



# **BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ ALAPLI MESLEK YÜKSEK OKULU**



## **AEP 105 ÖLÇME TEKNİĞİ DERS NOTU**

**Öğr. Gör. Figen ALTINTAŞ**

## **ÖLÇME VE ÖLÇÜ ALETLERİ**

### **ÖLÇME VE ÖLÇMENİN ÖNEMİ**

Ölçme, bir büyüklüğün aynı cins başka bir büyüklükle karşılaştırılması demektir.

Örneğin, herhangi bir büyüklüğün uzunluğunu ölçmek demek, bilinen bir metre ile o cismin boyunu karşılaştırmaktır veya o cismin boyu içinde kaç tane metre olduğunu araştırmaktır. İki nokta arasındaki uzaklığı ölçmek için uzunluk birimi olan metreyi, bir kütlenin ağırlığını ölçmek için kütle birimi olan kilogramı kullanırız.

Ölçülecek büyüklükler değiştikçe bunlara ait birimler de değişmektedir. Yalnız bu büyüklüklerin ölçülmesinde birlik ve beraberliği sağlamak için uluslararası standart haline getirilen birimler sistemi kullanılır. Ayrıca her birimin alt ve üst katları vardır.

Elektrik enerjisinin üretimi ve tüketimi sırasında bilgi akışını sağlamak ve gerekli bilgileri toplamak için ölçmeye ihtiyacımız vardır. Bir elektrik motorunun çektiği akımı bilirsek, kullanılacak iletkeni, sigortayı, aşırı akım rölesini uygun şekilde seçebiliriz. Bir elektrik tesisatının akım ve gerilim değerini bilirsek, buna uygun kablo seçmemiz daha kolay olur. Ayrıca ölçme sayesinde çeşitli cihazların onarımı ve arıza yerinin bulunması kolaylaşır. Kullandığımız elektrikli cihazın akımını, gücünü, gerilimini bilirsek, kullandığımız koruyucu ve ayarlayıcı elemanları daha güvenli şekilde seçebiliriz.

Elektrik motoru, elektrikli ev aletleri gibi alıcıların özelliklerini ifade edebilmemiz, uygun koruyucu elemanlar seçebilmemiz, teknikerlerin kendi aralarında iletişimi sağlayabilmesi için, mutlaka ölçme işlemine ihtiyaç duyulur. Burada ölçmenin çok önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinde çok değişik metotlar kullanılır. Bazı fiziksel büyüklükler yalnız mekanik yöntemlerle ölçülürken, bazıları elektriksel, bazıları ise elektronik yöntem ve cihazlarla ölçülür.

Ölçü aletleri içinde en gelişmiş olanı elektronik aletlerdir. Yapıları daha karmaşık olmasına rağmen bazı üstünlükleri vardır. Bunların duyarlılıkları yüksek olup çok küçük genlikli işaretleri ölçebilirler. Giriş dirençleri çok büyük olduğundan, ölçülen devrede olumsuz etkileri azdır. Ayrıca elektronik cihazlarla ölçülen büyüklüklerin uzak mesafelere taşınması ve uzaktan izlenip kontrol edilmesi mümkündür.

### **ÖLÇMENİN ÖNEMİ**

Ülkelerin sanayilerindeki gelişme, ileri teknolojilerin kullanılması ve toplam kaliteye önem verilmesiyle sağlanır.

Toplam kalite, tasarım aşamasından başlar, hammadde temini, üretim, pazarlama ve satış sonrası hizmetlere bağlıdır. Her kademede kalitenin oluşmasını sağlamak ve müşterilerin isteklerini karşılamak temel hedefler arasındadır.

Toplumlar sanayileşmede yarış içerisinde olduğundan en verimli ve en kaliteli ürünü ortaya koyabilme çabası içerisindeyler. Bunu sağlayabilmek için uluslararası standartlar kabul etmişler ve bu standartlarda ürün ortaya koymaya çalışmaktadırlar. Örneğin ISO 9000 serisi ve eşdeğeri EN 29000 serisi standartlar belirlenmiştir.

İşte bu hedeflere ulaşmak, ülke çapında uluslararası standartlara ulaşabilmekle mümkündür. Bu da; ölçme cihazlarına, ölçme tekniklerinin doğruluğuna, güvenilirliğine, kontrol ve deney elemanlarının hatasız çalışmasına bağlıdır.

## **ELEKTRİKSEL ÖLÇMELER VE ÖNEMİ**

Elektrikle çalışan tüm makina ve cihazların düzenli olarak çalışmaya devam edebilmesi veya arızalandığında problemlerinin giderilebilmesi için, elektriksel ölçümlerinin yapılması gerekir. Elektriksel ölçmelerin birçok yararları olmakla birlikte en önemli olanları şunlardır.

- 1- Arızanın hangi elemanlarda olduğunun bilinebilmesi,
- 2- Elektronik elemanların sağlamlık kontrolünün yapılabilmesi,
- 3- Elektrik devresindeki kopuklukların tespit edilebilmesi,
- 4- Elektrik devresindeki kısa devrelerin bulunabilmesi,
- 5- Elektrik devresinin normal çalışmadaki elektriksel değerlerinin, arıza durumundaki değerlerle karşılaştırılabilmesi.

## **ÖLÇÜ BİRİMLERİ**

### **TEMEL VE TÜRETİLMİŞ BİRİMLER**

Ölçü sonucunda elde edilen sayılar, fiziksel büyüklüklere bağlı olarak çeşitli birimlerle birlikte bir anlam ifade eder. Çok değişik fiziksel büyüklük olmasına rağmen, bunların bir kısmı temel birim olarak seçilmiştir. Diğer büyüklükler ise, temel büyüklük (Temel birimler) cinsinden ifade edilirler.

İlk olarak 1898 yılında birçok ülkenin gönderdiği temsilcilerden oluşmuş Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Konferansında temel birimler belirlenmiştir. Daha sonra 1960 yılında birim, tanım ve semboller güncelleştirilmiştir. Bu sistem Uluslararası Birim Sistemi ( Systeme International d'Unite SI) olarak bilinir. Uluslararası Sistem (SI) dışında çeşitli ülkelerin kullandığı Özel Birim Sistemleri de hala kullanılmaktadır. Uluslararası Sistemin kabul ettiği yedi Temel Birim vardır.

<b>BÜYÜKLÜK</b>	<b>BİRİMİ</b>	<b>SEMBOLÜ</b>
1- Uzunluk	Metre	(m)
2- Kütle	Kilogram	(kg)
3- Zaman	Saniye	(s)
4- Sıcaklık	Kelvin Derece	(K)
5- Elektrik Akımı	Amper	(A)
6- Işık Şiddeti	Candela	(cd)
7- Madde Miktarı	Mol	(mol)

### **SI Sisteminde Temel Birimler**

Temel birimlerin çarpım veya bölümü ile elde edilen yeni birimlere Türetilmiş Birimler denir. En çok kullanılan bazı türetilmiş mekanik ve elektriksel büyüklükler;

### Türetilmiş Birimler

BÜYÜKLÜK	BİRİM ADI	AÇIKLAMA	BOYUT ANALIZİ
Alan	Metrekare	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
İvme	Metre/s <sup>2</sup>		m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Kuvvet	Newton (N)	kütlexivme	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
İş, enerji, ısı miktarı*	Joule (J)	newtonxm	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Güç, ısı akışı	Watt (W)	joule/s	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
Elektrik yükü	Coulomb (C)	amperxs	Axs
Gerilim, E.M.K., potansiyel	Volt (V)	joule/coulomb	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> xA <sup>-1</sup>
Elektrik alan şiddeti		volt/metre	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> xA <sup>-1</sup>
Magnetomotor kuvvet	Amper		A
Elektriksel Direnç	Ohm (Ω)	V/A	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> xA <sup>-2</sup>
Elektriksel Kapasite	Farad F)	coulomb/V	kg <sup>-1</sup> xm <sup>-2</sup> x <sup>2</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
Elektriksel Self	Henry (H)	Vxs/A	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> xA <sup>-2</sup>
Magnetik akı	Weber (Wb)	Voltxs	kgxm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> xA <sup>-1</sup>
Magnetik akı yoğunluğu	Tesla (T)	Wb/m <sup>2</sup>	kgxs <sup>-2</sup> xA <sup>-1</sup>
Magnetik alan şiddeti		Amper/metre	A/m
Aydınlık, (Işık akısı)	Lümen (Lm)		
Parlaklık		Candela/m <sup>2</sup>	Cd/m <sup>2</sup>
Aydınlatma şiddeti	lüks (Lx)	Lümen/m <sup>2</sup>	
Frekans	Hertz (Hz)	1/periyot	s <sup>-1</sup>
Açısal frekans veya hız	Radyan/s	1/açısal periyot	rad/s

### Yardımcı Birimler

Düzensel açı	Radyan (rad)		rad
Katı açı	Steradian		sr

Isı enerjisi ile elektrik enerjisi arasında  $Q = 0,239 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$  (joule) bağıntısı vardır.

Burada Q (kalori) ısı enerjisini, I (Amper) geçen akımı, R (Ω) direnci ve t (sn) zamanı gösterir.

Uygulamada temel veya türetilmiş birimlerin hem kendileri hem de alt veya üst katları kullanılabilir. Bu dönüşümde kullanılacak çarpanlar ve isimleri tabloda belirtilmiştir.

BİRİM TAKISI	ÇARPAN	SEMBOL
Exa	10 <sup>18</sup>	E
Peta	10 <sup>15</sup>	P
Tera	10 <sup>12</sup>	T
Giga	10 <sup>9</sup>	G
Mega	10 <sup>6</sup>	M
Kilo	10 <sup>3</sup>	k
Mili	10 <sup>-3</sup>	m
Mikro	10 <sup>-6</sup>	μ
Nano	10 <sup>-9</sup>	n
Piko	10 <sup>-12</sup>	p
Femto	10 <sup>-15</sup>	f
Atto	10 <sup>-18</sup>	a

Bu tabloya göre bazı dönüşümler yapılacak olursa,

$$10^{-3} \Omega = 1 \text{ m}\Omega$$

$$10^6 \Omega = 1 \text{ M}\Omega$$

$$0,035 \text{ A} = 35 \text{ mA}$$

$$0,00625 \text{ s} = 6250 \mu\text{s}$$

$$475 \text{ MHz} = 0,475 \text{ GHz}$$

$$10 \text{ pF} = 0,01 \text{ nF}$$

$$10 \text{ W} = 10^7 \mu\text{W}$$

$$0,1 \mu\text{H} = 10^7 \text{ H}$$

Birimler ve semboller yukarıda belirtilmiştir. Büyük harf ile yazılan birimler açık olarak yazıldığında küçük harf ile yazılır.

V = volt, A = amper, Wb = weber, W = watt gibi.

### ÖLÇÜ KRİTERLERİ

Fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinde, her büyüklük için bir kriter (ölçü birimi) kullanılır. Örneğin, ısı ölçümü için santigrat derece ( $^{\circ}\text{C}$ ), kütle için kilogram (kg), kuvvet için Newton (N) gibi birimler kullanılır.

Elektrik büyüklüklerin ölçülmesinde ise, elektrik birimleri kullanılır. Örneğin, elektrik akımı ölçü birimi amper (A), gerilim ölçü birimi volt (V), direnç ölçü birimi ohm ( $\Omega$ ) kullanılır.

Ölçülen Değer	Ölçü Birimi	Üst ve Alt Katları	Kullanılacak aletin ismi ve sembolü
Akım Şiddeti	Amper (A)	Kilo Amper (kA) Mili Amper (mA) Mikro Amper ( $\mu\text{A}$ )	Kiloampermetre (kA) Ampermetre (A) Miliampermetre (mA) Mikroampermetre ( $\mu\text{A}$ )
Gerilim	Volt (V)	Mega Volt (MV) Kilo Volt (kV) Mili Volt (mV) Mikro Volt ( $\mu\text{V}$ )	Megavoltmetre (MV) Kilovoltmetre (kV) Voltmetre (V) Milivoltmetre (mV) Mikrovoltmetre ( $\mu\text{V}$ )
Elektrik gücü	Vat (W)	Mega Vat (MW) Kilo Vat (kW) Mili Vat (mW)	Megavatmetre (MW) Kilovatmetre (kW) Vatmetre (W) Milivatmetre (mW)
Elektrik Enerjisi	Vatsaat (Wh)	Mega Vatsaat (MWh) Kilo Vatsaat (kWh)	Megavatsaat sayacı (MWh) Kilovatsaat sayacı (kWh)
Elektrik Miktarı	Amper saat (Ah)	—	Ampersaat sayacı (Ah)
Faz farkı	Derece ( $^{\circ}$ )	—	Fazmetre (Cos $\phi$ )
Frekans	Hertz (Hz)	Mega hertz (MHz) Kilo hertz (kHz)	Frekansmetre (F)
Elektrik Direnci	Om ( $\Omega$ )	Mega om (M $\Omega$ ) Kilo om (k $\Omega$ )	Megaommetre (M $\Omega$ ) Kiloommetre (k $\Omega$ ) Ommetre ( $\Omega$ )

## ELEKTRİKSEL BÜYÜKLÜKLER VE TANIMLARI

Elektroteknikte ölçülmesi istenen büyüklükler çok çeşitlidir. Bu büyüklüklerden en çok kullanılanları ve tanımları,

**AMPER (A):** Akım şiddeti birimidir. Birim zamanda geçen elektrik yükü miktarına elektrik akımının şiddeti denir. Bir gümüş nitrat eriyiğinden ( $\text{AgNO}_3$ ), saniyede 1,118 miligram gümüş ayıran elektrik akım şiddeti birimine 1 A denir.

**VOLT (V):** Gerilim (potansiyel farkı) birimidir. Direnci 1  $\Omega$  olan ve içinden 1 A şiddetinde akım geçiren bir iletkenin uçları arasındaki potansiyel farka 1 V denir.

**OHM ( $\Omega$ ):** Direnç birimidir. Elektrik akımına karşı gösterilen zorluğa direnç denir. 1  $\text{mm}^2$  kesitinde, 106,3 cm uzunluğunda, 0  $^\circ\text{C}$  de ve 14,4521 gr ağırlığındaki cıva sütununun iç direncine 1  $\Omega$  denir.

**WATT (W):** Güç birimidir. Bir alıcının uçları arasındaki potansiyel farkı 1 V ve içinden geçen akım şiddeti 1 A ise, bu alıcının gücü 1 W dir.

**HENRY (H):** Elektromanyetikte indüktans birimidir. Bir devrede saniyede 1 A akım değişikliği altında meydana gelen zıt e.m.k 1 V ise, bu devrenin öz indükleme katsayısı 1 H dir.

**FARAD (F):** Kapasitans birimidir. Saniyede 1 V'luk gerilim değişimi altında 1 kulonluk (coulomb) elektrik yükü ile yüklenen kondansatörün kapasitesi 1 F dir.

Elektriksel büyüklükleri ölçen aletler genel olarak ölçtüğü büyüklüğün biriminden ad alırlar. Örneğin, akım şiddeti birimi amper, akım şiddetini ölçen ölçü aleti ampermetredir.

ELEKTRİK BÜYÜKLÜK	İŞARETİ	BİRİMİ	BİRİM İŞARETİ	ÖLÇEN ALETİN ADI
Akım Şiddeti	I	Amper	A	Ampermetre
Gerilim	V	Volt	V	Voltmetre
Direnç	R	Ohm	$\Omega$	Ohmmetre
Aktif Güç	P	Watt	W	Wattmetre
Reaktif Güç	Q	VAR	VAR	Varmetre
Elektrik Enerjisi	E	Watt-saat	Wh	Sayaç
Frekans	f	Hertz	Hz	Frekansmetre
Güç Faktörü	$\text{Cos}\phi$			$\text{Cos}\phi$ metre
Faz Farkı	$\phi$	Derece	..... <sup>0</sup>	Fazmetre

Bazı elektriksel büyüklükler ve bu büyüklükleri ölçen aletler

## ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN TANITILMASI

### ÖLÇÜ ALETİ SEÇİMİ

Elektriksel büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılacak ölçü aletlerinin özelliklerinin, yapılacak ölçüme uygun seçilmesi gerekir. Bu hem yapılacak ölçüm sonucunun doğru tespiti hem de ölçü aletinin ve ölçüm yapanın güvenliği açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bir elektriksel büyüklüğün ölçümü yapılmadan önce doğru ve uygun ölçü aleti seçilmelidir.

1- Öncelikle ölçülecek büyüklüğü bilmemiz gerekir. (Akım, gerilim, direnç, güç, frekans gibi elektriksel büyüklükler)

2- Hangi akım türünde (DC veya AC) ölçme yapılacağı bilinmelidir.

3- Ölçülecek büyüklüğün hangi değerler arasında olması gerektiği bilinmelidir.

4- Ölçülecek büyüklüğün değerine göre ölçü aletinin ölçme alanı tespit edilmelidir. Ölçümede kullanılacak kademe seçiminin yanlış yapılması durumunda, tüm ölçü aletlerinde okuma

hataları olması mümkündür. Örneğin, 1,5 V'luk bir pilin gerilimi 50 V'luk bir voltmetre ile ölçülürse, aletin ya da kademelerin yanlış seçimi büyük okuma hatalarına neden olur.

**5-** Ölçmenin yapılabilmesi için bağlantının şekli (seri, paralel) belirlenmelidir.

Ayrıca yapılacak ölçmenin, bilgi amacıyla mı yoksa bir laboratuvar test sonuçlarını yapmak için mi, olduğunu bilmek gerekir. Örneğin,

**1-** Akım ölçülecekse uygun bir ampermetre, gerilim ölçülecekse uygun bir voltmetre kullanılır.

**2-** Ölçülecek akım alternatif akım ise alternatif akım ampermetresi, doğru akım ise doğru akım ampermetresi kullanılır.

**3-** Akımın büyüklük değerine uygun bir ampermetre kullanılmalıdır. 4 A'lik bir akım için, 5 A'lik bir ampermetre kullanılması uygundur. Çünkü ölçü aletleri son skala taksimatına yakın yerlerde daha doğru ölçme yaparlar ve daha rahat okunurlar. 4 A'lik bir akım için, 25 A'lik bir ampermetre kullanmak hem hata oranını artırır hem de okuma zorluğu doğurur.

**4-** Ölçü aletinin hassasiyeti yapılacak ölçüme uygun olmalıdır. Ölçülen akım bilgi içinse, yani bir atölyenin panosundan çekilen akım ölçülecekse çok hassas bir ampermetreye gerek yoktur. İkinci sınıf bir ölçü aleti yeterlidir. Ancak etalon ölçü aleti olarak veya bir makinanın laboratuvar test sonuçlarını çıkartmak için kullanılacaksa mutlaka 1. sınıf ve hassas ölçme yapan ölçü aletleri kullanılmalıdır.

Ölçü aletlerinin sağ alt köşesinde, ölçü aletinin bütün özelliklerini açıklayan semboller grubu bulunmaktadır. Bu semboller iyi tanınmalıdır. Çünkü ölçü aleti seçimi için dikkat edilecek konular burada özetlenmiş durumdadır. Ölçü aleti seçiminde bunlara mutlaka dikkat edilmelidir.

## **ÖLÇÜ ALETLERİNİN KULLANIMINDA DİKKAT EDİLECEK KONULAR**

Laboratuvar çalışması sırasında, doğru ve hassas ölçme yapmak için ölçü aleti kullanımında dikkat edilmesi gereken konular şunlardır.

**1-** Ölçü aletlerinin sağ alt köşesindeki sembollerin, işaretlerin ne olduğunu çok iyi bilmek gerekir.

**2-** Deneyde kullanılacak ölçü aletinin doğru olarak seçilip seçilmediği bir kere daha kontrol edilerek doğru seçildiğinden emin olunmalıdır.

**3-** Seçilen ölçü aletinin kullanılması ve özellikleri iyice öğrenilmelidir.

**4-** Ölçü aleti taşınırken veya masa üzerine koyarken dikkatli olunmalıdır.

**5-** Ölçü aletleri sorumlusundan izin almadan kesinlikle kullanılmamalıdır.

**6-** Ölçümleri yapılacak makina veya cihazın özellikleri hakkında gerekli bilgi edinilmelidir.

**7-** Ölçü aletlerinin kablo bağlantıları sade ve anlaşılır olmalı, gereğinden fazla uzun kablo kullanılmamalıdır.

**8-** Ölçü aletlerinin bağlantısı tekrar kontrol edilmeli, doğruluğundan emin olunduktan sonra yetkili gözetiminde enerji verilerek ölçüm yapılmalıdır. İzinsiz kesinlikle enerji verilmemelidir.

**9-** Ölçüm sırasında göstergeye dik bakılmalı, eğer aletin kadranı aynalı ise, göstergenin aynadaki görüntüsü görünmeyecek şekilde okunmalıdır.

**10-** Ölçme işlemi tamamlandığında ölçü aletleri dikkatli bir şekilde yerlerine konulmalı ve kablolar toplanmalıdır.

## **ANALOG ÖLÇÜ ALETLERİNİN KULLANIMI**

**1-** Öncelikle sıfır ayarının yapılmış olması gerekir.

**2-** Ölçü aleti yatay veya dikey kullanım şekline göre kullanılmalıdır.

**3-** İlk ölçüm sırasında ölçüm değerinin büyük olması olasılığına karşı büyük değerli kademe seçilmelidir.

- 4- Ölçülen değerin durumuna göre uygun kademeye geçilmeli, her kademede aletin sıfır ayarı yapılmalıdır.
- 5- Kademe değerine göre skaladan uygun değer okunmalıdır.
- 6- Ölçü aleti ters saptığında veya (-) işaret gösterdiğinde bağlantı uçları değiştirilerek ölçüm tekrarlanmalıdır.

### **DİJİTAL ÖLÇÜ ALETLERİNİN KULLANIMI**

- 1- Ölçü aleti yatay veya dikey kullanım şekline göre kullanılmalıdır.
- 2- İlk ölçüm sırasında ölçüm değerinin büyük olması olasılığına karşı büyük değerli kademe seçilmelidir.
- 3- Ölçülen değerin durumuna göre uygun kademeye geçilmelidir.
- 4- Ölçülen değer birimi ile birlikte ekranda görülür.

### **ÖLÇME İŞLEMİNDE OLABİLECEK HATALAR**

Elektriksel büyüklerin ölçülmesi anında ne kadar hassas ölçü aleti ve iyi metot kullanılırsa kullanılsın, ne kadar dikkatli ölçüm yapılırsa yapılsın, ölçtüğümüz büyüklük gerçek değerinden az da olsa biraz farklıdır. Ölçülen değer, gerçek büyüklüğün yaklaşık değeridir.

Yaklaşık değer ile gerçek değer arasındaki bu farka ölçme hatası denir. Yapılan hata bilinirse, ölçme sonucunun bir anlamı olur.

Kullanılan metotlar, cihazların kalitesi ve deney yapanın bilimsel ve psikolojik durumu elde edilen ölçme sonucunun gerçek değerine yakınlığına etki eden temel faktörlerdir. Ölçme hataları üç grupta toplanabilir.

