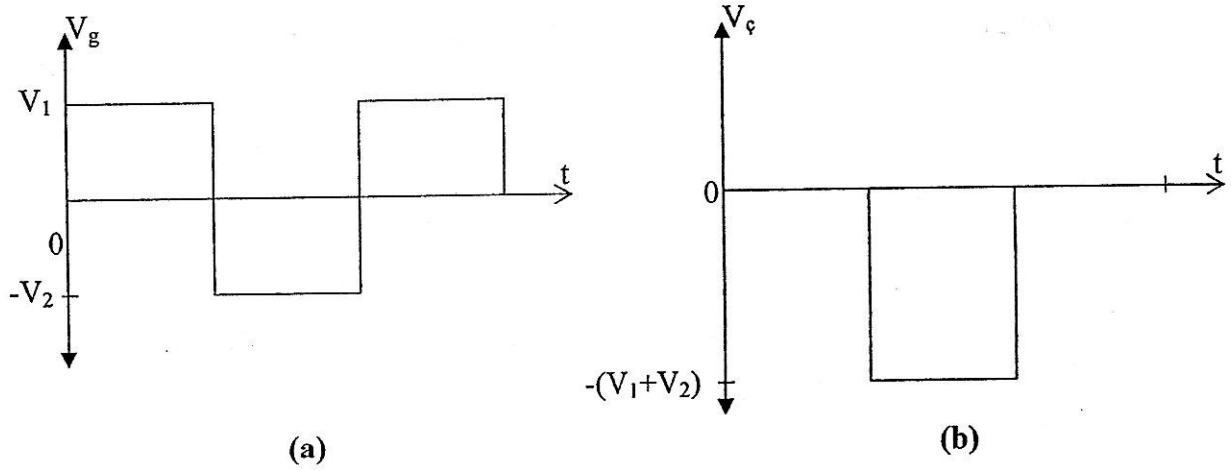
Kenetleyici Devreler: Kenetleyici devrelerde kullanılan öğeler direnç, sığa, diyot ve bazen ek olarak güç kaynağıdır. Bu devrelerin çalışmasını kısaca aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.



Şekil-6: Kenetleyici devre şeması

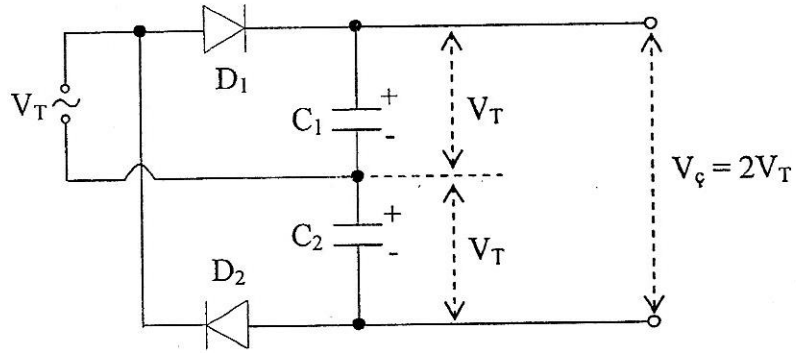
Şekil-6'daki kenetleyici devrenin girişine DC düzeyi kaydırılmış kare dalga uygulandığında çıkış sinyalinin ne olacağını inceleyelim; $V_g = V_1$ olduğu sürece çıkış sıfırdır. Çünkü diyot ileri beslemededir. Bu durumda çıkış kısa devre özelliği (ya da çok küçük bir iç direnç) gösterir. Çıkış gerilimi diyot üzerinden alınmaktadır. Ancak sığa kısa sürede dolarak V_1 gerilimine ulaşır. Sığanın çok küçük bir sürede dolmasının nedeni R direncinin diyota paralel bağlanmış olmasıdır. Bu durumda RC devresinin zaman sabiti $\tau = R_d C = 0$ olur (R_d diyotun iç direnci, $R_d \ll R$). Giriş sinyali, $-V_2$ değerine sıçradığında diyot ters beslemeye olup zaman sabiti, $\tau = RC$, büyür.

Görüldüğü gibi, çıkış gerilimi $-V_1 - V_2$ ' dir. Bu durumda, sığa üzerindeki yük R üzerinden boşalmaya başlarsa da, R yeteri kadar büyük seçilmişse ($\tau = RC$ zaman sabiti vurum süresinden çok uzun olacak şekilde) sığa üzerindeki gerilim hemen hemen hiç değişmez. Böylece elde edilen çıkış gerilimi Şekil-7b' de görüldüğü gibi negatif bölgeye "kenetlenmiş" olur. Çıkış sinyalinin genliği, giriş sinyalinin tepeden tepeye genliğinin büyüklüğüne eşittir.