- 1- Ölçü aletinden kaynaklanan hatalar
- 2- Ölçme yapandan kaynaklanan hatalar
- 3- Dış etkilerin oluşturduğu hatalar

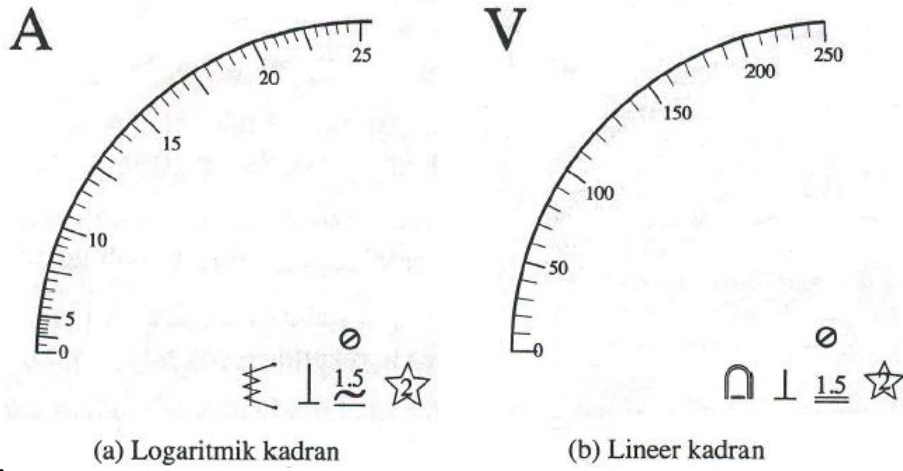
### **1- ÖLÇÜ ALETİNDEN KAYNAKLANAN HATALAR**

Aletin kendi hatasına, aletin ölçme hatası denir. Ölçü aletinden kaynaklanan hatalar, kalibrasyon, yapım, sıfır ayarı, aletin eski oluşu, skala, sürtünme, cevap zamanı, yükleme hatası ve dış etkiler sebebiyle oluşur. Dolayısıyla ölçü aleti, ölçülen büyüklüğün gerçek değerini göstermez. Ölçülen değer gerçek değerden biraz farklıdır. Bu farklı değerler, imalatçılar tarafından dikkate alınarak, aletin kadranı üzerinde belirtilir. Örneğin, 0,5 – 1 veya 1,5 gibi.

**a) Sıfır ayarı hatası:** Ölçü aletinin sıfır ayarının hatalı olmasından kaynaklanır. Örneğin, bir voltmetrenin bütün ölçmelerde 0,5 V az ölçme yapması sıfır ayarının hatalı olduğunu gösterir.

**b) Skala hatası:** Bu hata ölçülecek olan işaretin genliğine bağlı olarak uygun kadememin seçilmemesinden ve skalanın lineer olmamasından kaynaklanır. Skala lineer değilse, bunun düzeltilmesi veya düzeltilememesi her noktadaki hatanın ne olduğu tespit edilerek, ölçü sonuçlarında göz önünde bulundurulması gerekir. Dijital ölçü aletlerinde bu problem yoktur.





### Ölçü aletleri kadranlarının önden görünüşleri ve sembol grupları

c) **Cevap zamanı hatası:** Ölçülen büyüklüğün hızlı değişmesi ve cihazın bu değişimi takip edememesinden kaynaklanır. Bu hata ölçü aletinin mekanik ataletinden kaynaklanır.

d) **Yükleme hatası:** Ölçü aleti devreye bağlandığında devreden bir enerji çeker. Örneğin, voltmetrenin iç direnci çok büyüktür fakat sonsuz değildir veya ampermetrenin iç direnci çok küçüktür fakat sıfır değildir. Bu nedenle bağlandığı devreden akım çeker ve devreye etki ederler.

e) **Yapım hatası:** Aletin yapımından kaynaklanan hatalar olup, imalatçılar yapım hatasına göre ölçü aletlerini 7 sınıfa ayırmışlardır. VDE standartlarına (Alman standardı) göre, bu sınıflandırma çeşitli harflerle gösterilir. Ölçü aletleri bu işaretteki sınıfına göre sipariş edilir.

### MUTLAK HATA ( $\Delta m$ ) (FARK HATA)

Ölçme sırasında alette okunan değer ( $A_1$ ) ile, aletin gerçek gösterdiği değer ( $A_2$ ) arasındaki farka, mutlak hata denir.

$$\Delta m = A_1 - A_2$$

Bu değer (+) veya (-) olabilir.

### BAĞIL HATA ( $\Delta b$ )

Mutlak hatanın ölçülmek istenen değere bölünüp 100 ile çarpılması ile bulunur.

$$\Delta b = \frac{A_1 - A_2}{A_2} \cdot 100 = \frac{\Delta m}{A_2} \cdot 100 = \frac{\Delta m}{A_1} \cdot 100$$

Uygulamada genelde bağıl hata kullanılır.  $A_2$  değeri, önceden etalon aletlerle tayin edilir.  $A_1$  ise mevcut ölçü aleti ile ölçüldüğünden,  $\Delta b$  bulunurken  $A_2$  yerine  $A_1$  konulabilir.

### KONSTRÜKSİYON (YAPIM) HATASI (H)

Mutlak hatanın, alet kadranındaki maksimum değere ( $X_{max}$ ) bölünmesiyle bulunur. Uygulamada yapım hatası (%) yüzde cinsinden ifade edilir.

$$\pm \% H = \frac{A_1 - A_2}{X_{max}} \cdot 100 = \frac{\Delta m}{X_{max}} \cdot 100$$

Aletin kadranında okunan değer; gerçek değerden % olarak ne kadar az (-) veya çok (+) olduğunu belirtmek gerektiği için hata oranının önüne ( $\pm$ ) işareti konur.

İmalatçılar yapım hatasına göre ölçü aletlerini gruplandırılmış ve bunlarda sınıflara ayrılmıştır. VDE standartlarına göre bu sınıflandırma çeşitli harflerle gösterilir. Ölçü aletleri sipariş edilirken, bu işaretler mutlaka belirtilmelidir.

**1- Hassas ölçü aletleri (1.sınıf ölçü aletleri):** Etalon ölçü aletleridir. Özel yapıya sahiptirler. Hata oranı azdır, maliyet pahalıdır ve tamiri zordur. Genellikle ölçü aletlerinin ayar edilmesinde ve hassas ölçme işlemlerinde kullanılır.

**2- İşletme ölçü aletleri (2.sınıf ölçü aletleri):** İş yerlerinde pano ve tablo üzerine takılarak çeşitli elektriksel büyüklüklerin bilgi amacıyla ölçüm işlemlerinde kullanılır. Yapı bakımından daha basittir. Maliyeti ucuz ve tamiri daha kolaydır.

Elektrikli Ölçü Aletlerinin Hassasiyet Sınıfı VDE 0410							
	Hassas Aletler (1. sınıf)			İşletme Aletleri (2. sınıf)			
İşareti	E		F	G		H	
Sınıfı	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	5
Gösterge Hatası	± % 0,1	± % 0,2	± % 0,5	± % 1	± % 1,5	± % 2,5	± % 5

Örneğin elimizdeki alet 0,5 sınıfı ise, aletin kadranındaki en büyük değere göre, ölçmedeki gösterme hatasının en çok ± % 0,5 olacağı anlaşılır.

**ÖRNEK:** 50 A'lık bir ampermetre 0,5 sınıfı ise, bu aletle ölçme yapılırken gösterdiği değer, gerçek değerden en çok ve en az ne kadar mutlak hata yapar?

$$H = \pm \% 0,5$$

$$X_{\max} = 50 \text{ A}$$

$$\Delta m = ? \text{ A}$$

$$\pm \% H = \frac{\Delta m}{X_{\max}} \cdot 100$$

$$\Delta m = \pm \% H \cdot X_{\max} = \pm \% 0,5 \cdot 50 = \pm 0,25$$

Hesaplanan bu değere göre, aletle okunan değer, gerçek değerden en çok 0,25 A eksik veya fazla ölçülmüş demektir. Yani 50 A'lık ölçü aleti ile 20 A'lık bir akım ölçülürse, ölçü aleti  $20 \pm 0,25 = 19,75 \text{ A}$  ile  $20,25 \text{ A}$  arasında bir değer gösterir.

**ÖRNEK:** Hata sınıfı % 5 olan 150 V'luk voltmetre ile,

a) 30 V

b) 120 V ölçüldüğünde aletin bağıl hatası ne olur?

Bağıl hatayı aletin sınıfı, yani yapım hatası cinsinden ifade edersek;

$$\Delta b = \frac{\Delta m}{A_2}$$

$$\frac{\Delta m}{A_2} = \frac{\Delta m}{A_2} \cdot \frac{X_{\max}}{X_{\max}}$$

$$\frac{\Delta m}{A_2} = \frac{\Delta m}{X_{\max}} \cdot \frac{X_{\max}}{A_2}$$

$$H = \frac{\Delta m}{X_{\max}}$$

$$\Delta b = H \cdot \frac{X_{\max}}{A_2}$$

$$H = \pm \% 5$$

$$X_{\max} = 150 \text{ A}$$

$$\text{a) } \Delta b = H \cdot \frac{X_{\max}}{A_2} = \pm \% 5 \cdot \frac{150}{30} = \pm 0,25$$

Elde edilen sonuca göre bu ölçü aleti ile kadranın baş taraflarında ölçme yapılırsa bağıl hata dolayısıyla mutlak hata büyük olacaktır.

$$\text{b) } \Delta b = H \cdot \frac{X_{\max}}{A_2} = \pm \% 5 \cdot \frac{150}{120} = \pm 0,0625$$

Elde edilen sonuç, a şıkkına göre oldukça küçüktür. Bu nedenle ölçmeler daima kadranın ortası ile son kısmı arasında yapılmalıdır.

### **ALETİN % HESABI İLE GÖSTERME HATASI**

**ÖRNEK:** 1,5 sınıflı 250 V'luk bir voltmetre ile 150 V daki ölçmede aletin gösterme hatası % ne kadardır?

Aletin 250 V daki gösterme hatası bulunur. Aletin gösterme hatası ölçülen bütün değerler için aynıdır.

$$\text{Gösterme Hatası} = \pm \% 1,5 \cdot 250 = \pm 3,75 \text{ V}$$

% hesabı ile 150 V daki hata,

$$\% \text{ Hata} = \pm 3,75 \cdot \frac{\% 100}{150} = \pm \% 2,5$$

Bu ölçü aleti 250 V gerilim ölçüldüğünde % 1,5 hata yapar, 150 V gerilim ölçüldüğünde ise % 2,5 hata yapar

### **2- ÖLÇME YAPANDAN KAYNAKLANAN (KİŞİSEL) HATALAR**

Yanlış okuma, yanlış skala seçimi, cihaz ayarının yanlış yapılması, yanlış metot uygulama ve hatalı hesaplama gibi hatalardır. İki çeşittir.

**a) Okuma hatası**

**b) Metot hatası**

**a) OKUMA HATASI:** Bu hata daha çok göstergeli ölçü aletlerinde oluşur. Dijital ölçü aletlerinde bu hata en aza indirilmiştir, çünkü rakam olarak okunmaktadır.

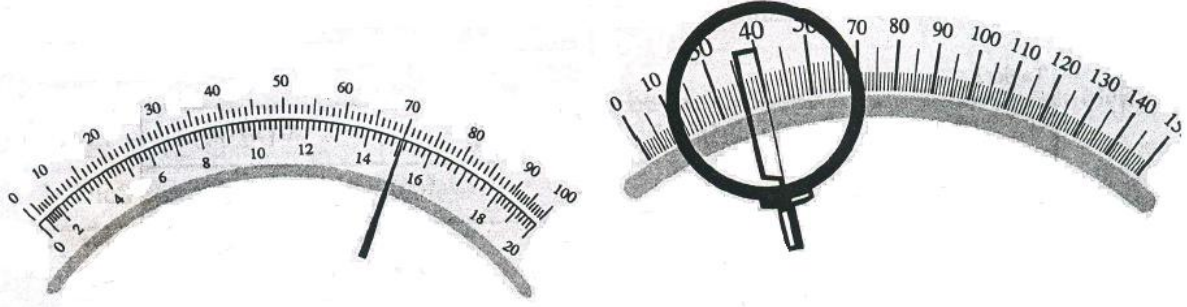
Aletin hassasiyetine göre okuma hatası, kadran, taksimat aralıkları ile göstergenin ve taksimat çizgilerinin kalınlığına göre değişmektedir. Özellikle kadran taksimatı, baş tarafı sık olan ölçü aletlerinde okuma hatası daha çok olmaktadır. Hassas ölçü aletlerinde okuma hatasını azaltmak için ayrıca kadran üzerine ince bir şerit ayna konulmuştur. Buna rağmen gösterge, yan yana bulunan iki taksimat çizgisi arasında durduğu zaman, okunan küsuratlı değerlerde de okuma hatası olacaktır. Bu kabul edilen yaklaşık değerler, aletin kadran taksimatına bağlı olup tahminen olup  $\pm 0,1$  ile  $\pm 0,01$  kadar okuma hatası olur.

Ölçmede kullanılacak kademe seçiminin yanlış yapılması durumunda tüm ölçü aletlerinde okuma hataları olması mümkündür. Örneğin, 1,5 V'luk bir pil gerilimi 50 V'luk bir voltmetre ile ölçülürse, aletin ya da kademenin yanlış seçiminden, büyük okuma hataları yapılabilir.

Göstergeli ölçü aletlerinde, çeşitli sebeplerden oluşan okuma hatasının mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için,

**1-** Alet duruş işaretlerine göre kullanılmalı (dik, yatay, eğik) ve sarsıntılı yerlerde ölçme yapılmamalıdır.

- 2- Göstergeye dik bakılmalı, eğer kadranı aynalı ise, göstergenin aynadaki görüntüsü görünmeyecek şekilde okunmalıdır.
- 3- Özellikle küçük değerlerin ölçülmesinde, geniş kadranlı ve ince göstergeli ölçü aleti kullanılmalı, ölçme mümkün olduğu kadar kadranın sonunda yapılmalıdır. Örneğin, 1 A'lık bir alıcının akımı 0-10 A'lık değil, 0-2 A'lık bir ampermetre ile ölçülmelidir.
- 4- Çok hassas okumalar için, özellikle 0,1 sınıfı ölçü aletleri ile yapılan ölçmelerde, büyüteç kullanılmalı ve tek gözle bakılmalıdır.
- 5- Kullanılan ölçü aletinin duruşu hakkında bilgi yok ise, portatif ölçü aletleri yatay, tablo tipi ölçü aletleri ise dik kullanılarak okuma yapılmalıdır.



**Hassas ölçmelerde, geniş kadranlı ve ince göstergeli ölçü aleti kullanılmalı, okumalar mümkünse bir büyüteç ile yapılmalıdır.**

**b) METOT HATASI:** Elektrikte kullanılan bazı büyüklükler yalnız bir aletle ölçülüp, tespit edilemez. Duruma ve zamana göre basit veya karışık bağlantılar yapılabilir. Yapılan bu bağlantılarda, gerek ölçü aletlerinde ve gerekse bağlantı noktalarında oluşan küçük kayıplar dikkate alınmaz. Aslında bu kayıplar ölçülen değerlerle ilgili olduğundan sonuca etki ederler. Örneğin, bir cihazın direncini veya gücünü ölçmek için çeşitli metotlar kullanılabilir. Doğrudan doğruya direnç veya güç ölçen bir aletle de ölçmeyi yapabiliriz. Ölçmeye ne kadar fazla ölçü aleti girerse hata oranı da o kadar artar.

- 1- Bütün ölçümlerde, gerekenden büyük kablo kullanılırsa veya bağlantı yerleri iyi temas ettirilmemişse (özellikle ampermetre ile direnç ölçülmesinde) hata oranı artar.
- 2- Pillerle ölçüm yaparken, polarizasyona engel olmak için pilden küçük akım çekilmez, zaman kısa tutulmaz ve çevre sıcaklığına dikkat edilmezse ölçmede hata oranı artar.
- 3- Ampermetre ve voltmetre metodu ile direnç veya güç ölçerken aletlerin devreye bağlanış sırasına dikkat edilmelidir.

### 3- DIŞ ETKİLERİN OLUŞTURDUĞU HATALAR

Sıcaklık, basınç, nem, dış manyetik alanlar, frekans, hava cereyanları ve farkına varılmayan sarsıntılar gibi dış etkilerle ortaya çıkan hatalardır. Bunların bazıları bilinirse de kontrol altına alınması zordur. Alettaki hatayı azaltabilmek için, ölçülen büyüklük aynı aletle birkaç kez ölçülür ve ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alınır. Ölçülen ortalama değer,

$$X_{\text{ort}} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

n = Ölçme sayısı

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>n</sub> = Her ölçmede alette okunan değer

### ÖLÇÜ ALETLERİNE AİT TERİMLER

**DOĞRULUK DERECESESİ:** Ölçü aletlerinin hiçbiri yüzde yüz doğru ölçüm yapamaz. Her ölçü aletinin mutlaka belirli bir hata payı vardır. Bir ölçü aletinin yapacağı en büyük hata, imalatçı firma tarafından kataloglarda veya ölçü aletinin üzerinde % olarak belirtilmiştir. Ölçü

aletleri doğruluk derecelerine göre,  $\% \pm 0,1$ ,  $\% \pm 0,2$ ,  $\% \pm 0,5$ ,  $\% \pm 1$ ,  $\% \pm 1,5$ ,  $\% \pm 2,5$  hata sınıflarına ayrılırlar. Belirtilen hatanın dışında, aletin kullanım frekansı, güç katsayısı, ölçülen akımın dalga şekli, ölçüm yapılacak ortamdaki sıcaklık miktarı, ölçü aletinin kullanım şekline uygun kullanılmaması (yatay veya dikey) aletlerin ölçme hatasını artıran faktörlerdir. Ölçme hatasının az veya çok olması, ölçü aletinin doğruluk derecesini gösterir. En az hata olan ölçü aleti tercih edilmelidir.

**DUYARLILIK:** Ölçü aletinde ölçülen büyüklüğün çok küçük değişimlerinin skala veya göstergede ifade edilebilmesidir. Bütün ölçü aletlerinin kadran taksimatları eşit aralıklı değildir. Kadran taksimatları eşit aralıklı olan ölçü aletlerinde duyarlılık aynıdır. Yani herhangi bir ölçüm değerinde ibre skala taksimatının başında da sonunda da aynı oranda sapor. Ölçü aletinin cevap verebileceği en küçük giriş değeridir. Örneğin,  $1 \mu V$  gibi çok küçük değerleri ölçebilecek duyarlılıkta voltmetreler vardır. Duyarlılığı küçük olan aletler tercih edilmelidir.

**ÖLÇME ALANI (RANGE):** Bir ölçü aletinin skalasında gösterdiği en küçük değer ile en büyük değer arasında kalan kısım ölçü aletinin ölçme alanını verir. Ölçü aletinin hangi değerler arasında ölçtüğünü gösterir. Skalasında 25 A görünen bir ampermetrede ölçme alanı 0-25 A arasındadır. Kademeli aletlerde ölçme alanı kademe sayısı kadardır. Üç kademeli ve üzerinde 10 V – 50 V – 250 V yazılı bir voltmetrenin ölçme alanları 0 – 10 V, 0 – 50 V, 0 – 250 V şeklindedir. Alet kademeli olmalı ve ölçme alanı her türlü gereksinimleri karşılayacak şekilde seçilmelidir.

#### **SABİTE**

Sabite, ölçme sınırı değerinin skala taksimatındaki bölüntü sayısına oranıdır. Skala taksimatı eşit aralıklı (lineer) olan ölçü aletlerinde bu oran sabit olup skala taksimatı eşit aralıklı olmayan (logaritmik) ölçü aletlerinde bu oran sabit değildir.

$K = \text{Aletin ölçme sınırı} / \text{Alet skalasındaki bölüntü sayısı}$  olarak ifade edilir.

#### **ÖLÇME SINIRI**

Bir ölçü aletinin skala taksimatında gösterdiği en son değere, yani ölçebileceği en büyük değere ölçme sınırı denir.

**REZOLÜSYON (RESOLUTION) AYIRDETME KABİLİYETİ:** Alet girişindeki en küçük değişimi fark edebilme özelliğidir. Bu özellik daha çok dijital ölçü aletlerinde aranan bir husustur. Örneğin bir ölçüm yaparken ölçüdeki mikro seviyedeki bir değişikliği aletin göstermesi gerekir.  $10 \mu V$  duyarlılığındaki bir voltmetrenin rezolüsyonu  $1 \mu V$  olabilir. Üretici firma  $200 \Omega$  kademesindeki bir ohmmetrenin rezolüsyonunu  $100 m\Omega$  olarak katalogunda belirttiğine göre, alet  $100 m\Omega$  değişimleri ekranına taşıyabilmektedir.

**GİRİŞ EMPEDANSI (INPUT İMPEDANCE):** Ölçü aletinin devreye seri veya paralel bağlanmasından dolayı devreye yükleme etkisi vardır. Alternatif akımda giriş direnci ile birlikte kapasitenin de belirtilmesi gerekir. Doğrultucu tipteki ölçü aletlerinde ise, giriş empedansı  $\Omega/V$  olarak, 1 V gerilime karşılık gelen direnç şeklinde belirtilir. Bu değer kademe değeriyle çarpılarak ilgili kademedeki giriş empedansı belirlenir. Örneğin, katalogunda giriş empedansı  $10000 \Omega/V$  olarak belirtilen bir voltmetrenin 50 V kademesindeki toplam giriş empedansı  $50 \times 10000 = 500000 \Omega$  dur. Giriş empedansı büyüdükçe aletin devreye yükleme etkisi azalır. Elektronik ölçü aletlerinin giriş empedansları büyük olduğundan devreye yükleme etkileri azdır. Bu nedenle tercih edilirler.

**FREKANS CEVABI (BANT GENİŞLİĞİ):** Dijital ölçü aletlerinde, ölçü aleti için belirtilen doğruluğun geçerli olduğu frekans bölgesinin alt ve üst sınırlarını belirtir. Frekans sınırları doğru akım seviyesinden 10 MHz'e kadar olabilmektedir. Özellikle osilaskoplarda frekans bandının çok geniş olması tercih edilir.

**ÖLÇÜ ALETİNİN ENERJİ SARFIYATI:** Ölçü aletinin ölçme sınırına kadar sapma yapması durumunda kendisi için harcadığı enerji miktarıdır. Bu enerji miktarı analog ölçü aletinin az ya da çok sapmasına göre değişir. Analog ölçü aletlerinde alet, ölçme yapılan devreden  $I^2 R$  kadar bir güç harcar. Bu güç, ölçülen büyüklük ile doğru orantılıdır. Dijital ölçü aletlerinde ise, alet ayrı bir kaynak (pil) tarafından beslendiğinden devreden güç çekmez bu da dijital ölçü aletinin tercih edilen bir özelliğidir.

### **ÖLÇÜ ALETLERİ SEMBOLLERİ:**

Elektrik ölçmelerinde değişik tip ve şekillerde ölçü aletleri kullanılır. Bu ölçü aletleri özel işaretlerle ya bir yuvarlak içinde ya da küçük bir kare içinde gösterilir. Bu yuvarlak veya kare durumları aynı zamanda aletin yapısını da belirtir.

Bütün elektrik ölçü aletlerinin kadran taksimatı üzerinde,

- 1- Bu ölçü aletlerini yapan fabrikanın ismi veya sembolü
- 2- Ölçtüğü akımın cinsi (AC veya DC)
- 3- Ölçme yaparken aletin duracağı pozisyonu (eğik, dik, yatık)
- 4- Aletin duyarlılığı (sınıfı), tipi, yalıtkanlık deneyinin yapılp yapılmadığı
- 5- Aletin sembolü
- 6- Ölçme hatası
- 7- Üretim ve seri numarası
- 8- Kullanım frekansı vb. bilgiler bulunur.

Elektrik ölçü aletlerine ait semboller iki grupta incelenir.

a) Elektrik ölçü aletlerinin gösterme şekillerine göre semboller

b) Elektrik ölçü aletlerinin kadranda bulunan semboller

Örneğin alet kadranda  $— \cap 0,5 \sqcap \star$  bulunuyorsa

$—$  Doğru akımda kullanılır

$\cap$  Döner bobinli ölçü aleti

0,5 Aletin hata sınıfı

$\sqcap$  Alet yatay olarak kullanılacak

$\star$  Aletin yalıtkanlık testi gerilimi 2 kV la yapılmıştır.

ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN GÖSTERME ŞEKLİNE GÖRE SEMBOLLERİ			
Şekli	Anlamı	Şekli	Anlamı
	Göstergeli ölçü aleti (genel)		Lüksmetre
	Yazıcı ölçü aleti (genel)		Ommetre
	Sayıcı ölçü aleti (genel)		Avometre
	Gerilim bobini ölçer		Frekansmetre
	Akım bobini ölçer		Turmetre (takometre)
	Uç çıkartılmış alet		Kaydedici vatmetre
	Göstergesi bir yönlü ölçü aleti		Osiloskop
	Göstergesi ortada iki yönlü ölçü aleti		Sıfır ayarlı omik direnç ölçme köprüsü
	Sayıcı (numaralı) ölçü aleti		Kaydedici ölçü aleti
	Göstergeli ampermetre		Noktalayıcı ölçü aleti
	D.A ve A.A voltmetresi		Bir fazlı alternatif akım sayacı
	Alternatif akım sıfır aleti		3 telli 3fazlı aktif sayaç
	Çift voltmetre		3 telli 3fazlı reaktif sayaç
	Fark voltmetresi		1 kutuplu 1 fazlı çift tarifeli sayaç
	Göstergeli vatmetre		4 telli 3fazlı aktif sayaç
	Göstergeli kosinüsfi metre		Amper-saat metre
	Senkronoskop		Gausmetre

ÖLÇÜ ALETLERİ SEMBOLLERİ					
No	Şekli	Anlamı	No	Şekli	Anlamı
1		Döner bobinli ölçü aleti	22	ast	Astatik ölçü aleti
2		Termo elemanlı döner bobinli alet	23	$\frac{1.5}{2}$	Alet doğru akımda % 1.5 Alternatif akımda % 2 hatalı
3		Redresörlü döner bobinli alet	24		Alet demir örtülü
4		Döner mıknatıslı ölçü aleti	25		Alternatif akım için
5		Çapraz mıknatıslı ölçü aleti	26	—	Doğru akım için
6		Elektrodinamik ölçü aleti (demirsiz)	27		Doğru ve alternatif akım için
7		Elektrodinamik ölçü aleti (demirli)	28		Üç fazlı akım için (bir ölçme sistemli)
8		Elektrodinamik çapraz bobinli ölçü aleti (demirsiz)	29		Üç fazlı akım için (iki ölçme sistemli)
9		Elektrodinamik çapraz bobinli ölçü aleti (demirli)	30		Üç fazlı akım için (üç ölçme sistemli)
10		Termik ölçü aleti	31		Aletin muayene gerilimi 500 V.
11		Elektrostatik ölçü aleti	32		Aletin yalıtkanlık deneyi yapılmamış
12		Yumuşak demirli ölçü aleti	33		Yalıtkanlık deneyi 2 kV.la yapılmış ölçü aleti
13		Çapraz bobinli ölçü aleti	34		Alet dik olarak kullanılacak
14		İndüksiyon ölçü aleti	35		Alet yatay olarak kullanılacak
15		İndüksiyon tipi çapraz bobinli ölçü aleti	36		Alet eğik olarak kullanılacak rakam eğiklik açısını gösterir
16		Bimetal ölçü aleti	37		Alete dıştan bağlanan şönt direnç
17		Döner demirli ölçü aleti	38		Alete dıştan bağlanan ön direnç
18		Titreşimli ölçü aleti	39		Alete dıştan bağlanan indüktans
19		Termo eleman	40		Yalıtkanlık deney gerilimi
20		İndrekt ısıtılmış termo eleman	41		Sıfır ayar tertibatı
21		Redresör	42		Çalışma tertibatına dikkat ediniz

### Ölçü aletlerinde kullanılan semboller



## ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Elektriksel büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri çok çeşitli tip ve şekillerde olmasına karşılık, bazı ortak özellikleri yönü ile aynı çatı altında gruplandırılabilirler. Bu gruplandırmalar, ölçtüğü büyüklüğün doğruluk derecesine göre, ölçü aletlerinin gösterme şekline göre ve kullanma yerine göre yapılmaktadır



### - Hata Sınıfına Göre (Doğruluk derecesine göre) Ölçü Aletleri

**1- Primer (1.sınıf) Ölçü Aletleri:** Bu ölçü aletleri daha çok laboratuvarlarda ve kontrol merkezlerinde etalon aletler olarak kullanılırlar. İmalat hatasına göre 0,1- 0,2- 0,5 şeklinde sınıflandırılanlar bu gruba girerler. Primer ölçü aletlerinde, normal ölçmelerde kullandığımız aletlere göre bazı özellikler aranır. Bu özellikler sırasıyla,

- Büyük doğruluk derecesi
- Yüksek hassasiyet
- Kolay taşınabilir olması
- Portatif ve ufak sarsıntılara dayanıklı, muhafaza kapları olması gerekir.

Bu aletler aşırı yüklere ve dengesiz kullanmalara karşı çok hassastırlar. Ölçme yaparken; sarsıntılardan, çarpmalardan ve yabancı manyetik alanların etkisinden korumak gerekir. Ölçme anında sarfiyatları yok denecek kadar azdır.

**Etalon:** Ölçü aletlerinin doğru ölçüp ölçmediğini kontrol etmek için kullanılan hassas ölçü aletlerine denir.

**2- Sekonder (2.sınıf) Ölçü Aletleri:** Primer ölçü aletlerine göre daha kaba olarak imal edilirler. İmalat hatalarına göre 1- 1,5 -2,5- 5 şeklinde sınıflandırılanlar bu gruba girerler.

Uygulamada çoğunlukla sekonder ölçü aletleri kullanılır.

Sekonder ölçü aletleri fazla hassas olmadıkları için, çok doğru ölçüm yapamazlar. Periyodik olarak etalon aletlerle karşılaştırılması gerekir.

### - Ölçtüğü Büyüklüğü Gösterme Şekline Göre Ölçü Aletleri

**1- Gösteren Ölçü Aletleri:** Bu ölçü aletleri ölçtükleri elektriksel büyüklüğün o andaki değerini skalasından veya göstergesinden gösteren, başka bir ölçüme geçildiğinde eski değeri kaybedip yeni ölçüm değerini gösteren ölçü aletleridir. Bu ölçü aletlerinin ölçtükleri değerleri geriye dönük kendi belleğine kaydetme özelliği yoktur, ancak son zamanda gösteren ölçü aletlerinde ölçü aletleri ile bilgisayar arasında yapılan bağlantı ve bilgisayara yüklenen yazılım ile bu ölçü aletlerinin istenen gün, saat ve dakikada kaydettikleri değerler bilgisayar ortamında görüntülenebilmektedir.



**Gösteren Ölçü Aletleri**

**2– Kaydedici (yazıcı) Ölçü Aletleri:** Kaydedici ölçü aletleri, ölçülen büyüklüğün değerini zamana bağlı olarak grafik kağıdı üzerine çizerek kayıt ederler. Bu ölçü aletlerinde geriye dönük ölçülen değerlerin okunması ve incelenmesi mümkündür. Meteorolojik ölçümler, deprem araştırma merkezlerindeki ölçümler, elektrik santrallerinde üretilen enerjinin izlenmesi gibi alanlarda kullanılır.



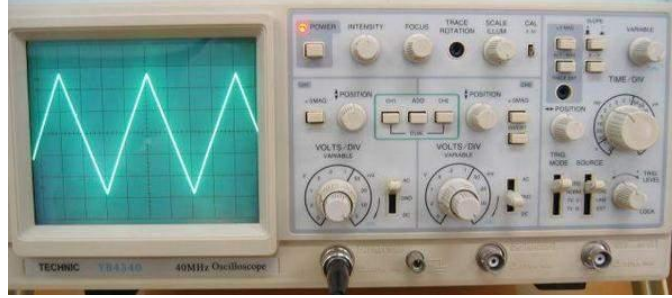
**Kaydedici (yazıcı) Ölçü Aletleri**

**3– Toplayıcı Ölçü Aletleri:** Toplayıcı ölçü aletleri, ölçtükleri elektriksel büyüklük değerini zamana bağlı olarak toplarlar. Bu ölçü aletlerinin ekranında okunan değer, ölçüme başladığı andan itibaren ölçtüğü değerdir. Yani ölçtüğü değeri bir önceki değerine ilave ederek ölçüm yaparlar. Enerji kesildiğinde ölçülen değer sıfırlanmaz. Elektrik sayaçları bu tip ölçü aletlerine verilebilecek en iyi örneklerden biridir.



**Toplayıcı Ölçü Aletleri**

**4- Ekranlı Ölçü Aletleri:** Periyodik veya periyodik olmayan elektriksel işaretlerin ölçülmesi ve gözlenmesini sağlayan, çok yönlü elektronik cihazlardır. Ölçülen büyüklükleri ekranında yazarak ya da grafik şeklinde çizerek ifade ederler. Ekranlı aletler daha çok ölçülecek işaretin zamana göre değişimini ölçmek amacı ile kullanılır. Ekranlı ölçü aletleri ile AC ve DC gerilimler, AC ve DC akımlar, periyod, frekans, faz ölçümü gibi büyüklükler ölçülebilir. Dijital avometreler, osiloskoplar bunlara örnek olarak gösterilebilir.



#### - Kullanım Yerlerine Göre Ölçü Aletleri

**1- Taşınabilir (Portatif) Ölçü Aletleri:** Bu tür ölçü aletleri çoğunlukla atölye, işletme ve laboratuvar ortamlarında pratik ölçüm yapmak amacı ile kullanılan sabit bir yere monte edilmeyen ölçü aletleridir. Bu tip ölçü aletleri kendine ait bir kapalı kap içerisine alınmış taşınmaya uygun ölçü aletleridir. Ancak çarpma ve darbelere karşı hassas olduklarından kullanımında gerekli özen gösterilmelidir.



**Taşınabilir (Portatif) Ölçü Aletleri**

**2- Pano ve Tablo Tipi (Panel tipi) Ölçü Aletleri:** Bu tür ölçü aletleri sanayide, fabrikalarda ve atölyelerde, elektriksel büyüklüklerin sık sık kontrol edilmesi istenen yerlerde kullanılır. Pano veya tablo üzerine özel montaj malzemeleri kullanılarak sabitlenen bu ölçü aletleri dik çalışacak şekilde tasarlanır. Günlük ölçümlerde ve deney masalarında kullanım için uygun değildir.



**Pano ve Tablo Tipi (Panel tipi) Ölçü Aletleri**

### - Çalışma Prensiplerine Göre Ölçü Aletleri

Uygulamada kullanılan elektrik ölçü aletlerinin hepsi, elektrik akımının veya geriliminin çeşitli etkilerinden faydalanarak çalışırlar. Bu etkilerden faydalanarak çalışan ölçü aletleri,

Akımın Etkileri	Akımın Cinsi	Bu Etkiye Göre Çalışan Ölçü Aletleri
Manyetik Etkisi	$\approx$	Voltmetre, Ampermetre, Wattmetre
Isı Etkisi	$\approx$	Voltmetre, Ampermetre
Elektromanyetik (İndüksiyon) Etkisi	$\sim$	Voltmetre, Ampermetre, Wattmetre, Sayaç
Elektrostatik Etkisi	$\approx$	Voltmetre

Elektrik akımının etkisine göre çalışan ölçü aletleri, çalışma prensiplerine göre gruplara ayrılırlar.

- 1) Elektromanyetik ölçü aletleri
- 2) Döner bobinli ölçü aletleri
- 3) Döner mıknatıslı ölçü aletleri
- 4) Elektrodinamik ölçü aletleri
- 5) Termik (Isıl) ölçü aletleri
- 6) Elektrostatik ölçü aletleri
- 7) İndüksiyon ölçü aletleri
- 8) Optik ölçü aletleri
- 9) Titreşimli ölçü aletleri

### -Yapısına Göre Ölçü Aletleri

**1- Analog Ölçü Aletleri:** Ölçtüğü değeri skala taksimatı üzerinden ibre ile gösteren ölçü aletleridir. Analog ölçü aletleri çok değişik yapı ve skala taksimatlarına sahip olarak imal edilirler. Bu ölçü aletlerinde değer okumak daha zor gibi görünse de analog ölçü aletleri daha hassas ölçümlere olanak sağlarlar.



**Analog ölçü aletleri**

**2- Dijital Ölçü Aletleri:** Ölçtüğü değeri dijital bir göstergede sayılarla gösteren ölçü aletleridir. Bu ölçü aletlerinin kullanımı kolay olup özellikleri analog ölçü aletlerine göre daha fazladır. Günümüzde dijital ölçü aletleri ile ayarlanan değer aşıldığında sinyal alma, ölçülen değerlerin bilgisayar ortamına taşınması ve kullanılması gibi ilave işlemler yapılabilmekte olup yeni özellik ve nitelikler ilave edilerek geliştirilen ölçü aletleridir.



**Dijital ölçü aletleri**

## **ELEKTRONİK ÖLÇÜ ALETLERİ**

Çalışma prensiplerine göre sıraladığımız ve uygulamada kullandığımız ibreli ölçü aletlerinin tamamı analog ölçü aletidir. Bu analog ölçü aletlerinde elektronik eleman çok kullanılmaz. Nadiren özel amaçlar için, diyot, direnç ve kondansatör gibi elemanlar kullanılabilir.

Elektronik ölçü aletleri ise, birçok elektronik elemanlardan oluşur. Ancak bu tür ölçü aletleri ile fiziki büyüklükleri ölçerken ya bir döner bobinli aletten veya dijital bir ekrandan faydalanırız. Elektronik ölçü aletlerini fiziki büyüklüğü okuma şekline göre iki gruba ayırabiliriz.

**A-** Elektronik analog ölçü aletleri

**B-** Dijital ölçü aletleri

## **A- ELEKTRONİK ANALOG ÖLÇÜ ALETLERİ**

Elektriksel büyüklükleri ölçmek için içerisinde elektronik devreler ve döner bobinli bir alet bulunan cihazlar kullanılır. İbreli avometreler, ibreli prometrelere, ibreli lüksmetreler, ibreli takometreler bu tür ölçü aletleri grubuna girer.

Uygulamada elektronik tip analog ölçü aletleri daha çok ibreli avometre ve voltmetre yapımında kullanılır.

## **B- DİJİTAL ÖLÇÜ ALETLERİ**

Son yıllarda dijital elektronik alanında büyük gelişmeler olmuştur. Birçok elektronik ölçü cihazında dijital devreler bulunmaktadır. Dijital aletlerde tüm ölçümler, ibreli aletlerde olduğu gibidir. Ancak ibre yerine gösterge vardır. Ölçüm sonuçları doğrudan rakam olarak görünür. Dijital cihazların analog cihazlara göre bazı üstünlükleri vardır.

**1-** Daha hızlı çalışırlar.

**2-** Daha doğru ölçme yaparlar.

**3-** Okuma hataları azdır, kolay okunurlar.

**4-** Otomatik ölçme yapmak mümkündür.

**5-** Bilgisayar ve diğer sistemlere bağlamak mümkündür.

**6-** Ölçme yaparken her hangi bir konumda (eğik, dik, yatık) olmaları önemli değildir.

**7-** Aynı anda çok sayıda değişik elektriksel ve fiziksel parametreler ölçülebilir. (Grafik multimetreler gibi)

**8-** Ölçme yaparken ölçtükleri kaynaktan enerji harcamazlar.

**9-** Rezolüsyonları (algılama) hızı yüksektir.

**10-** Gürültülere karşı dayanıklıdır.

**11-** Ölçtüğü devrelere yüklenme etkisi azdır. (Ampermetrenin ölçtüğü devrede akımı azaltması gibi)

**12-** Dijital ölçü aletleri dışarıdan bir pil ile beslenir. Daha az enerji harcar.

- 13- Mekanik arızaları çok azdır.
- 14- Manyetik alandan etkilenmeden çalışırlar.
- 15- Dijital cihazların boyutları çok küçük olabilir.

### ANALOG CİHAZLARIN ÜSTÜNLÜKLERİ

Uygulamalarda bazen analog göstergeler tercih edilir.

- 1- İbrenin hareket yönü ve bağıl genlik değişimi söz konusu olduğu zaman analog göstergenin izlenmesi daha kolay olur. Ölçüm yapıldığı anda ibre kararlı durumu gösterir.
- 2- Yapıları basittir, arızalarının tamiri kolaydır.
- 3- Ölçme yaparken ayrı bir enerji kaynağına ihtiyaç duymazlar.



### AKIM, GERİLİM VE DİRENÇ ÖLÇMEK AMPERMETRE, VOLTMETRE, OHMMETRE

Ölçü aletleri göstergeli tipte yapılabildiği gibi, günümüzde okuma kolaylığı sebebiyle dijital ölçü aletleri olarak da yapılıp kullanılmaktadır.

Doğru akımda çalışan ölçü aletleri ortalama değeri, alternatif akım ile çalışan ölçü aletleri ise etkin değeri ölçerler.

Galvanometre elektriksel büyüklükleri ölçebilen döner bobinli ölçü aletidir. Milivoltmetre de denir. İbre ile skalaları hangi büyüklüğe göre kalibre edilmişse, o büyüklüğü ölçer. Ampermetre, voltmetre veya ohmmetre olarak üretilip kullanılırlar. Bu nedenle galvanometrelerin üç ayrı duyarlılıkları vardır.

**a) Akım Duyarlılığı:** Ölçme skalasındaki bir aralık sapma için gereken akım miktarının mikroamper olarak değeridir.

**b) Gerilim Duyarlılığı:** Galvanometreye seri olarak kritik sönüm direnci bağlandığında skalada bir aralık sapma sağlayabilecek gerilim değeridir.

**c) Omik Duyarlılık:** 1V'luk bir gerilimle skalada bir aralık sapma elde etmek için gereken seri direncin değeridir.

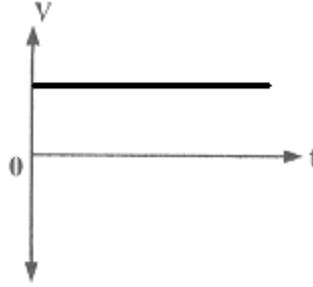
Ampermetre, voltmetre ve ohmmetreler genellikle ayrı ayrı yapılmazlar. Kullanışlı, az yer kaplayan, ekonomik olabilmeleri için çok fonksiyonlu tek bir alet olarak yapılırlar. Bu nedenle uygulamada panel tipi ölçü cihazları dışında pek az karşılaşılır.

## DOĞRU VE ALTERNATİF AKIMDA AKIM ÖLÇMEK VE DC VE AC AMPERMETRE ÇEŞİTLERİ

Bir elektrik devresinden birim zamanda geçen elektron miktarına akım denir, I harfi ile gösterilir, birimi amperdir ve değeri ampermetre ile ölçülür. Elektrik devresindeki akım (+) dan (-) ye doğru akar.

### Doğru Akım

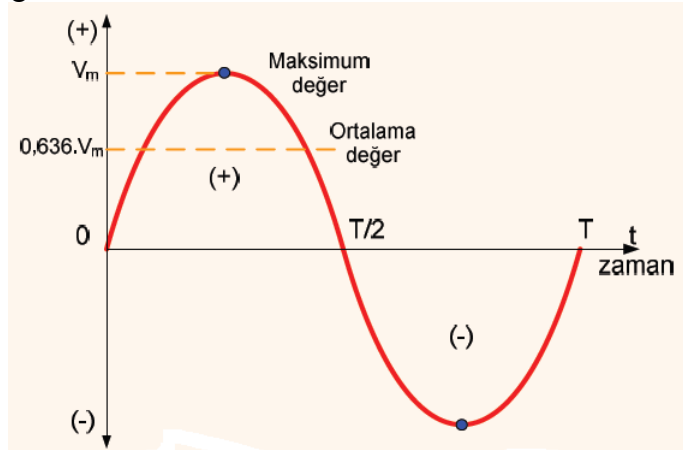
Yönü ve şiddeti zamana göre değişmeyen akıma doğru akım (DC) denir. Doğru akımın üretilmesi ve iletilmesi alternatif akıma göre daha zor olduğundan çok yaygın kullanılmamaktadır. Aküler, piller, DC dinamoları, DC kaynaklarına birer örnek olarak verilebilir.



Doğru akım

### Alternatif Akım

Yönü ve şiddeti zamana göre değişen akıma alternatif akım denir. Buradaki yön değişimiyle alternatif akımın zamanla hem pozitif hem de negatif değer alması vurgulanırken, şiddetinin değişmesiyle de sıfırdan maksimum değere doğru hızlı bir değer artışı ve azalışı göstermesi ifade edilmektedir. Alternatif akımda devamlı olarak değişen akım ve gerilimin farklı bazı değerleri vardır. Bu değerler; ani değer, maksimum değer, tepeden tepeye değer, ortalama değer ve etkin değer olarak adlandırılır.



Alternatif akım eğrisi

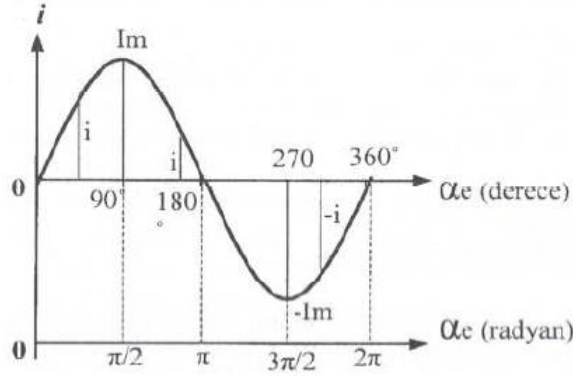
### Ani Değer

Akım veya gerilimin herhangi bir andaki değerine ani değer adı verilir. Akım ve gerilimin ani değeri "i" ve "v" ile gösterilir.