Şekil-7: Kenetleyici devrenin a) Giriş dalga şekli, b) Çıkış dalga şekli.

Gerilim Katlayıcı Devreler:

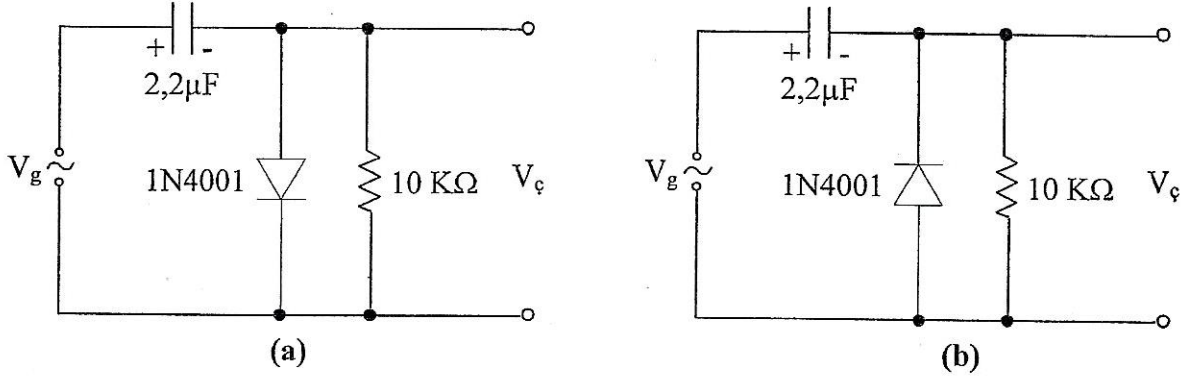


Şekil-8: Gerilim katlayıcı devre şeması

Şekil-8'deki devre göz önüne alındığında giriş geriliminin pozitif olduğu ilk yarı periyotta D_1 iletimde, D_2 kesimdedir. C_1 sığası giriş geriliminin tepe değeri V_T 'ye kadar yüklenir. Negatif olan ikinci yarı periyotta ise D_2 iletimde, D_1 kesimdedir. C_2 , V_T 'ye kadar yüklenirken C_1 boşalmaz çünkü D_1 kesimdedir. Böylece, C_1 ve C_2 sığaları üzerindeki gerilimlerin toplamı $2V_T$ olur. Devreye bu nedenle "gerilim katlayıcı" denilmektedir. Çıkıştan akım çekilmesi durumunda gerilim korunamaz ve DC gerilimin yanında AC gerilim bileşeni de gözlenir.

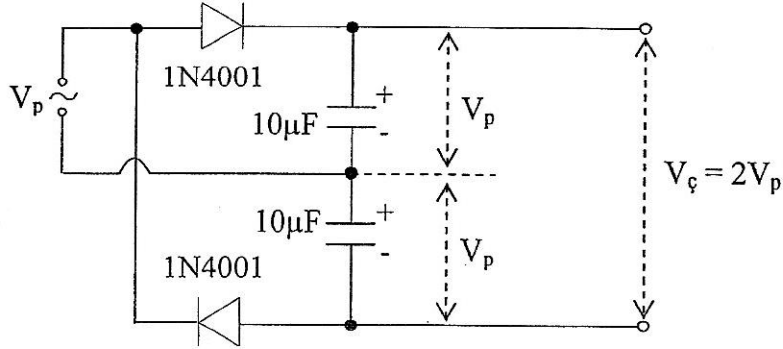
Deney :

1- Şekil-9'daki devreleri kurunuz ve girişlerine ~1KHz frekanslı önce sinüs daha sonra kare dalga uygulayınız. Giriş ve çıkış sinyallerini osiloskopta aynı anda gözleyerek ölçekli olarak çiziniz.



Şekil-9: Kenetleyici devreler. a) Negatif kenetleyici b) Pozitif kenetleyici.

2- Şekil.10' daki gerilim katlayıcı devreyi kurunuz (Elektrolitik sıgaların üzerindeki kutup işaretlerine dikkat ediniz). Devre girişine 5V' luk sinüs sinyali uygulayarak çıkışı gözleyiniz. V_c gerilimini kondansatörler üzerindeki V_p gerilimlerini ayrı ayrı ölçerek belirleyiniz. Sonuçlarınızı açıklayınız.



Şekil-10: Gerilim katlayıcı devre şeması.

- 1- Bir pozitif kenetleyici devre şeması çiziniz.
- 2- Girdiğiniz sonucu kullanarak, bir periyotluk sürede çıkış sinyalini grafik üzerinde gösteriniz.
- 3- Girdiğiniz sinyalin neden pozitif yönde kenetlendiğini açıklayınız.