### Maksimum Değer

Alternatif akım eğrisinde akım veya gerilim değerinin aldığı en büyük değere maksimum değer denir. Akım ve gerilimin maksimum değeri " $I_m$ " ve " $V_m$ " ile gösterilir.

Alternatif akım eğrisinde akım veya gerilim değerinin aldığı en büyük değer ile en küçük değer arasındaki fark tepeden tepeye değeri verir. Tepeden tepeye değeri maksimum değerinin iki katıdır.

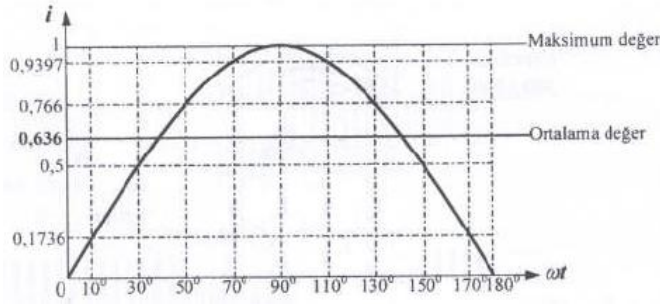


**Ani ve maksimum değer**

### Ortalama Değer

Akım veya gerilimin bir periyotta aldığı değerlerin ortalaması, ortalama değer olarak tanımlanır. Alternatif akımın ortalama değeri sıfırdır. Çünkü pozitif değer olarak aldığı değerlerin tamamını negatifte de aldığından toplam ve ortalama sıfır değerine tekabül eder. Akım ve gerilimin ortalama değeri " $I_{ort}$ " ve " $V_{ort}$ " ile gösterilir. Şekilde verilen sinyalin ortalama değeri:

$I_{ort} = 0,636 \cdot I_m$ ,  $V_{ort} = 0,636 \cdot V_m$  formülü ile bulunur

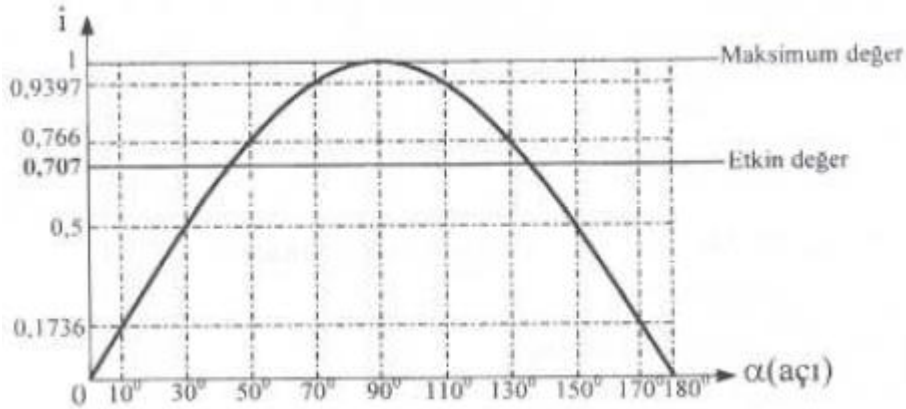


**Ortalama değer**

### Etkin Değer

Alternatif akımda, doğru akımın yaptığı işe eşit iş yapan alternatif akım değerine etkin değer denir. Alternatif akımın en çok kullanılan değeri, etkin değerdir. Ölçü aletleri alternatif akımın etkin değerini ölçer. Akım ve gerilimin etkin değeri " $I$ " ve " $V$ " ile ifade edilir. Etkin değer "RMS" veya "rms" şeklinde de ifade edilir.

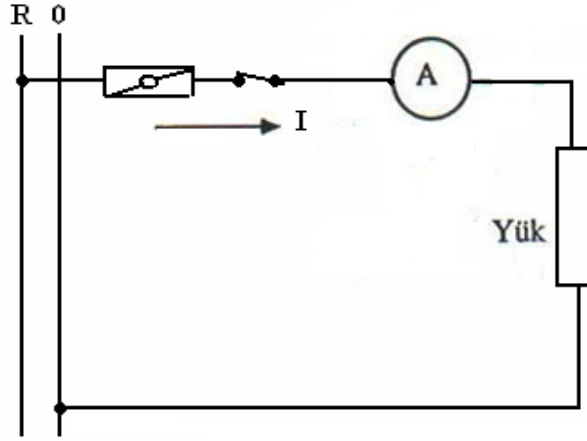
$I = 0,707 \cdot I_m$ ,  $V = 0,707 \cdot V_m$  formülü ile bulunur.



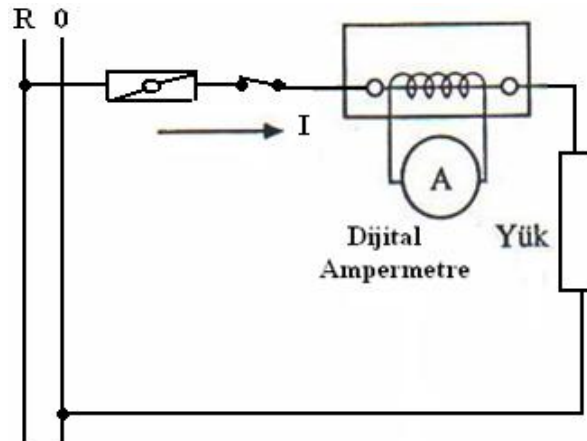
**Etkin değer**



Bir elektrik devresinden geçen akım şiddetini ölçen ampermetreler devreye seri olarak bağlanırlar. Devreden geçen akım ampermetreden de geçer.  $I = \frac{U}{R + R_i}$  olduğundan ampermetrenin iç direnci ( $R_i$ ) devre akımını da etkiler. Alıcının çalışma akımını etkilememesi için, ampermetre analog ya da dijital olsun, iç direncinin küçük olması gerekir. Bu nedenle, ampermetre bobini kalın telli, az sarımlı olarak yapılır.

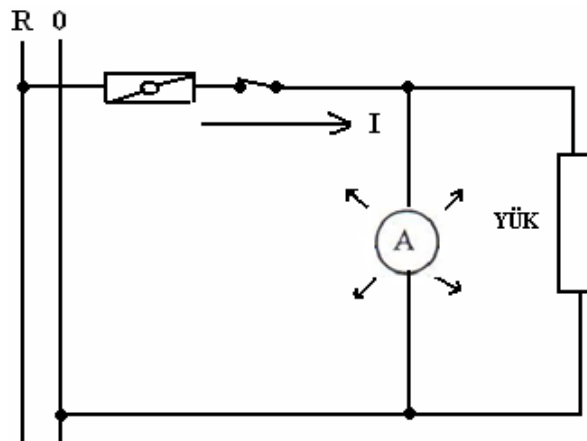


**Ampermetre devreye daima seri bağlanır**



**Dijital ampermetre kalın telden hazırlanmış bir şönt üzerinden geçen akımın iletken üzerinde oluşturduğu gerilime göre ölçme yapar**

Ampermetrelerin iç dirençleri küçük (0 - 1  $\Omega$  arasında) olduğu için kesinlikle devreye **paralel** bağlanmamalıdır.



**Ampermetre devreye kesinlikle paralel bağlanmaz**

Ampermetre, yanlışlıkla devreye paralel bağlanacak olursa, iç direnci çok küçük olduğundan üzerinden büyük akım geçer ve ampermetre yanar. Çünkü bu durumda devre, ampermetre üzerinden kısa devre olmuştur.

Ampermetreler ölçtüğü akımın büyüklüğüne göre mikro ampermetre, mili ampermetre ve kilo ampermetre olarak adlandırılır.

$$1 \mu\text{A} = 0,000001 \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A} = 10^3 \text{ A}$$

Uygulamada hem doğru akım hem de alternatif akım devreleri bulunduğundan, sadece doğru akımda veya sadece alternatif akımda ölçme yapan ampermetreler olduğu gibi, her iki akımda ölçme yapan ampermetreler de vardır. Doğru akım devresinde doğru akım ampermetresi, alternatif akım devresinde alternatif akım ampermetresi kullanılmalıdır.

Döner bobinli ampermetreler sadece doğru akımda, indüksiyonlu ampermetreler sadece alternatif akımda, elektromanyetik ampermetreler ise hem doğru hem de alternatif akımda ölçme yaparlar. Bu nedenle ampermetreler devreye bağlanırken bunlara dikkat edilmelidir.

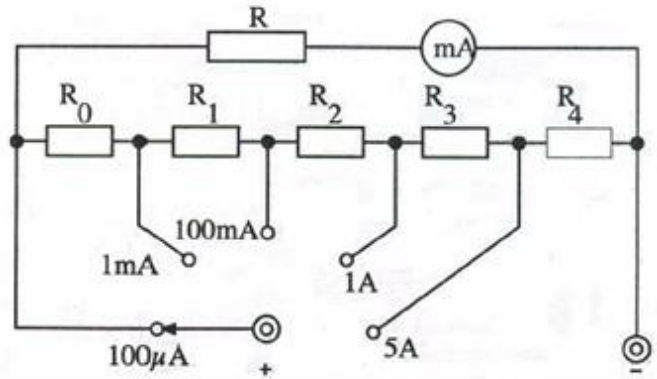
Günümüzde işletmelerde kullanılan ampermetreler, genellikle tablo tipi şeklinde yapılmaktadır. Okuma kolaylığı nedeniyle tablo tipi dijital ampermetrelerin kullanım sahası hızla artmıştır.

Piyasada elektrikçilerin kullandığı ve kabloyu kesmeden alıcıların akımını ölçtüğü pens ampermetreler de vardır. Bunlar sadece alternatif akım devrelerinde pratik olarak alıcıların akımlarını ölçmek için kullanılır.

Laboratuarlarda birden çok ölçme alanlı masa tipi ampermetreler bulunmaktadır. Bunlar genelde hassas ölçmelerde kullanılan, döner bobinli aletle yapılmış ampermetrelerdir. Bu tip ampermetrelerle ölçme yaparken daha dikkatli olunmalıdır.



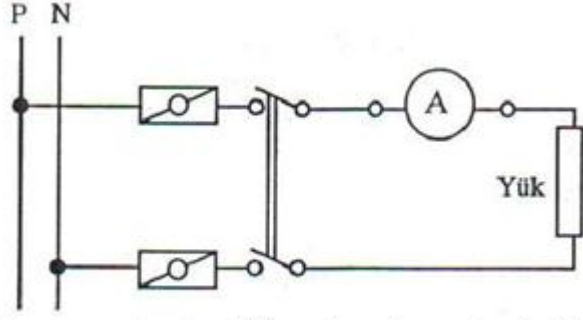
Masa tipi çok ölçme alanlı ampermetre



İç bağlantı şeması

Çok küçük akımları ölçen ampermetreler dışında, tablo tipi ampermetreler direkt olarak en fazla 5 A'lık akımı ölçebilecek şekilde yapılırlar. Uygulamada bundan büyük akımların ölçülmesi gerekebilir. Bunun için ölçü aletinin içinde alete paralel şönt direnç bağlanarak daha büyük akımların ölçülmesi sağlanır.

Doğru akım ölçümünde ibre ters yönde saparsa enerji kesilip, bağlantı uçları değiştirilerek doğru yönde sapması sağlanır. Alternatif akımın yönü ve şiddeti sürekli değiştiğinden, aletin ters sapma ihtimali yoktur. AC ampermetre, uçlarının polaritelerine dikkat edilerek devreye bağlanmalıdır. Aksi halde ibre ters yönde sapar. Uzun süreli ters sapmalarda galvanometre yanabilir. Yükün akımı seçilen aletin son skala taksimatı değerinin altında ve son skala değerine yakın bir değer olmalıdır. 8 A'lık bir akım ölçülecekse 10 A'lık ampermetre kullanılmalıdır.



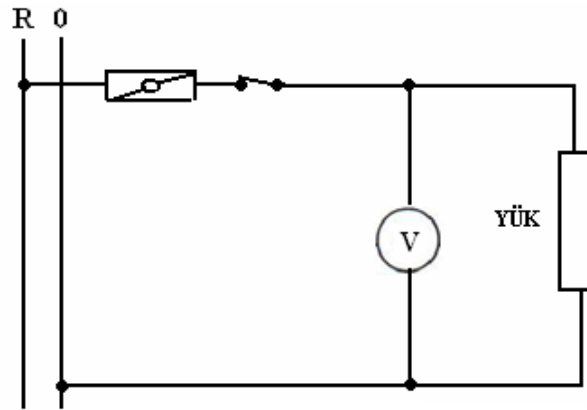
**Ampermetrenin doğru akım devresine bağlanması**

### **DOĞRU VE ALTERNATİF AKIMDA GERİLİM ÖLÇMEK VE DC VE AC VOLTMETRE ÇEŞİTLERİ**

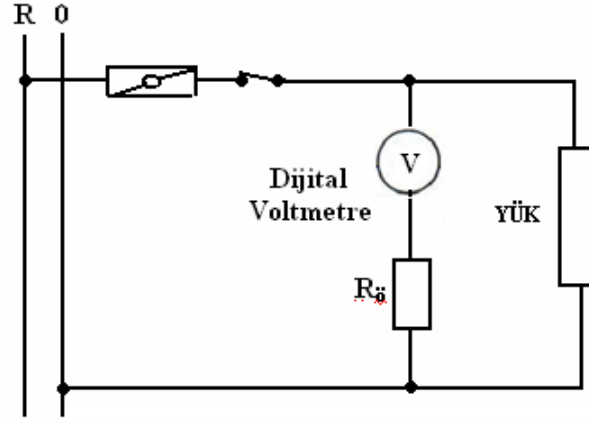
Bir elektrik devresinde akımın geçişini sağlayan etkiye gerilim denir. İki nokta arasındaki potansiyel fark olarak da ifade edilir. U harfi ile gösterilir, birimi voltur ve değeri voltmetre ile ölçülür.

Elektrik devrelerinde iki nokta arasındaki potansiyel farkını (gerilimi) ölçen voltmetreler elektrik devresinin veya bir gerilim kaynağının uçları arasına doğrudan doğruya bağlanırlar. Bu bağlama şekline paralel bağlama denir.

Voltmetreler bağlandıkları devrede önemli bir değişiklik meydana getirmemelidir. Yani, devrenin veya kaynağın gerilimini düşürecek kadar büyük bir akım çekmemelidir, ayrıca ölçme yaparken fazla güç sarfiyatı yapmamalıdır. Voltmetre devreye paralel bağlandığından, devre akımının bir kısmı voltmetreden geçmek ister. Voltmetreden geçen akımın küçük olması için, voltmetrenin iç direnci çok büyük olmalıdır. (Direnci en az volt başına 200  $\Omega$  olmalıdır). Bu nedenle, voltmetre bobini ince telli ve çok sarımlı olarak yapılır. Yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan voltmetrelerin iç dirençleri daha büyüktür.

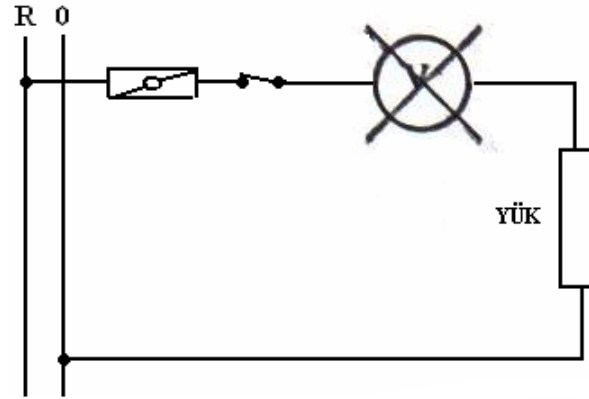


**Voltmetre daima yük uçlarına paralel bağlanır**



**Dijital voltmetrenin önüne uygun ön direnç bağlıdır**

Voltmetrelerin iç dirençleri büyük olduğu için kesinlikle devreye **seri bağlanmamalıdır**.



**Voltmetre kesinlikle devreye seri bağlanmaz**

Voltmetre yanlışlıkla devreye seri bağlanacak olursa, iç direnci çok büyük olduğundan devre direncini önemli ölçüde artırır ve geçen akım küçük olur. Bu durumda, gerilimin büyük bir kısmı voltmetre üzerinde düşer. Fark gerilim ise, alıcıların normal çalışma geriliminden çok küçük olduğundan, alıcılar bu gerilim altında ya normal çalışmazlar ya da hiç çalışmazlar.

Voltmetreler ölçtüğü gerilimin büyüklüğüne göre mikrovoltmetre, milivoltmetre ve kilo voltmetre olarak adlandırılırlar.

$$1 \mu\text{V} = 0,000001 \text{ V} = 10^{-6} \text{ V}$$

$$1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ MV} = 1000000 \text{ V} = 10^6 \text{ V}$$

Voltmetrelerin duyarlılığı volt başına ohm olarak belirtilir. 250 V'luk voltmetrenin direnci 100000  $\Omega$  ise, aletin duyarlılığı  $100000 / 250 = 400 \Omega/\text{V}$ 'dur. Yani aletin duyarlılığı volt başına 400  $\Omega$ 'dur. Bu değer ne kadar büyük olursa duyarlılık o kadar iyi olur. Direnç büyüdükçe aletin bobini daha küçük bir akımla çalışır.

Uygulamada hem doğru akım, hem de alternatif akım devreleri bulunduğundan, sadece doğru akımda veya sadece alternatif akımda ölçme yapan voltmetreler olduğu gibi, her iki akımda ölçme yapan voltmetreler de vardır. Doğru akım devresinde doğru akım voltmetresi, alternatif akım devresinde alternatif akım voltmetresi kullanılmalıdır.

Döner bobinli aletten yapılmış voltmetre sadece doğru akımda ölçme yapar. Uçları ters bağlanırsa ibre ters sapar, bu durumda bağlantı uçları değiştirilir. Alternatif akıma bağlanırsa, ibre saniyede 50 defa sağa sola dönemeyeceğinden sıfırı gösterir.

Piyasada pano ve tablo tipinde imal edilen voltmetreler hem analog hem de dijital tipte yapılırlar.

Laboratuarda birden çok ölçme alanlı masa tipi voltmetreler de kullanılmaktadır.

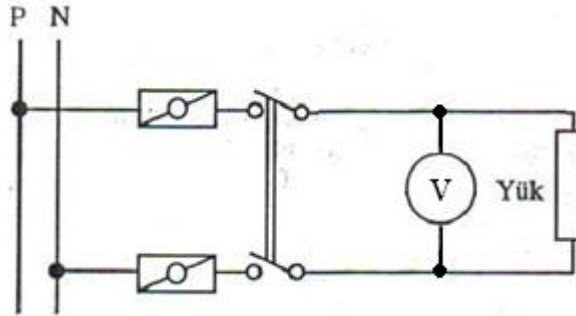


**Masa tipi çok ölçme alanlı voltmetre**

Ayrıca doğru ve alternatif akımda, gerilim ölçen komütatör anahtarlı kombine ölçü aletleri de vardır. Voltmetreler gösterme şekline göre analog ve dijital olmak üzere iki çeşittir. Yapılışları itibariyle (elektrostatik voltmetreler hariç) çok küçük gerilimleri (500 mV- 1 V gibi.) ölçebilir. Uygulamada çok daha büyük gerilimler (100 – 400 – 1000 V gibi) ölçülmek istenebilir. Bunun için voltmetreye yüksek değerli dirençler (10 K – 20 K – 50 K gibi) seri olarak bağlanır. Bu dirençlere ön direnç adı verilir.

DC Voltmetre polaritelerine dikkat edilerek devreye bağlanmalıdır, aksi halde ölçü aleti zarar görebilir. Ölçülecek gerilim değeri, seçilen aletin son skala taksimat değerinin altında ve son skala değerine yakın bir değer olmalıdır. 120 V'luk bir gerilim ölçülecekse 150 V'luk voltmetre kullanılmalıdır.

AC Voltmetre, elektronik ölçü aleti veya döner bobinli galvanometreden yapılabilir. Elektrodinamik ölçü aletleri hem DC gerilimin hem de AC gerilimin ölçümünde kullanılabilir veya döner bobinli galvanometreye bir doğrultucu ilave edilerek, doğru gerilimin yanında alternatif gerilim de ölçülebilir.



**Voltmetrenin doğru akım devresine bağlanması**

### **OHMMETRELER VE DİRENÇ ÖLÇMEK**

Bir elektrik devresinde çekilen akıma karşı gösterilen zorluğa direnç denir. Doğru akımdaki direnç (R), alternatif akımdaki direnç ( $R_c$ ) ile gösterilir. Birimi ohm ( $\Omega$ ) dur. Ayrıca bobinli elemanların alternatif akımdaki dirençlerinin empedansı (Z) ile gösterilir ve birimi ohm ( $\Omega$ ) dur.

Elektrikle çalışan bütün cihazların, kullandığımız her türlü kabloların, şehir şebekelerini besleyen enerji iletim ve dağıtım hatlarının belli değerlerde dirençleri vardır. Bunların direnç değerleri etiketlerinde veya projelerinde belirtilmiştir. Bu direnç değerleri zamanla değişirse alıcılar istenen şekilde çalışamazlar, verimleri düşer veya aşırı akım çekerler. Bir devrenin

direnci, o sistemin iyi çalışmasını sağlayan etkenlerden biridir. Çünkü direnç ısı şeklinde enerji kaybına, gerilim düşümüne veya bunlarla oluşan etkilere neden olur. Bu nedenle cihazın üzerinde, direnci yazılı olmayan birçok parçaların ve bazı durumlarda devrelerdeki arızaların yeri ve cinsi, dirençlerinin ölçülmesiyle kolayca bulunabilir.

Enerji hatlarının ve kabloların direnç değerleri ölçülerek arızaların yeri ve cinsi tespit edilebilir. Elektrikli cihazların ve motor sargı çıkış uçlarının direnç değerleri de ölçülerek arızalar rahatlıkla bulunabilir, bu uçların özellikleri belirlenebilir. Elektrikli cihazlarda uç kopması, motorlarda kısa devre veya kaçak yapma, bir fazlı motorlarda ana ve yardımcı sargı uçlarının belirlenmesi gibi.

Elemanların dirençleri doğru ve alternatif akımda farklı farklı değer gösterebilir. Bu nedenle direnç değeri söylenirken doğru akım direnci veya alternatif akım direnci şeklinde belirtilmelidir. Belirtilmemişse bu değer doğru akım direnci olarak kabul edilir. Ohmmetreler elemanların doğru akım dirençlerini ölçer.

Uygulamada kullanılan dirençler katı ve sıvı dirençler olmak üzere iki çeşittir.

Katı dirençler, metaller, alaşımlar ve karbonlardır.

Sıvı dirençler, asitler, bazlar ve tuzların sulu çöktürleridir.

Katı dirençler büyüklüklerine göre küçük, orta ve yüksek değerli dirençler olmak üzere üç grupta toplanır.

**Küçük değerli dirençler:** 0 – 1  $\Omega$  arasında değişen dirençlerdir. Ampermetre ve şönt dirençleri ile büyük güçlü dinamo endüvi dirençleri gibi. Bu değerdeki dirençler thomson tipi ohmmetre ile veya ampermetre – voltmetre yöntemi ile ölçülebilir.

**Orta değerli dirençler:** 1 – 100000  $\Omega$  arasında değişen dirençlerdir. Uygulamada kullanılan bütün elektrikli alıcıların dirençleri bu gruba girer. Bu değerdeki dirençler çeşitli ohmmetreler ile ve ampermetre – voltmetre yöntemi ile ölçülebilir.

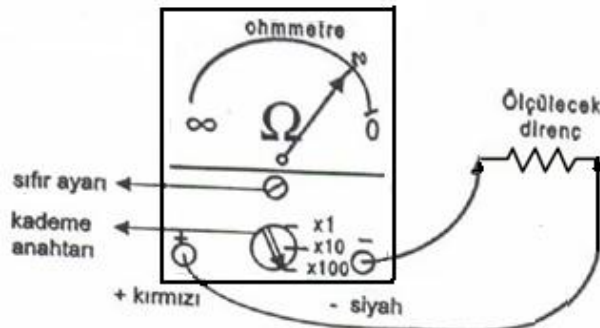
**Yüksek değerli dirençler:** 100000  $\Omega$ 'dan daha büyük olan dirençlerdir. Elektronikte kullanılan yüksek omajlı dirençler ile yalıtkan dirençler bu gruba girerler. Bu değerdeki dirençler seri ohmmetrelerle veya megerlerle ölçülebilir.

Dirençler direkt veya endirekt metotlarla ölçülür. Her iki metot da ohm kanunu ile açıklanan akım, gerilim ve direnç arasındaki ilişkiye dayanır.

$$R = \frac{U}{I} (\Omega)$$

Doğrudan doğruya direnç ölçen ölçü aletlerine ohmmetre denir. Pratikte ohmmetreler daha çok elektrik devrelerinin kontrolünde, kısa devre ve açık devre aranmasında kullanılır.

Ohmmetre içindeki kaynaktan (genellikle 1,5 V) ölçülecek dirence bir doğru gerilim uygulanır. Doğru akım devresine, ayrıca aletin içinde bulunan dirençler seri bağlıdır.



### Ohmmetre ve direnç ölçümü

Ohmmetre, gerçekte akım ölçen döner bobinli bir ölçü aletidir. Aletin kadranı akım yerine, doğrudan doğruya direnci gösterecek şekilde bölümlendirilmiştir. ( $\Omega$ , k $\Omega$ , M $\Omega$ ). Döner

bobinli olan ölçü aleti, bu dirençlerde düşen gerilimi okumaktadır. İç dirençlerde düşen gerilim, devreden geçen akım dolayısıyla dış devreye bağlanan direncin büyüklüğüne bağlıdır.

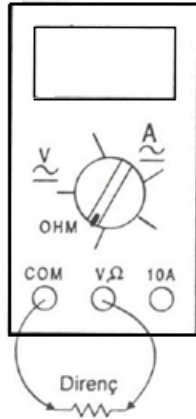
Ohmmetrelerin sıfır rakamı genellikle kadranın sağ tarafında,  $\infty$  (sonsuz) rakamı da sol tarafında bulunur. Ohmmetreler enerji altında çalıştırılmazlar, aksi halde ohmmetre zarar görür.

Uygulamada en çok kullanılan ohmmetreler,

- 1- Seri tip ohmmetreler
- 2- Paralel tip ohmmetreler
- 3- Veston tipi ohmmetreler
- 4- Thomson tipi ohmmetreler
- 5- Çapraz bobinli ohmmetreler

Direnç ölçme işlemi devrede enerji yokken yapılır. Önce aletin sıfır ayarı ayar potansiyometresi ile yapılır. Sonra, ohmmetre en büyük kademeye alınır. Ölçü aletinin uçları ölçülecek direncin iki ucuna bağlanır. Ölçüm değeri okunacak şekilde kademe ayarı yapılır. ( $\times 1$ – $\times 10$ – $\times 100$ – $\times 1$  k gibi). Her kademede sıfır ayarı yeniden yapılmalıdır. Skaladaki ibrenin gösterdiği değer okunur ve bu değer kademe anahtarı üzerindeki değer ile çarpılarak gerçek ölçüm sonucu bulunur. Örneğin  $\times 100$  kademesinde ibre skalada 20 rakamı üzerinde duruyorsa, direncin değeri  $20 \times 100 = 2000 \Omega$  olur.

Direnç ölçme işlemi günümüzde sadece ohmmetre yerine birçok ölçümü birlikte yapabilen avometre ( multimetre ) ile yapılmaktadır.



**Avometre ile direnç ölçümü**

Dijital ölçü aletleri ile direnç ölçümü çok daha basittir. Ölçülecek direnç ölçü aletine bağlandıktan sonra, kademe anahtarı uygun konuma getirilir. Ölçülen direnç değeri aletin ekranında birimi ile birlikte görülür. Sıfır ayarı yapılmaz.

Ohmmetre ile yapılan direnç ölçme yöntemine direkt ölçme, ohmmetre kullanmadan yapılan direnç ölçme yöntemine endirekt ölçme denir.

Endirekt direnç ölçme yöntemleri,

- 1- Ampermetre-Voltmetre yöntemiyle direnç ölçme
- 2- Gerilim düşümü yöntemiyle direnç ölçme
- 3- Standart bir direnç ve ampermetre ile direnç ölçme
- 4- Voltmetre ile direnç ölçme
- 5- Voltmetre ve wattmetre ile direnç ölçme

En çok kullanılan endirekt direnç ölçme yöntemleri ilk üç sırada belirtilen yöntemlerdir.

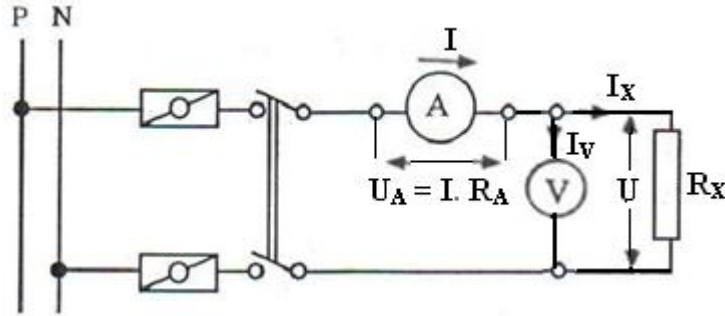
### 1- Ampermetre-Voltmetre yöntemi ile direnç ölçmek:

Devreye bir ampermetre ve bir voltmetre bağlayarak bilinmeyen  $R_X$  direncinin değeri, ohm kanunundan yararlanılarak ölçülür. Direncin akım ve gerilim değerleri devredeki ölçü aletlerinden okunur.  $R_X$  direncinin değeri  $R_X = \frac{U}{I}$  eşitliğinden hesaplanır. I

$R_X$  direnci gerçek değer olmayıp ona yakın bir değerdir. Ampermetrenin iç direnci üzerinde bir gerilim düşümü olduğundan ve voltmetrenin iç direnci sonsuz olmayıp bir akım çektiğinden dolayı hata oluşur. Oluşan bu hataya metot hatası denir ve bağlantı uygun şekilde düzeltilerek en aza indirilebilir.

Ayrıca ölçü aletlerinin hatası ile okuma hatasını da metot hatasına ilave ettiğimizde hata oranı artar. Bu nedenle ampermetre- voltmetre metoduna göre direnç ölçmek için ölçü aletleri devreye iki şekilde bağlanırlar.

Ampermetre ve voltmetreden önce bağlanmış ise önce bağlama, voltmetre ampermetreden önce bağlanmış ise sonra bağlama yöntemi denir.



$I_X$  = Ölçülecek direncin akımı (A)

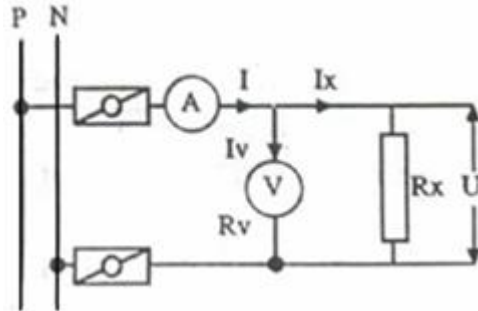
$I_V$  = Voltmetre akımı (A)

$U_A$  = Ampermetre üzerinde düşen gerilim (V)

$R_A$  = Ampermetrenin iç direnci ( $\Omega$ )

$$R_X = \frac{U}{I} (\Omega)$$

### ÖNCE BAĞLAMA METODU:



### Ampermetre ve voltmetre yöntemi ile direnç ölçmek (Önce bağlama)

Ampermetre, voltmetreden önce bağlanmıştır.

$$R_X = \frac{U}{I_X}$$

Devrede  $R_X$  direnci ile voltmetre direnci paralel bağlanmıştır. Bu nedenle ampermetre,  $R_X$  direncinden geçen akım ile voltmetreden geçen akımların toplamını gösterir.

$$I = I_V + I_X$$

$$I_X = I - I_V$$

$R_X$  direncinden geçen akım, ampermetrenin gösterdiği değerden biraz küçüktür.



$R_X = \frac{U}{(I - I_V)}$  eşitliğinden hesaplanan direnç gerçek  $R_X$  direncidir.

Voltmetreden geçen  $I_V$  akımı bilinmiyorsa, ohm kanununa göre,

$I_V = \frac{U}{R_V}$  eşitliğinden hesaplanır.

$$R_X = \frac{U}{\left[ I - \frac{U}{R_V} \right]}$$

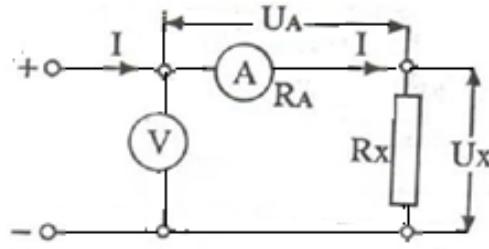
$U$  ve  $I$  değerleri, devredeki ölçü aletlerinden okunur. Voltmetrenin iç direnci ( $R_V$ ) ise aletin üzerinde yazılıdır, yoksa bir ohmmetre ile ölçülebilir.

Önce bağlama yöntemi ile ölçülecek  $R_X$  direnci, voltmetre direncinin yanında çok küçük ise ( $R_X < \frac{1}{100} \cdot R_V$ ) hata da küçük olur. Yani  $I_V$  akımı,  $I_X$  akımının yanında ihmal edilebilir. Bu

durumda  $I = I_X$  olacağından  $R_X = \frac{U}{I}$  formülü ile hesaplanır. ( $I_V = 0$ )

Bu metot küçük dirençlerin (büyük güçlü almaçların) ölçülmesinde kullanılır (0 –50  $\Omega$  gibi). Eğer kullanılacak voltmetre elektrostatik tip ise, ölçülen direnç hatasız çıkar.

### SONRA BAĞLAMA METODU



#### Ampermetre ve voltmetre yöntemi ile direnç ölçmek (Sonra bağlama)

Ampermetre, Voltmetreden sonra bağlanmıştır.

$$R_X = \frac{U_X}{I}$$

Devrede  $R_X$  direnci ile ampermetre direnci seri bağlanmıştır. Bu nedenle voltmetre,  $R_X$  direnci üzerinde düşen gerilim ile ampermetredeki gerilim düşümünün toplamını gösterir.

$$U = U_A + U_X$$

$$U_X = U - U_A$$

Devredeki ampermetre,  $R_X$  direncinden geçen gerçek  $I$  akımını gösterir.

Hesaplanan  $R_X$  direnci gerçek değerinde olmayıp, ampermetrenin iç direnci kadar fazla ölçülmüş olur.

$$R = R_X + R_A$$

Bu nedenle ampermetre üzerinde düşen gerilim, voltmetrenin ölçtüğü gerilimden çıkartılmalıdır.

Ampermetrede düşen gerilimin ohm kanununa göre değeri,

$$U_A = I \cdot R_A$$

Bu değer  $R_X$  eşitliğinde yerine konulursa,

$$R_X = \frac{(U - U_A)}{I}$$

$$R_X = \left[ \frac{U}{I} \right] - R_A \text{ değeri elde edilir.}$$

Sonra bağlama yöntemi ile ölçülecek  $R_X$  direnci, ampermetre direncinin 100 katından büyükse veya ampermetrenin  $R_A$  direnci, ölçülecek  $R_X$  direncinden çok küçükse ( $R_A < \frac{1}{100} \cdot R_X$ ) yapılan hata % 1'in altındadır. % 1 hata ile ampermetredeki gerilim düşümü

ihmal edilebilir. Bu durumda  $U = U_X$  olacağından  $R_X = \frac{U}{I}$  formülü ile hesaplanır.

$$(R_A = 0, U_A = 0)$$

Bu metot büyük dirençlerin ölçülmesinde kullanılır.

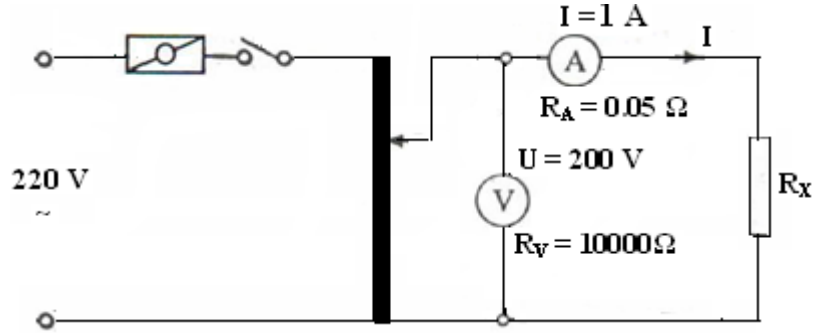
**ÖRNEK:** Ampermetre-voltmetre yöntemi ile bir ısıtıcının direnci hesaplanacaktır. İç direnci 10000  $\Omega$  olan voltmetre 200 V, iç direnci 0,05  $\Omega$  olan ampermetre 1 A gösterdiğine göre, her iki bağlantıda ölçülen dirençteki hata oranını hesaplayınız.

$$R_V = 10000 \Omega$$

$$R_A = 0,05 \Omega$$

$$U = 200 \text{ V}$$

$$I = 1 \text{ A}$$



Sonra bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{200}{1} = 200 \Omega$$

Ampermetrenin iç direnci göz önüne alınırsa,

$$R_X = \left[ \frac{U}{I} \right] - R_A = 200 - 0,05 = 199,95 \Omega$$

Ölçmede yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(200 - 199,5)}{199,5} \cdot 100 = \% 0,025$$

Bulunan hata çok küçük olduğundan ihmal edilebilir.

Önce bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{200}{1} = 200 \Omega$$

Voltmetreden geçen akımı dikkate alırsak,

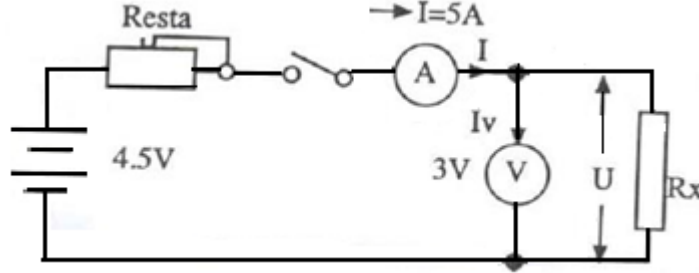
$$R_X = \frac{U}{(I - I_V)} = \frac{U}{\left[ I - \frac{U}{R_V} \right]} = \frac{200}{\left[ 1 - \frac{200}{10000} \right]} = 204,08 \Omega$$

Ölçmede yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(204,08 - 200)}{204,08} \cdot 100 = \% 2$$

Önce bağlama metodunda yapılan hata sonra bağlama metodunda yapılan hatadan çok daha büyüktür.

**ÖRNEK:** Ampermetre-voltmetre yöntemi ile bir şönt direncin değeri hesaplanacaktır. İç direnci  $1000 \Omega$  olan voltmetre  $3 \text{ V}$ , iç direnci  $0,01 \Omega$  olan ampermetre  $5 \text{ A}$  gösterdiğine göre, her iki bağlandıda ölçülen dirençteki hata oranını hesaplayınız.



$$R_V = 1000 \Omega$$

$$R_A = 0,01 \Omega$$

$$U = 3 \text{ V}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

Sonra bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{3}{5} = 0,6 \Omega$$

Ampermetrenin iç direnci göz önüne alınır,

$$R_X = \left[ \frac{U}{I} \right] - R_A = \frac{3}{5} - 0,01 = 0,59 \Omega$$

Ölçmede yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(0,6 - 0,59)}{0,59} \cdot 100 = \% 1,69$$

Önce bağlama metodu uygulanırsa,

$$R_X = \frac{U}{I} = \frac{3}{5} = 0,6 \Omega$$

Voltmetreden geçen akımı dikkate alırsak,

$$R_X = \frac{U}{(I - I_V)} = \frac{U}{\left[ I - \frac{U}{R_V} \right]} = \frac{3}{\left[ 5 - \frac{3}{1000} \right]} = 0,60036 \Omega$$

Ölçmede yapılan hata oranı,

$$\Delta_b = \frac{(0,60036 - 0,6)}{0,60036} \cdot 100 = \% 0,06$$

Bulunan hata çok küçük olduğundan ihmal edilebilir.

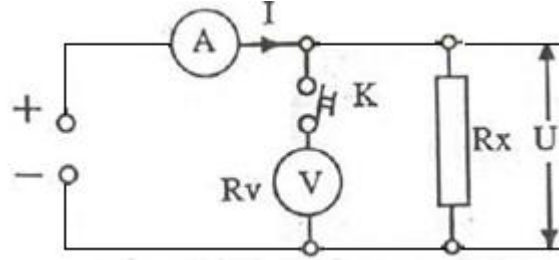
Sonra bağlama metodunda yapılan hata önce bağlama metodunda yapılan hatadan çok daha büyüktür.

Küçük dirençlerin ölçülmesi için ampermetre önce bağlanmalıdır. Çünkü küçük dirençlerin akımı büyük olur ve böyle bir devrede  $I_V = 0$  alınabilir.

Büyük dirençlerin ölçülmesi için ampermetre sonra bağlanmalıdır. Çünkü büyük dirençlerin akımı küçük olur ve böyle bir devrede  $U_A = 0$  alınabilir.

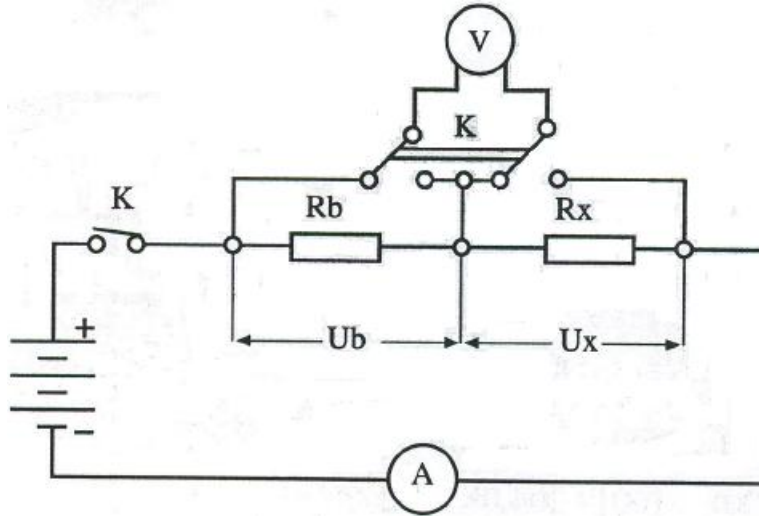
Gerilim düşümü küçük, akım büyükse önce bağlama, gerilim düşümü büyük, akım küçükse sonra bağlama metodu kullanılırsa da, doğru bir ölçme için bu yöntemler tavsiye edilmezler. Her iki durumda da hata büyük olur. Ölçü aletlerindeki bu hatalardan kurtulmak için, ölçü aletleri ayrı ayrı kullanılır.

Voltmetre önüne bir K anahtarı konulur. Anahtar açıkken önce  $R_X$  direnci üzerinden geçen I akımı ampermetreden okunur. Sonra anahtar kapatılarak  $R_X$  direnci üzerinde düşen U gerilimi okunur.  $R_X = \frac{U}{I}$  eşitliğinden  $R_X$  direncinin gerçek değeri bulunmuş olur.



## 2- Gerilim düşümü metodu ile direnç ölçmek:

Bu sistemde, değeri bilinen standart bir  $R_b$  direnci ile değeri bilinmeyen  $R_X$  direnci seri bağlanır. Dirençler üzerinde düşen gerilimler bir voltmetre ile ölçülerek kıyaslama yapılır. Ölçmenin hassasiyeti ve çabukluğu için voltmetre devresine iki kutuplu enversör şalter konulmuştur.



**Gerilim düşümü metodu ile direnç ölçmek**

Devreye enerji verilerek, önce  $R_b$  direnci uçlarındaki  $U_b$  gerilimi ölçülür. Sonra voltmetrenin K şalteri,  $R_X$  direnci üzerine kapatılarak  $U_X$  gerilimi ölçülür. Her iki ölçümde de devre gerilimi sabit olduğundan ampermetre aynı değeri gösterir. Çünkü seri devre olduğu için her iki elemandan da aynı akım geçer. Buna göre,

$$I = \frac{U_b}{R_b} = \frac{U_x}{R_x} \Rightarrow R_x = \frac{U_x}{U_b} \cdot R_b (\Omega)$$

Ölçmenin sağlıklı olması için kaynak büyük güçlü seçilerek kaynak akımının sabit kalması sağlanmalıdır.

**ÖRNEK:** Standart direncin değeri  $100 \Omega$ , uçlarında ölçülen gerilim  $20 V$ 'dur.  $R_X$  direncinin uçlarında ölçülen gerilim  $16 V$  olduğuna göre  $R_X$  direncinin değerini bulunuz.

$$R_b = 100 \Omega$$

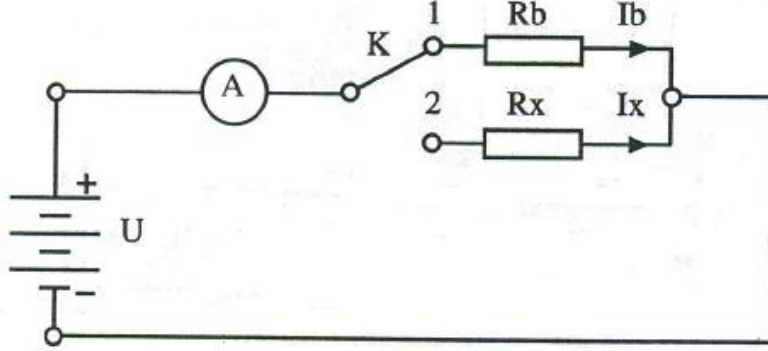
$$U_b = 20 \text{ V}$$

$$U_x = 16 \text{ V}$$

$$R_x = \frac{U_x}{U_b} \cdot R_b = \frac{16}{20} \cdot 100 = 80 \Omega$$

### 3- Standart bir direnç ve ampermetre ile direnç ölçmek:

Bu yöntemde akımları karşılaştırarak direnç ölçülür, devre geriliminin sabit olması gerekir.



**Akımları karşılaştırarak direnç ölçmek**

K anahtarı önce 1 konumuna alınarak  $I_b$  akımı, sonra 2 konumuna alınarak  $I_x$  akımı ölçülür. Ohm kanununa göre,

1. durumda  $U = I_b \cdot R_b$

2. durumda  $U = I_x \cdot R_x$

$$I_b \cdot R_b = I_x \cdot R_x \Rightarrow R_x = \frac{I_b}{I_x} \cdot R_b (\Omega)$$

**ÖRNEK:** Standart direnç değeri  $50 \Omega$  olan bir devrede  $I_b = 3 \text{ A}$ ,  $I_x = 5 \text{ A}$  ölçülmüştür.  $R_x$  direncinin değerini hesaplayınız.

$$R_b = 50 \Omega$$

$$I_b = 3 \text{ A}$$

$$I_x = 5 \text{ A}$$

$$R_x = \frac{I_b}{I_x} \cdot R_b = \frac{3}{5} \cdot 50 = 30 \Omega$$

### **KOMPLE ÖLÇÜ AYGITLARI (KOMBİNE ÖLÇÜ ALETLERİ)**

Ampermetre, voltmetre, ohmmetre gibi ölçü aletleri, elektrikte kullanılan büyüklüklerin yalnız birini ölçerler. Ölçme tekniğinde bu büyüklükleri yerine göre ayrı ayrı ölçen birkaç ölçü aleti kullanılmayıp bunların birleşimi olan bir tek ölçü aleti de kullanılır. Bu tip birleşik (üniversal) ölçü aletlerine kombine ölçü aletleri denir.

Yapımlarına göre Multavi, Multimetre ve Avometre gibi adlarla anılırlar.

Hem akım hem de gerilim ölçmeye yarayan kademeli ölçü aletlerine amper- voltmetre (multavi) adı verilir. Çeşitli değerlerdeki akım ve gerilimleri ölçmek için, aletin özelliğine göre, kadran üzerindeki taksimatı bir veya iki kademelidir.

Multaviler yalnız doğru akımda, yalnız alternatif akımda veya hem doğru hem de alternatif akımda kullanılabilir. Ayrıca bir ohmmetre eklenerek pil takılırsa avometre elde edilmiş olur.



### Kombine (multavi)

### Multimetre (Avometre)

Teknolojik gelişmeler az yer kaplayan, ekonomik ve çok işlevli cihazların üretilmesiyle kullanıcıya birçok avantajlar sağlamıştır. Otomasyonda arızanın en kısa zamanda ve en az cihaz ile bulunabilmesi çok işlevli multimetrelerle (avometre) gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle ampermetre, voltmetre, ohmmetre birleştirilerek en basit bir avometre elde edilir.

Akım, gerilim ve direnç ölçen ölçü aletine avometre denir. Aletin ölçtüğü büyüklüklerin baş harflerinin bir araya getirilmesinden dolayı bu ad verilmiştir. ( **A-V-Ω** )

Avometreler alternatif akım, doğru akım, alternatif gerilim, doğru gerilim, direnç gibi büyüklükleri ölçerler. Ayrıca kondansatör kapasitesi, endüktans, frekans, ısı vb. değerleri ölçebilme özelliğine sahip olduğu gibi, transistör ve diyot testi, polarite, buzzer (sesle ikaz), yanlış kullanıma karşı otomatik koruma gibi ek donanımlara da sahiptir. Hatta ölçümleri grafik olarak ekranında verebilen grafik multimetreler de vardır. Bu nedenle avometreler önemli bir ölçü aletidir.

Ampermetre, voltmetre ve ohmmetrelerde ortak eleman döner bobinli galvanometredir. Tek bir galvanometre bir ölçü aletine yerleştirilir. Uygun bir anahtarlama düzeniyle üç ölçme yapılabilir. Bu elde edilen cihaz akım, gerilim ve direnç ölçtüğü için avometre (multimetre) adı verilir. Avometre hem doğru hem de alternatif işaret ölçebilecek şekilde yapılmıştır.

Ampermetre devresinin ölçme alanı genişletilerek birkaç kademe elde edilir. Voltmetre devresinin ölçme alanı ve ohmmetre devresinin ölçme alanı genişletilerek uygun dirençler kademe anahtarlarına bağlanır. Böylece akım, gerilim ve direnç değişik kademelerde ölçülebilir. Aletin direnç ölçebilmesi için içerisine uygun değerde pil yerleştirilir.

Avometreler gösterme şekline göre ibreli ve dijital olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Yapılarına göre avometreler,

- 1- İbreli (Analog) avometreler
- 2- Pens avometreler
- 3- Dijital avometreler olarak sınıflandırılır.



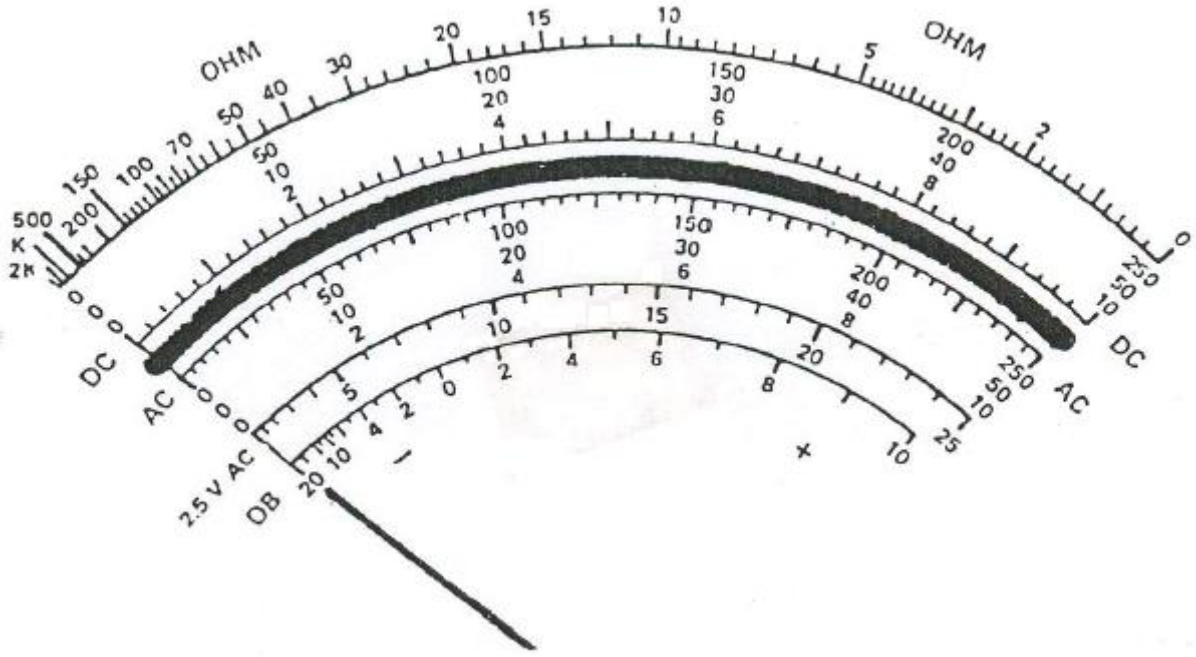
### ANALOG (İBRELİ) AVOMETRELER

Aletin kadranı üzerinde, her büyüklüğe ait taksimat bölümleri ayrı olduğundan ölçülecek değer, hangi bölümden okunacağı önceden tespit edilir. Genellikle bu bölümler ayrı renkli (siyah, kırmızı, mavi, yeşil) olup, ayrıca bu bölümlerin baş veya sonlarına da o büyüklüğün sembolü (A, V,  $\Omega$  gibi) konur. İşaret yerine bazen doğrudan (DC, AC, OHM) olarak da yazılabilir.



Analog Avometre

Avometre ile A.C gerilim ölçülecekse, seçici anahtar alternatif gerilim bölgesine, D.C gerilim ölçülecekse, seçici anahtar doğru gerilim bölgesine, A.C akım şiddeti ölçülecekse, seçici anahtar alternatif akım bölgesine, D.C akım şiddeti ölçülecekse, seçici anahtar doğru akım bölgesine, direnç ölçülecekse, seçici anahtar ohm bölgesine getirilir. Böylece uygun kademe seçilir.

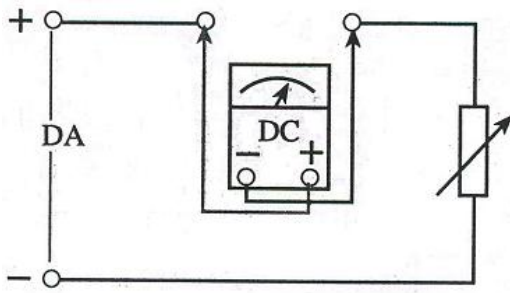


**Analog Avometrenin kadranı ve skala tanzimi**

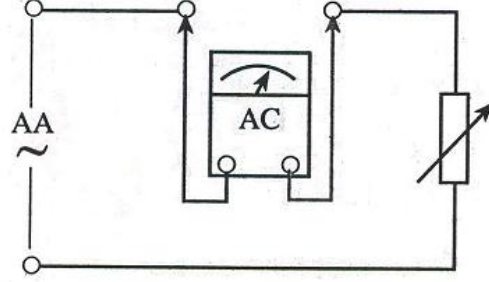
### **AKIM VE GERİLİM ÖLÇMEK**

- 1- Ölçülecek akım veya gerilimin cinsine göre, kademe anahtarının yeri belirlenmelidir. AC işaret ise AC kısmına, DC işaret ise DC kısmına getirilmelidir.
- 2- Ölçülecek değer, ister akım ister gerilim olsun ilgili kademe anahtarı aletin ölçebileceği en yüksek kademeye getirilmelidir.
- 3- Ölçülecek akım veya gerilime göre aletin bağlantısı yapılmalıdır. Ampermetre devreye seri, voltmetre devreye paralel bağlanmalıdır.
- 4- Ölçme anında, aletin göstergesi aniden kadranın sonuna kadar saparsa, ölçme derhal bırakılmalıdır. Alet bu değeri ölçebilecek büyüklükte olmayabilir, yanlış bağlantı yapılmıştır veya bir kısa devre vardır.
- 5- DC işaret ölçmelerinde alet ters sapıyorsa, bağlantı uçlarının yerleri değiştirilmelidir.
- 6- Aletin göstergesi çok az sapıyor veya hiç sapmıyorsa, kademe anahtarı en büyük sapma meydana gelinceye kadar küçültülmelidir. Göstergenin sapmasındaki artış oranında, okuma hatası azalacaktır.
- 7- Kademe anahtarı en küçük seviyesinde olduğu halde, gösterge yine sapmıyorsa, genel olarak üç durum düşünülebilir.
  - a) Devrede ölçülecek işaret, aleti çalıştıramayacak kadar küçüktür.
  - b) Devrede bir kopukluk vardır.
  - c) Alet bozuktur.
- 8- Akım ölçülecekse siyah prop ölçü aletinin COM (-) ölçü soketine, kırmızı prop ise A (+) ölçü soketine takılır. Akım kırmızı proptan girip siyah proptan çıkacak şekilde ölçü aleti devreye seri bağlanır. Gösterge ters saparsa, ölçüm uçları yer değiştirilerek düz sapması sağlanır. Alternatif akım devresinde göstergenin ters sapması mümkün değildir.





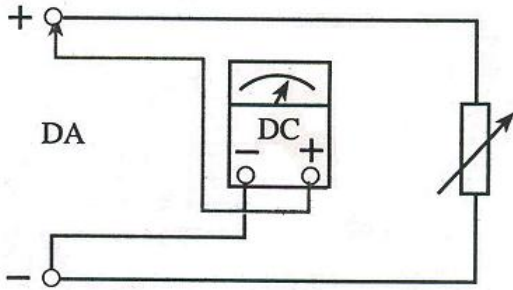
a) Doğru akım devresinde avometre ile akım ölçmek



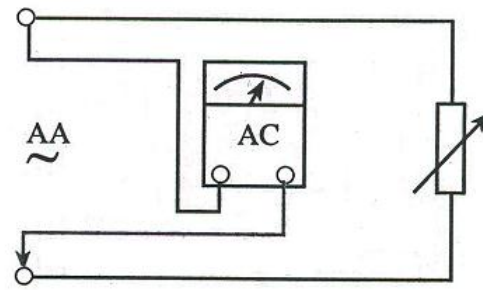
b) Alternatif akım devresinde avometre ile akım ölçmek

### Avometrenin devreye seri bağlanarak devrenin akım şiddetinin ölçülmesi

Gerilim ölçülecekse siyah prop ölçü aletinin COM (-) ölçü soketine, kırmızı prop ise V (+) ölçü soketine takılır. Ölçü aleti devreye paralel bağlanır. Gösterge ters saparsa, ölçüm uçları yer değiştirilerek düz sapması sağlanır.



a) Doğru akım devresinde avometre ile gerilim ölçmek



b) Alternatif akım devresinde avometre ile gerilim ölçmek

### Avometrenin devreye paralel bağlanarak devrenin geriliminin ölçülmesi

## DİRENÇ ÖLÇMEK



Avometre ile direnç ölçümü

**1-** Avometre ile direnç ölçerken, direnci ölçülecek eleman üzerinde enerji olmamalıdır. Ayrıca devre üzerinde başka elemanlara elektrik bağlantısı bulunmamalıdır.

**2** -Siyah prop ölçü aletinin COM (-) ölçü soketine, kırmızı prop ise  $\Omega$  (+) ölçü soketine takılır. Komütatör anahtar direnç kademesinde en yüksek kademeye alınır.

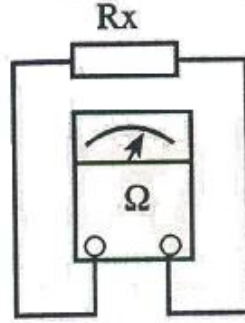
3- Ölçme yapılmadan önce ölçü aletinin bağlantı uçları kısa devre edilerek (prop uçları birbirine değdirilerek) sıfır ayarı yapılmalıdır. Ancak bu işlemden sonra direnç ölçümü gerçekleştirilebilir. Kısa devrede ölçü aletinin ibresi sıfırı göstermiyorsa, aletin pili zayıflamıştır, pilin yenilenmesi gerekir.

4- Ölçülecek dirence prob uçları değdirilir. Propları tutarken vücut direncinin devreye girmesi engellenmelidir.

5- Aletin ibresinin çok az sapmasından dolayı değer okunamıyorsa, komütatör anahtarı en büyük sapma meydana gelinceye kadar küçültülmelidir. Aletin ibresinin çok sapmasından dolayı değer okunamıyorsa, komütatör anahtarı uygun kademeye yükseltilir. Kademe anahtarının bulunduğu konum ile skaladan okunan değer çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri tespit edilir. Örneğin, kademe anahtarı x100 kademesinde ise, skalada okunan değer 100 ile çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri bulunur. Her kademe değışiminde sıfır ayarı yeniden yapılmalıdır.

6- Ölçülen her büyüklük, kadrana üzerinde kendisine ait skaladan okunmalıdır.

7- Buzzer Kademesi: Hattın bağlı olup olmadığını sesle uyaran kademedir. Kademe komütatörü (.) konumuna alınır. Enerji altında olmayan yerlerde direnç ölçer gibi probun uçları kontrolü yapılacak yerlere değdirilir. Temas varsa buzzer ses verir ve böylece iki uç arasında temas olduğu anlaşılır.



**Avometre ile direnç ölçmek**

### **YARI İLETKEN ÖLÇMEK**

1- Komütatör anahtar direnç kademesinde en küçük değere alınır ve sıfır ayarı yapılır.

2- Gerekli ölçüm gerçekleştirilir. Ancak analog ölçü aletlerinde siyah probun (COM) ölçü aleti içindeki (+) ucu, kırmızı probun ise (-) uç olduğu unutulmamalıdır. Yarı iletkenin enerji altında olmamasına ve başka elemanlarla elektriksel bağlantısının bulunmamasına da dikkat edilmelidir.

### **PENS AVOMETRELER ( PENS MULTİMETRELER )**

Piyasada analog ve dijital olmak üzere çok değışik pens avometreler vardır. Gerilim ve direnç ölçme işlemleri diğer avometrelerde olduğu gibidir. Pens kısmı kullanılmaz.

Pens avometrelerde akım ölçmeyi kolaylaştırmak için, ölçü aleti ile akım transformatörü aynı gövde içinde olacak şekilde yapılmıştır. Aletin gövdesinden dışarı doğru çıkarılan demir nüvesi, pens gibi açılıp kapanabilecek şekilde yapılmıştır. Böylece akımı ölçülecek kablo kesilmeden pens içine alınır. Pens içindeki kablo, transformatörün primer kablosu kabul edilirse, alet içindeki sekonder sargıda bir gerilim indüklenir. Bu gerilim tamamen akımın büyüklüğü ile orantılı olduğundan akım olarak ölçü aletinden okunur.

Transformatörler alternatif akımda çalıştıklarından pens avometrelerin akım ölçme kademesi sadece alternatif akım devrelerinde ölçme yapar. Ayrıca güvenlik açısından 600 V'un altındaki şebekelerde akım ve gerilim ölçümleri yapılabilir.

Pens avometrenin içindeki alet döner bobinli ölçü aleti olup alternatif akım ve gerilimde ölçme yapabilmesi için redresör ilave edilmiştir.

### Analog Pens Avometre ile Gerilim Ölçmek:

Normal analog avometrelerde olduğu gibidir, pens kısmı kullanılmaz.

### Analog Pens Avometre ile Direnç Ölçmek:

Kademe anahtarı direnç ölçme kademesine alınır ve sıfır ayarı yapılır. Direnç ölçme işlemi normal avometrelerde olduğu gibidir, pens kısmı kullanılmaz.

### Analog Pens Avometre ile Akım Ölçmek:

- 1- DC devrede manyetik indüksiyon olayı oluşmadığından, pens avometreler sadece AC devrede akım şiddeti ölçerler.
- 2- Pens avometrenin komütatör anahtarı akım kademesinde en yüksek değere alınır ve akımı ölçülecek iletken pens içine alınır.
- 3- Aletin ibresi okunmayacak kadar küçük değer gösteriyorsa, komütatör anahtar uygun kademeye düşürülür ve ölçüm değeri okunur. Her ölçüm değeri skaladaki kendine ayrılan yerden okunmalıdır.
- 4- Alet ile daha küçük akımlar okunacaksa kademe anahtarı en küçük değerine alınır ve kablo pens etrafına iki defa sarılır. Okunan değer ikiye bölünür. Kablonun etrafında izole sıyrığı vb. durumlar olmamalıdır.
- 5- Pens avometrenin yan tarafında ibreyi sabitleme düğmesi vardır. Ölçüm anında değer rahat okunamıyorsa, bu düğmeye basılarak ibre sabitlenir.

### Dijital Pens Avometre ile Akım Ölçmek:

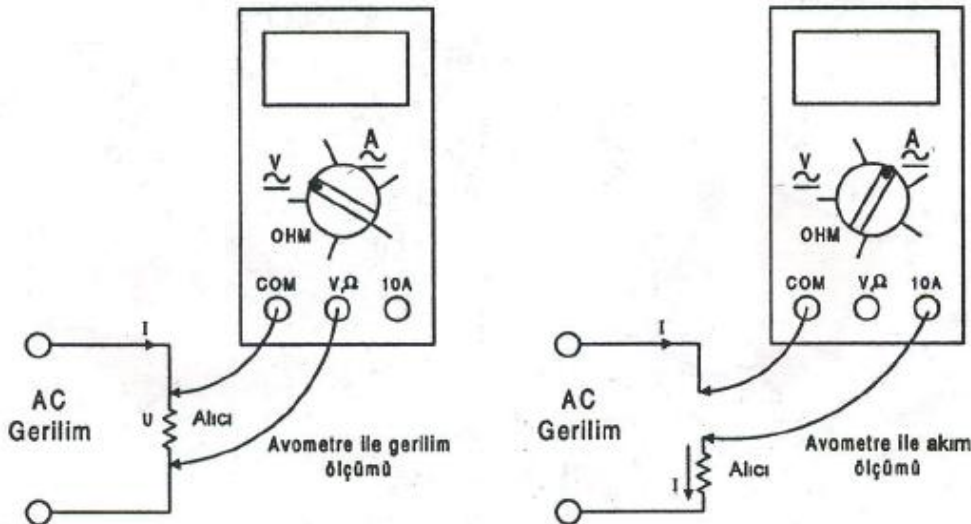
Analog pens avometrelerde olduğu gibidir.

## DİJİTAL AVOMETRELER (DİJİTAL MULTİMETRELER)

Tüm ölçümler ibreli avometrelerde olduğu gibidir. Ancak ibre yerine gösterge vardır. Ölçüm sonuçları doğrudan rakam olarak birimiyle birlikte görünür. Böylece okuma hatası en aza indirilmiştir.

### AKIM VE GERİLİM ÖLÇMEK

- 1- Ölçülecek akım veya gerilimin cinsine göre, kademe anahtarının yeri belirlenir. AC işaret ise AC kısmına, DC işaret ise DC kısmına getirilir.
- 2- Ölçülecek değer, ister akım ister gerilim olsun ilgili kademe anahtarı aletin ölçebileceği en yüksek kademeye getirilir.
- 3- Ölçülecek akım veya gerilime göre aletin bağlantısı yapılır. Ampermetre devreye seri, voltmetre devreye paralel bağlanmalıdır.



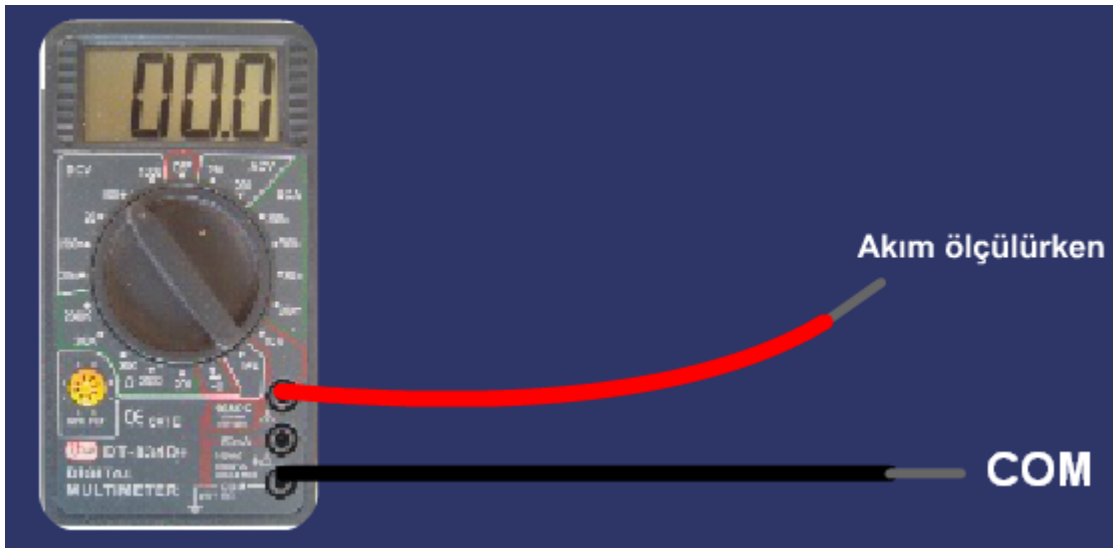
Akım ölçülecekse siyah prop ölçü aletinin COM (-) ölçü soketine, kırmızı prop ise A (+) ölçü soketine takılır. Akım kırmızı proptan girip siyah proptan çıkacak şekilde ölçü aleti devreye seri bağlanır.

Gerilim ölçülecekse siyah prop ölçü aletinin COM (-) ölçü soketine, kırmızı prop ise V (+) ölçü soketine takılır. Ölçü aleti devreye paralel bağlanır.

4- Aletin ekranında (-) yazıp hiçbir değer göstermezse, ölçüm uçları yer değiştirilerek ekranda değer göstermesi sağlanır.

5- Daha hassas ölçüm için komütatör anahtar en uygun kademeye alınarak ekranda doğrudan değer okunur.

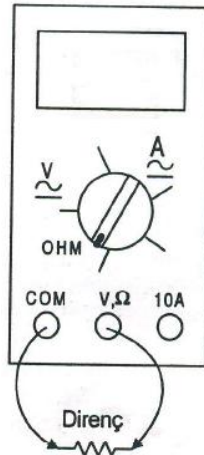
6- 10 A ve 20 A gibi büyük akım değerleri ölçülecekse, sadece kırmızı prop 10 A veya 20 A'lik ölçüm uçlarına takılır.



## DİRENÇ ÖLÇMEK

1- Dijital avometrelerle ölçme yaparken, ibrelili avometrelerde olduğu gibi, ölçülecek direncin enerji altında olmamasına, başka dirençlerle bağlantısının bulunmamasına ve vücut direncinin devreye girmemesine dikkat edilmelidir.

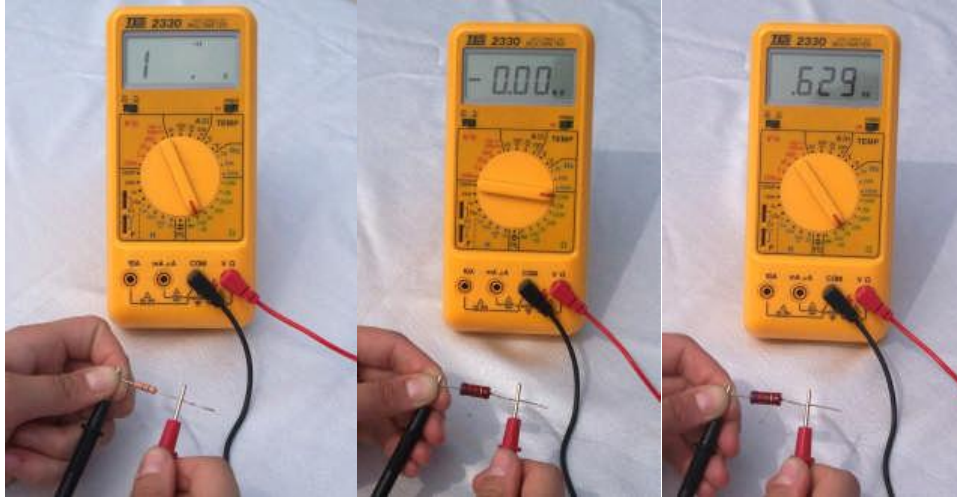
2- Siyah prop ölçü aletinin COM (-) ölçü soketine, kırmızı prop ise  $\Omega$  (+) ölçü soketine takılır. Kademe anahtarını direnç kademesinde aletin ölçebileceği en yüksek kademeye getirilir.



3- Proplar ölçülecek direncin uçlarına değdirilir ve direnç değeri ekranda birimiyle birlikte okunur.

4- Hassas ölçüm için, komütatör anahtar en uygun kademeye alınarak ölçüm tekrarlanır. Örneğin 500  $\Omega$ 'luk direnç komütatör anahtar 100K konumundayken değil 1K

konumundayken ölçüm yapılmalıdır. Dijital ohmmetre veya avometreler ile direnç ölçümü yapılırken hatasız bir ölçüm yapabilmek için dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Günümüzde kademe anahtarını direnç ölçme konumuna getirildikten sonra, kademe seçimi (200, 2K, 20K...2M) gerektirmeyen ölçü aletleri bulunmaktadır. Ancak kademe seçimi gerektiren ohmmetre veya avometrelerde doğru kademe seçimi yapmak önemlidir. Direnç ölçümü yapılırken uygun kademe seçimini bir örnekle açıklayalım:



(a) (b) (c)  
**Dijital avometrede doğru kademe seçimi**

630  $\Omega$ 'luk bir direnç için uygun kademeyi deneyerek tespit edelim. Burada dikkat edilmesi gereken nokta direnç değerine en yakın ve kesinlikle direnç değerinden küçük olmayan kademeyi seçmektir. Bu direnç ölçümü yapılırken uyulması gereken bir kuraldır. 630  $\Omega$ 'luk direnç değeri ohmmetre veya avometrede ölçülürken seçilmesi gereken kademe 2K kademesidir. Eğer direnç ölçümü için seçilen kademe, direnç değeri için küçükse değer ekranında 1 ifadesi (a), seçilen kademe çok büyükse 0 ifadesi okunacaktır (b). Değer ekranında 0 ifadesi gördüğünüzde kademe anahtarını küçültmeniz, 1 ifadesi gördüğünüzde büyütmeniz gerektiğini unutmayın. Direnç ölçümünde, okunan değerde hassasiyet artırılmak isteniyorsa (0,190 K $\Omega$  yerine, 199  $\Omega$  gibi) kademe küçültülerek bu hassasiyet artırılabilir.

**5-** Dijital ölçü aletleri ile direnç ölçerken sıfır ayarı yapılmaz.



## DİJİTAL AVOMETRELERLE YARI İLETKEN ÖLÇMEK

1- Komütatör anahtar direnç ölçme kademesinde diyot sembolüne getirilir.

2- Ölçme işlemi normal direnç ölçme işleminde olduğu gibidir.

Dijital ölçü aletlerinde komütatör anahtar ohm kademesindeyken siyah prop pilin (-) ucu, kırmızı prop ise pilin (+) ucu olup, ibrelili avometrelerin tersi olduğu unutulmamalıdır.

## BUZZER KADEMESİ

İbrelili avometrelerde olduğu gibi, temas anında sesle uyarı yapan kademedir. Kullanım şekli ve amacı ibrelili avometrelerin aynıdır.

## KONDANSATÖR KAPASİTESİNİN ÖLÇÜLMESİ

Bazı avometrelerde kondansatör uçları avometre üzerindeki özel sokete takılarak ölçüm yapılır. Kapasitesi ölçülecek kondansatörün enerji altında olmamasına dikkat edilmelidir. Komütatör anahtar kapasite (F) konumuna getirilir. Kapasitesi ölçülecek kondansatör avometrenin ilgili uçlarına paralel olarak bağlanır. Ölçüm sonucu göstergeden birimiyle birlikte okunur.

## ENDÜKTANSIN ÖLÇÜLMESİ

Endüktansı ölçülecek bobinin enerji altında olmamasına dikkat edilmelidir. Komütatör anahtar endüktans (L) konumuna getirilir. Endüktansı ölçülecek bobin avometrenin ilgili uçlarına paralel olarak bağlanır. Ölçüm sonucu göstergeden birimiyle birlikte okunur.

## FREKANSIN ÖLÇÜLMESİ

Komütatör anahtar frekans (Hz) konumuna getirilir. Ölçü aletinin prop uçları frekansı ölçülecek kaynağa paralel bağlanır. Ölçüm sonucu göstergeden Hz veya kHz birimiyle okunur.

**Direncin Güç Kaybı:** Dirençte harcamasına izin verilen maksimum güç kaybıdır.  $P = R \cdot I^2$  formülü ile bulunur. Dirençteki güç kaybı ısıya dönüşeceğinden, direncin sıcaklığı yükselir. İmalatçı firmaların belirlediği güç kaybı 20-40°C sıcaklıklar içindir.

**Direncin Stabilesi:** Direncin kararlı bir değerde kalabilme özelliğidir. Direncin stabilesini uygulanan gerilimin yüksekliği, aşırı sıcakta çalışması, aşırı akım çekilmesi vb. gibi birçok etken bozabilir.

**Direncin Toleransı:** Maksimum ve minimum alabileceği değerlerdir. İmalatçı firma tarafından tolerans değeri de verilir. Tolerans değerleri  $\% \pm 1, \pm 2, \pm 5, \pm 10, \pm 20$  dir. 2 W tan küçük dirençlerin toleransları  $\% 1$  civarındadır.

**Direnç Serileri:** Dirençler çok değişik değerlerde imal edilirler. Direnç serileri E3, E6, E12, E24, E48, E96, E192 kodları ile üretilirler. Serideki değerlerin ast ve üst katları şeklinde değer alırlar. Tabloda direnç serilerinin ilk üç değerleri ve toleransları verilmiştir.

Direnç Serisi	Direnç Değeri	Toleransı
E192	100, 101, 102, ...	$\% \pm 0.1, \% \pm 0.25, \% \pm 0.5$
E96	100, 102, 105, ...	$\% \pm 1$
E48	100, 105, 110, ...	$\% \pm 2$
E24	10, 11, 12, 13, 15, ...	$\% \pm 5$
E12	10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, ...	$\% \pm 10$
E6	10, 15, 22, 33, 47, 68, ...	$\% \pm 20$

**Dirençler seri bağlandığında değerleri artar paralel bağlandığında düşer.**

## DİRENÇ RENK KODLARI

Elektronik devrelerde en çok kullanılan karbon ve metal film dirençlerin üzerine, direnç değerlerini belirleyici renk kodları işlenmiştir. İmalatçılar tabloda belirtilen standart değerlerde ( $10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, 10^6, 10^7$ ) çarpanları ile bulunan değerlerde direnç imal ederler.

**ÖRNEK:** E- 24 serisinde 1,5 değerini baz alırsak  $1,5, 1,5 \cdot 10^{-1}, 1,5 \cdot 10^2, 1,5 \cdot 10^3, 1,5 \cdot 10^4, 1,5 \cdot 10^5, 1,5 \cdot 10^6, 1,5 \cdot 10^7$  değerlerinde direnç imal edilir. Dirençler 4 renkli olarak imal edilirler. Nadiren de 5 renkli olarak üretilirler. 5 renkli dirençler hassas dirençlerdir ( $15,6 \Omega, 147 \Omega$  gibi).

Bazı üreticiler renk kodu yerine direnç değerlerini yazmayı tercih etmektedirler. Bunlardan bir kısmı doğrudan direnç değerini ve toleransını yazdığı gibi, bazıları da harf kodu kullanmaktadır.

Direnci gösteren harfler: **R** = Ohm ( $\Omega$ ), **K** = KiloOhm ( $K\Omega$ ), **M** = MegaOhm ( $M\Omega$ )

Tolerans harfleri: **F** =  $\pm \% 1$ , **G** =  $\pm \% 2$ , **J** =  $\pm \% 5$ , **K** =  $\pm \% 10$ , **M** =  $\pm \% 20$

### Kodlama Üç Şekilde Olmaktadır;

1-  $1000 \Omega$ 'a kadar olan dirençler için "**R**" harfi kullanılır.

### Kodlama 3 adımda yapılır:

- R 'den önce gelen sayı "Ohm" olarak direnci gösterir.
- R 'den sonra gelen sayı direncin ondalık bölümünü gösterir.
- En sondaki harf toleransı gösterir.

### Örneğin:

$$6R8J = 6,8 \Omega \pm \% 5$$

$$R45G = 0,45 \Omega \pm \% 2$$

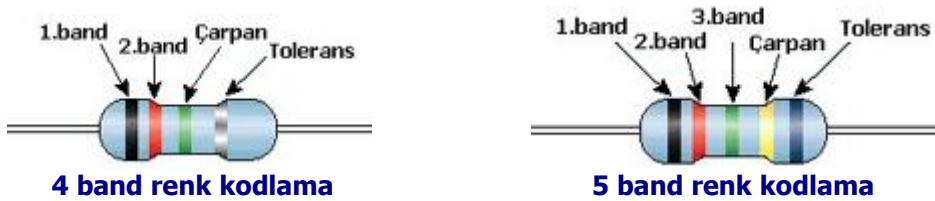
2-  $1 K\Omega$  'dan  $1 M\Omega$  'a kadar olan dirençler için "**K**" harfi kullanılır.

### Örneğin:

$$3K0K = 3 K\Omega \pm \% 10$$

$$2K7M = 2,7 K\Omega \pm \% 20$$

3-  $1 M\Omega$  'dan yukarı dirençlerde de "**M**" harfi kullanılır.



Direnç 4 renkli ise	Direnç 5 renkli ise	Direnç 6 renkli ise
		
ilk 2 renk katsayı 3. renk çarpan 4. renk tolerans	ilk 3 renk katsayı 4. renk çarpan 5. renk tolerans	ilk 3 renk katsayı 4. renk çarpan 5. renk tolerans 6. renk sıcaklık katsayısı
<u>3. band ve sıcaklık katsayısı boş bırakılır</u>	<u>sıcaklık katsayısı boş bırakılır</u>	

## Direnç Hesaplayıcının Kullanımı

DİRENÇ RENK TABLOSU				
RENK		SAYI	ÇARPAN	TOLERANS
SİYAH		0	1	
KAHVERENGİ		1	10	1%
KIRMIZI		2	100	2%
TURUNCU		3	1000	
SARI		4	10.000	
YEŞİL		5	100.000	
MAVİ		6	1.000.000	
MOR		7	10.000.000	
GRİ		8		
BEYAZ		9		
ALTIN			0,1	5%
GÜMÜŞ			0,01	10%
RENKSİZ	RENKSİZ			20%

Yukarıdaki tablonun kolay ezberlenmesi açısından bir heceleme geliştirilmiştir.

**SoKaKtA SaYaMaM Gi i Ama Görürüm ..**

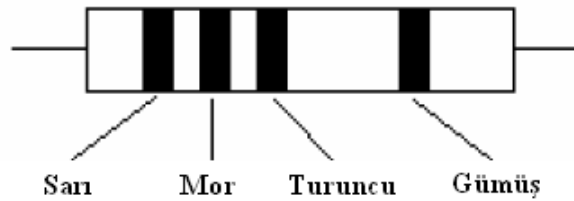
Burada dikkat edeceğiniz gibi ilk iki kelimenin sessiz harfleri sırası ile renk kodlarını (Siyah, Kahverengi, Kırmızı, Turuncu, Sarı, Yeşil, Mavi Mor, Gri, Beyaz ), son iki kelimenin baş harfleri ise Altın ve Gümüş'ü anımsatmak için kullanılmıştır.

### Dirençin Toleransı:

Dirençler değişik değerlerde yapıldıkları gibi değişik tolerans değerlerinde de yapılır. Tolerans, direncin üzerinde belirtilen değerinin ölçüldüğünde hangi değerler arasında olabileceğini gösterir.

Aynı renk kodlu birkaç direnç ölçüldüğünde farklı değerler çıkabilir. Bu fark toleranslardan ileri gelmektedir.

Renk şeritlerinden dördüncü olanı (genelde gümüş ve altın rengi) sağ tarafa gelecek şekilde tutulur.



Direnç renk tablosuna göre 1. Renk Sarı (4), 2 Renk Mor (7) yazılır. 3. Renk çarpan rengi olduğundan değeri kadar sıfır, ilk iki rakamın yanına konur. 3. Renk Turuncu (3) olduğundan 47 nin yanına 3 sıfır konur. Böylece direncin değeri 47000 Ω bulunur. 4. Renk Gümüş Tolerans değeri (± % 10) dur.

Tolerans % 10 demek bulunan değer % 10 kadar fazla veya az olabilir demektir.

$$\text{Tolerans Değeri} = \frac{47000 \cdot 10}{100} = 4700 \Omega$$

$$47000 - 4700 = 42300 \Omega$$

$$47000 + 4700 = 51700 \Omega$$

Bu direncin değeri 42300 Ω ile 51700 Ω arasında bir değerdir.



**Kahverengi-Siyah-Kırmızı-Gümüş** renklerine sahip bir direncin değeri 1000 Ω'dur. Ancak direncin tolerans değeri gümüş olduğundan bu direnç  $\pm$  % 10 değer değiştirebilir. Buna göre direncin ölçümünde hangi değerler arasında olabileceğini görelim:

Bunun için 1000'in % 10'u bulunur. Yani 1000, 100'e bölünüp 10 ile çarpılır. Sonuç;

$$\text{Tolerans Değeri} = \frac{1000 \cdot 10}{100} = 100 \Omega$$

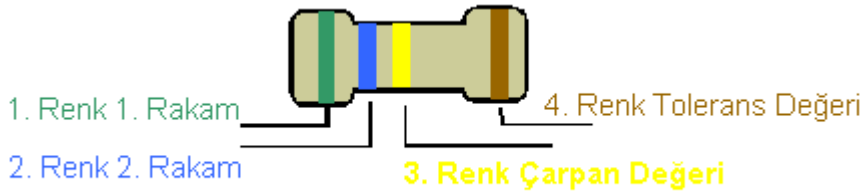
1000 'in % 10'u 100 olduğundan, bu değer 1000 ile toplanır ve 1000'den çıkarılır.

$$1000 - 100 = 900 \Omega$$

$$1000 + 100 = 1100 \Omega$$

Kısaca  $\pm$  % 10 toleranslı 1000 Ω' luk direnç ölçüldüğünde 900 Ω ile 1100 Ω arasında olabilir. Tolerans değeri büyük olursa devrede istenmeyen durumlar oluşabilir. Bu yüzden küçük tolerans değerli dirençler tercih edilmelidir. Normal montajlarda tolerans  $\pm$  % 5 olan altın tercih edilirken, hassas devrelerde ise daha küçük toleranslar seçilmelidir.

#### 4 RENKLİ DİRENÇ DEĞERLERİNİN OKUNMASI



Resimdeki gibi üzerinde 4 renk bulunan dirençlerin değeri okunurken, 1. ve 2. renklerin karşılığı yan yana yazılıp, çıkan değer, 3. rengin çarpan değeri ile çarpılır. Çarpım sonucu çıkacak değer direncin ohm olarak değeridir. 4. renk ise tolerans değeridir.

YEŞİL	MAVİ	SARI	KAHVERENĞİ
5	6	10kΩ	%1
$56 \times 10.000 = 560.000 \Omega$			
$560k\Omega \pm \%1$			

Görüldüğü gibi direncin değeri 560 kΩ çıkmakta ve aşağı veya yukarı 5 kΩ kadar bir tolerans değeri bulunmaktadır.



**Kahverengi:** Hemen tablomuzda sayı kısmına bakıyoruz kahverengi için 1 diyor bu biri hemen aşağıya yazıyoruz.

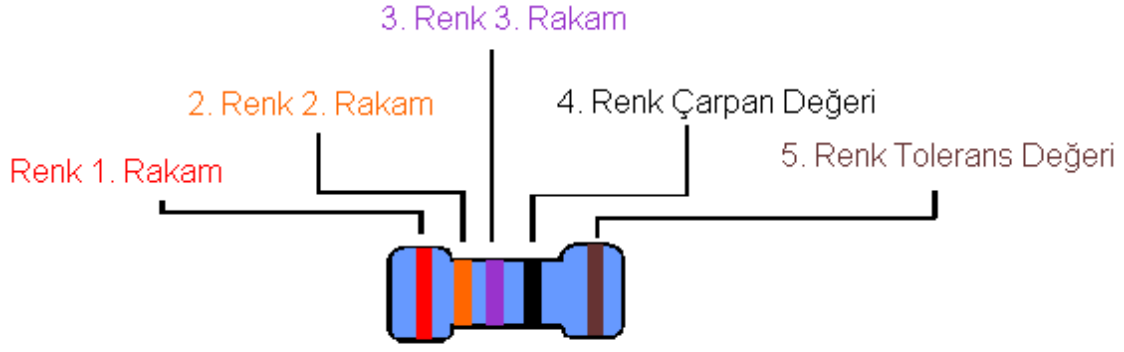
**Siyah:** Tekrar tablomuzda sayı kısmına bakıyoruz siyah için ise 0 diyor bunu da hemen ilk yazdığımız sayısının yani 1'in yanına yazıyoruz.

**Kırmızı:** 3. rengin çarpan olduğunu biliyoruz ve tablomuzda çarpan kısmına bakıyoruz, kırmızı için  $10^2$  yani 100 hemen ilk 2 sayının yanına çarpı (x) koyuyoruz.

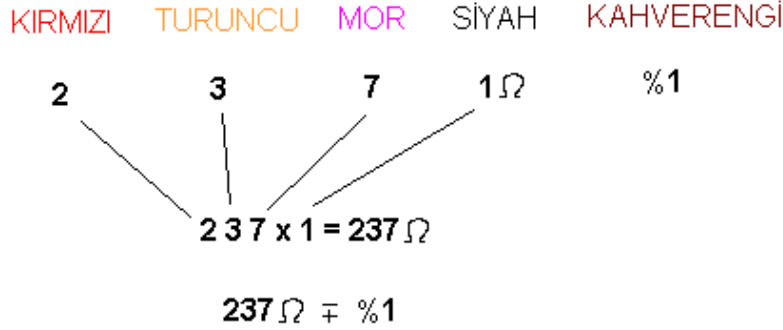
**Altın:** Son rengin ise tolerans olduğunu bildiğimiz için tabloda tolerans kısmından altına bakıyoruz  $\pm$  % 5 yazıyor bu da bize direncin değerinde + veya - 5 değişme olabileceğini gösteriyor.

**Okunması:**  $10 \times 100 \pm \% 5 \Rightarrow 1000 \Omega \pm \% 5$  tolerans ( $1000 \Omega = 1 \text{ k}$ )

## 5 RENKLİ DİRENÇ DEĞERLERİNİN OKUNMASI



Direnç değerinin hassas olduğu yerlerde kullanılan bu dirençlerin üzerinde 5 renk vardır. 1.2.3. renklerin karşılığı yan yana yazılıp çıkan değer 4. renk karşılığı ile çarpılır. 5. renk ise tolerans değeridir.



Görüldüğü gibi direncin değeri 237 Ω çıkmakta ve ± 2 Ω tolerans değeri bulunmaktadır.



5 renkli dirençlerde ilk 3'ünde sayı kısmına 4. de çarpan kısmına 5. de ise tolerans kısmına bakılır.

Tabloya bakıyoruz turuncu 3, yine turuncu var o da 3, bunları yan yana yazıyoruz (33). 3. renk beyaz tabloda sayı kısmına bakıyoruz, beyaz 9 ilk üçünü yan yana yazıyoruz (339). 4. renk çarpanı bakıyoruz, 4. renk siyah tabloda çarpan kısmında siyah  $10^0$  yani 1. 1'i de çarpan olarak yazıyoruz (339 x 1) son olarak 5. renge bakıyoruz, kahverengi 5. renk tolerans olduğu için tabloda tolerans kısmına bakıyoruz kahverenginin toleransı ± % 1. Demek ki direncimiz  $339 \Omega \pm \% 1$  toleranslı.

**Örnek:** Aşağıdaki direncin değerini renk kodlarından yararlanarak bulunuz.



1. Bant (Sayı): **Kahverengi** = 1
2. Bant (Sayı): **Siyah** = 0
3. Bant (Çarpan): **Kahverengi** = 1 ( $10^1 = 10$ )
4. Bant (Tolerans): **Altın** = ± % 5

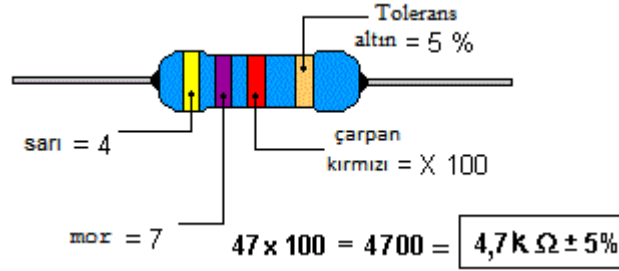
Sayıları birleştirdiğimizde  $100 \Omega$  ve ± % 5 tolerans değerini buluruz.

**Örnek:** Aşağıdaki direncin değerini renk kodlarından yararlanarak bulunuz.

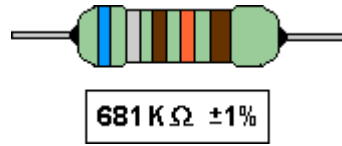


1. Bant (Sayı) : **Sarı** = 4
  2. Bant (Sayı) : **Mor** = 7
  3. Bant (Çarpan) : **Kırmızı** = 2 (yani  $10^2 = 100$ )
  4. Bant (Tolerans) : **Gümüş** =  $\pm \% 10$
- Sayıları birleştirdiğimizde  $4700 \Omega = 4,7 \text{ k}\Omega \pm \% 10$  tolerans değerini buluruz.

**Örnek:**



**Örnek:**



$$5 \text{ Bantlı Direnç } R = 681 \times 10^3 = 681000 = 681 \text{ k}\Omega$$

**mavi 6** - **gri 8** ve **kahverengi 1** değerlerini veriyor yani 681, dördüncü halka ise çarpan katsayısıdır, 10 ve katsayıları şeklinde ifade edilir veya ilk üç renk halkasından bulduğumuz rakamın sonuna kaç sıfır ekleyeceğimizi belirler. **mavi 6** - **gri 8** ve **kahverengi 1** yani 681 in sonuna üç sıfır ilave edilecek veya 1000 (Kilo) ile çarpılacak demektir. Beşinci renk halkası tolerans yüzdesini gösterir. Altın rengi % 5 - Gümüş % 10, eğer herhangi bir renk halkası yoksa %20 dir. Örneğimizde kahverengi % 1 i temsil ediyor buna göre **681000 Ω** olan direncimizin toleransı = **681000 x 0,01 = 6810 Ω** dur. Direncimizin gerçek değeri ise ( 681000- 6810 ) Ω ile ( 681000 + 6810 ) Ω değerleri arasında olmalıdır.

$$674190 \Omega < R < 687810 \Omega$$

**Örnek:**

**Kırmızı-Kırmızı-Kırmızı**

—2—2—00—

$$2200 \Omega = 2,2 \text{ k}\Omega$$

Son renk turuncu olsaydı üç sıfır “0” koyacaktık bu durumda 22000 Ω olacaktı

$$22000 \Omega = 22 \text{ k}\Omega$$

**Kırmızı-Kırmızı-Siyah**

—2—2—0—

22 Ω son renk siyah etkisiz 0 hesaba katılmaz değer Ω birimine çevrilir.

**Eğer ikinci renk siyah olur ise bir 0 değeri alır etkili olur.**

**Kahverengi- Siyah -Siyah**

—1—0—0—

$$10 \Omega$$

Son renk kahverengi 1 olursa direncin değeri 100 Ω olur.

## Kırmızı-Kırmızı-Kahverengi

—2—2—1—

220 Ω üçüncü renk kahverengi değeri 1 bunu bir sıfır “0” olarak çeviriyoruz yani siyah gibi değil etkili göz önüne alınmalıdır.

Son rengin 0 karşılığına göre hesaplama 2 sıfır ise 1 haneli kΩ olur (1k-2k-3k vs.). 3 sıfır ise 2 haneli kΩ olur (10k-15k vs.). 4 sıfır ise 3 haneli kΩ olur (100 k- 200 k vs.). 5 sıfır ise MΩ olur (1M-2M vs.).

Düşük değerdeki dirençler örneğin 1 Ω, 0,22 Ω bu değerlerin belirlenmesinde 1...9 Ω arası üçüncü renk **altın** 0,10 Ω...0,87 Ω vb. gibi 1 Ω altı değerler için **gümüş** rengi kullanılır

Örneğin, ilk iki renk 2 (kırmızı) 2 (kırmızı) üçüncü renk altın, bu durumda değer 2,2 Ω olur. Eğer ikinci renk kırmızı (2) değil de siyah (0) olsaydı dikkate alınırdı ve değer 2 Ω olurdu, yani normalde “0” olarak çevrilen son renk altın olduğunda 1...9 Ω arası değer kazandırıyor ve ikinci renk siyah dışında ise ilk rakam sonrası ara değer kazandırıyor. 2,2-3,9 gibi dördüncü son renk yine altın gümüş olabilir onlar ise tolerans belirleme işlerine devam eder.

Normalde üçüncü renk siyah olduğunda göz önüne alınmazken ikinci renk bölümünde siyah etkili olur göz önüne alınır

Üçüncü renk gümüş olduğunda ise 1 Ω altı değerleri belirler. Örneğin 2 (kırmızı) 2 (kırmızı) gümüş (% 10) bu durumda ilk iki rakamın başına “0.” ekliyoruz 1 Ω altı 0,22 Ω olarak değeri belirliyoruz.

**Direnç değeri** => 12 kΩ ± % 5

1.Renk ="Kahve", 2.Renk ="Kırmızı", 3.Renk ="Turuncu", 4.renk(Tolerans) ="Altın"

**Direnç değeri** => 2,7 MΩ ± % 5

1.Renk ="Kırmızı", 2.Renk ="Mor", 3.Renk ="Yeşil", 4.renk(Tolerans) ="Altın "

**Direnç değeri** => 82 kΩ ± % 5

1.Renk ="Gri", 2.Renk ="Kırmızı", 3.Renk ="Turuncu", 4.renk(Tolerans) ="Altın"

**Direnç değeri** => 47 kΩ ± % 1

1.Renk ="Sarı", 2.Renk ="Mor", 3.Renk ="Turuncu ", 4.renk(Tolerans) ="Kahverengi"

**Direnç değeri** => 390 kΩ ± % 1

1.Renk ="Turuncu", 2.Renk ="Beyaz", 3.Renk ="Siyah", 4.renk ="Turuncu",  
5.Renk = (Tolerans) = "Kahverengi"

**Direnç değeri** => 1 Ω ± % 5

Kahverengi (1)- Siyah (0)- Altın (0,1)- Altın (± % 5)

**Direnç değeri** => 22 Ω ± % 5

Kırmızı (2)- Kırmızı (2)- Siyah (10<sup>0</sup> =1)- Altın (± % 5)

**Direnç değeri** => 100 Ω ± % 5

Kahverengi (1)- Siyah (0)- Kahverengi (1)- Altın (± % 5)

**Direnç değeri** => 0,1 Ω ± % 10

Kahverengi (1)- Siyah (0)- Gümüş (0,01)- Gümüş (± %10)

**Direnç değeri** => 820 kΩ ± % 10

Gri (8)- Kırmızı (2)- Sarı (4)- Gümüş (± %10)

**Direnç değeri** => 1,5 MΩ ± % 5

Kahverengi (1)- Yeşil (5)- Yeşil (5)- Altın (± % 5)

**Direnç değeri** => 345 Ω ± % 5 (Beş renkli)

Turuncu (3)- Sarı (4)- Yeşil (5)- Siyah (0)- Altın (± % 5)

**Direnç değeri** => 28,5 Ω ± % 5 (Beş renkli)

Kırmızı (2)- Gri (8)- Yeşil (5)- Altın (0,1)- Altın (± % 5)

**Yeşil (5) Mavi (6) Kahverengi (10) Altın (± % 5)** => 560 Ω ± % 5

**Kırmızı (2) Kırmızı (2) Siyah (1) Gümüş (± % 10)** => 22 Ω ± % 10

**Gri (8) Kırmızı (2) Sarı (4) Altın (± % 5)** => 820.000 Ω ± % 5

**Kırmızı (2) Kırmızı (2) Gümüş (0,01) Altın ( $\pm \% 5$ )**  $\Rightarrow 0,22 \Omega \pm \% 5$   
**Kahverengi (1) Siyah (0) Altın (0,1) Altın ( $\pm \% 5$ )**  $\Rightarrow 1 \Omega \pm \% 5$   
**Kahverengi (1) Siyah (0) Kırmızı (100) Gümüş ( $\pm \% 10$ )**  $\Rightarrow 1000 \Omega \pm \% 10$   
**Kırmızı- Mor- Sarı-Altın**  $\Rightarrow 270 \text{ k}\Omega \pm \% 5$   
**Sarı- Mor- Kırmızı-Gümüş**  $\Rightarrow 4,7 \text{ k}\Omega \pm \% 10$   
**Yeşil- Mavi- Kahverengi-Altın**  $\Rightarrow 560 \text{ k}\Omega \pm \% 5$   
**Kahverengi- Siyah- Sarı-Gümüş**  $\Rightarrow 100 \text{ k}\Omega \pm \% 10$   
**Kırmızı- Mor- Yeşil-Altın**  $\Rightarrow 2,7 \text{ M}\Omega \pm \% 5$   
**Kırmızı-Kırmızı-Turuncu-Altın**  $\Rightarrow 22 \text{ k}\Omega \pm \% 5$   
**Sarı-Mor-Kahverengi-Altın**  $\Rightarrow 470 \Omega \pm \% 5$   
**Mavi-Gri-Siyah-Altın**  $\Rightarrow 68 \Omega \pm \% 5$   
**Kahverengi-Siyah-Kırmızı-Altın**  $\Rightarrow 1 \text{ k} \Omega \pm \% 5$   
**Kırmızı- Siyah-Kırmızı- Altın**  
2 0  $10^2 \pm \% 5 \Rightarrow 2000 \Omega \pm \% 5 = 2 \text{ k}\Omega \pm \% 5$   
**Turuncu- Turuncu- Turuncu- Altın**  
3 3  $10^3 \pm \% 5 \Rightarrow 33000 \Omega \pm \% 5 = 33 \text{ k}\Omega \pm \% 5$   
**Sarı-Mor- Kırmızı- Gümüş**  
4 7  $10^2 \pm \% 10 \Rightarrow 4700 \Omega \pm \% 10$   
**Mavi-Gri- Kahverengi-Gümüş**  
6 8  $10^1 \pm \% 10 \Rightarrow 680 \Omega \pm \% 10$   
**Beyaz- Kırmızı- Mavi- Altın**  
9 2  $10^6 \pm \% 5 \Rightarrow 92000000 \Omega \pm \% 5 = 92 \text{ M}\Omega \pm \% 5$   
**Kırmızı-Mor-Altın-Altın**  
2 7 0,1  $\pm \% 5 \Rightarrow 27 \cdot 0,1 = 2,7 \Omega \pm \% 5 = 2\text{R}7 \pm \% 5$   
**Sarı-Mor- Gümüş- Gümüş**  
4 7 0,01  $\pm \% 10 \Rightarrow 47 \cdot 0,01 = 0,47 \Omega \pm \% 10$   
**Sarı- Yeşil- Kırmızı- Kahverengi**  
4 5  $10^2 \pm \% 1 \Rightarrow 4500 \Omega \pm \% 1 = 4,5 \text{ k}\Omega \pm \% 1$   
**Kahverengi- Yeşil- Siyah-Altın**  
1 5  $\pm \% 5 \Rightarrow 15 \Omega \pm \% 5$

**Direnç 5 renkli ise,**

**Kırmızı- Yeşil- Mavi- Altın-Kahverengi**

$$2 \quad 5 \quad 6 \quad 0,1 \quad \pm \% 1 \Rightarrow 256 \cdot 0,1 = 25,6 \Omega \pm \% 1 = 25\text{R}6 \pm \% 1$$

**Yeşil- Mavi- Mavi- Gümüş- Gümüş**

$$5 \quad 6 \quad 6 \quad 0,01 \quad \pm \% 10 \Rightarrow 566 \cdot 0,01 = 5,66 \Omega \pm \% 10 = 5\text{R}66 \pm \% 10$$

**Yeşil-Mavi-Siyah-Siyah-Kahverengi**

$$5 \quad 6 \quad 0 \quad 0 \quad \pm \% 1 \Rightarrow 560 \Omega \pm \% 1$$

## ÖLÇME ALANINI GENİŞLETMEK

Ampermetre ve voltmetreler genellikle küçük değerdeki akım (2 A, 5 A) ve gerilimleri (10 V, 20V gibi) ölçebilecek şekilde imal edilirler. Uygulamada çok daha büyük değerleri (50 A, 100 A, 500 A- 220 V, 380 V, 1000 V gibi) ölçmek gerekebilir. Ölçü aletlerini doğrudan büyük akım ve gerilim değerlerini ölçebilecek şekilde yapılmasının bazı sakıncaları vardır. Bunlar;

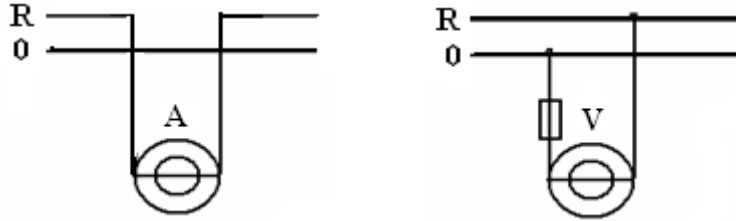
- 1- Büyük ölçme alanlı ölçü aletinin hassasiyeti azalır.
- 2- Büyük ölçme alanlı ölçü aletinin hacmi büyüdüğünden, kullanım ve taşıma zorluğu ortaya çıkar, pratikliğini kaybeder.
- 3- Büyük değerli ölçümler için yapılacak yalıtım maliyeti artırır
- 4- Büyük ölçme alanlı ölçü aletinin kullanım güvenliği ortadan kalkar.

Herhangi bir ölçü aleti ile ölçme sınırının çok daha üstündeki elektriksel büyüklüğü dışarıdan ilaveler yaparak güvenli bir şekilde ölçme işlemine ölçme alanını genişletme adı verilir. Elektriksel büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri direkt ve endirekt olarak iki şekilde bağlanır.

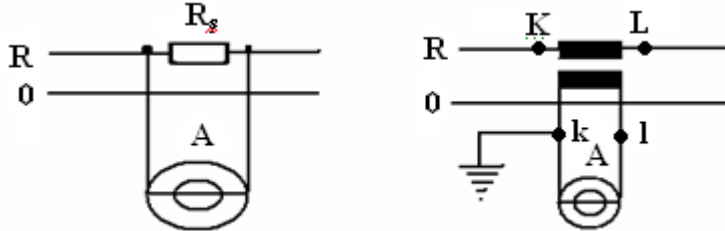
**Direkt Bağlama:** Elektrik devresi ile ölçü aleti arasında bir araç konmadan aletin doğrudan devreye bağlanması ile yapılan ölçmedir.

**Endirekt Bağlama:** Elektrik devresi ile ölçü aleti arasında bir araç konularak yapılan ölçmedir. Büyük akım ve gerilim değerlerinin ölçülebilmesi için doğru akım devreleri ile alternatif akım devrelerinde farklı yöntemler kullanılır.

Doğru akım devrelerinde ölçü transformatörleri çalışmaz. Bu nedenle ölçme alanını genişletmek için, ampermetreye paralel (şönt) direnç, voltmetreye seri (ön) direnç bağlanır. Bu dirençler manganin adı verilen bakır-mangan-nikel alaşımından yapılarak sıcaklıktan etkilenmemesi sağlanır. Alternatif akım devrelerinde ise, değişken akım ile çalışabilen ölçü transformatörleri kullanılır. Ölçme alanını genişletmek için, ampermetreye akım transformatörü, voltmetreye gerilim transformatörü bağlanır.

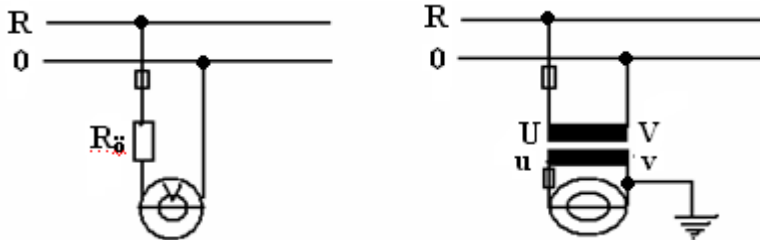


**Ampermetre ve voltmetrenin devreye direkt bağlantısı**



**Ampermetrenin şönt direnç üzerinden bağlantısı**

**Ampermetrenin akım trafosu üzerinden bağlantısı**



**Voltmetrenin ön direnç üzerinden bağlantısı**

**Voltmetrenin gerilim trafosu üzerinden bağlantısı**

Şönt ve ön dirençler alternatif akım ölçme aletlerine bağlanabilirler. Ancak, güvenlik, emniyet ve güç kayıpları dikkate alındığında uygulamada kullanım yeri yoktur.

İster doğru akım, ister alternatif akım devrelerinde kullanılan bu yardımcı araçların hepsine birden ölçü redüktörleri (ölçü değışkileri) adı verilir.

## DOĞRU AKIMDA AMPERMETRELERİN ÖLÇME ALANLARININ GENİŞLETİLMESİ

Elektromanyetik aletten yapılmış ampermetreler direkt ölçmeler için istenen değerde yapılabilmektedirler. Hatta aletin bobininden çeşitli uçlar alınıp dışarıya çıkartılarak kademeli ölçme alanlı ampermetreler de yapılmaktadır. Ancak termik, elektrodinamik ve özellikle döner bobinli ölçü aletleri yapıları gereği en fazla 500 mA'ı ölçebilecek şekildedir.

Ölçme alanı küçük bir ampermetreyi, büyük güçlü bir devreye bağlayacak olursak, ölçü aleti yanar. Bu tip ölçü aletleriyle daha büyük akımları ölçebilmek için ampermetrenin bobinine paralel olarak küçük değerli bir şönt direnç bağlanır. Böylece ölçü aletinin ölçme alanı genişletilmiş olur.

Ölçülecek akım, kadranın gösterebileceği akımın birkaç katı ise, devreden çekilen akımın büyük bir kısmı bu şönt dirençten geçer. Şönt direnç ile aletin bobini paralel bağlı olduğundan, her ikisinde de düşen gerilim aynıdır. Bu gerilim şönt dirençteki akımla doğru orantılı olduğundan ölçü aletinin kadranı, doğrudan doğruya şönt dirençten geçen akıma göre taksimatlandırılmıştır. Ölçü aletinden geçen akım, şönt dirençten geçen akıma göre çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Böylece şönt dirençten geçen akım, ölçülecek akım demektir.

AB arasındaki gerilim düşümü, şönt ve ampermetrenin iç direncinin uçlarında düşen gerilim düşümlerine eşittir.

Her ölçü aleti için şönt direncin değeri ayrı ayrı hesaplanarak bulunur. Ampermetreye bağlanacak şönt direncin hesabında,

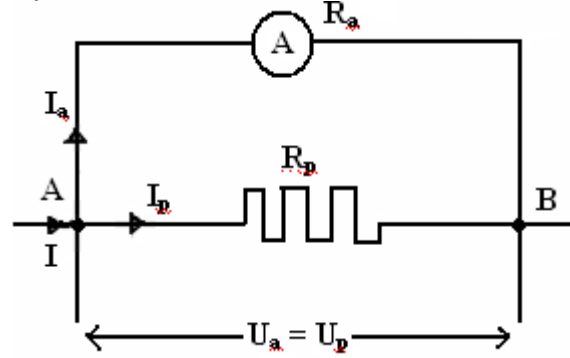
1- Ampermetrenin iç direnci

2- Ampermetrenin ölçme alanı

3- Ampermetrenin yeni ölçme alanı ( ölçülmesi istenen akım) bilinmelidir.

$n =$  Şönt dirençle ölçme alanı değiştirilen bir ampermetrenin kadran bölümleri arasını yeniden düzenleyen bir katsayı

Şönt direncin değeri sıcaklıkla değişmemelidir. Ayrıca ölçü aleti devreye bağlı kaldığı sürece, ampermetre direncinin şönt dirence oranı sabit kalmalıdır.



$I =$  Devreden geçen toplam akım yani ölçmek istenen akım (A)

$I_a =$  Ampermetrenin ölçebileceği en büyük akım (A)

$I_p =$  Şönt (paralel) dirençten geçen akım (A)

$R_p =$  Şönt direncin değeri ( $\Omega$ )

$R_a =$  Ampermetrenin iç direnci ( $\Omega$ )

$U_p =$  Şönt direnç üzerinde düşen gerilim (V)

$U_a =$  Ampermetre üzerinde düşen gerilim (V)

Şekildeki devrede hem şönt hem de alet AB noktalarına paralel bağlandığı için  $U_a = U_p$  'dir ve ohm kanunundan  $U_a$  ve  $U_p$  değerlerini yazarsak;

$$U_a = I_a \cdot R_a$$

$$U_p = I_p \cdot R_p$$

$$U_a = U_p \text{ olduğundan}$$

$$I_a \cdot R_a = I_p \cdot R_p \text{ olur.}$$

$$R_p = \frac{I_a \cdot R_a}{I_p}$$

Kirşof kanunu A noktasına uygulanırsa;

$$I = I_a + I_p$$

$$I_p = I - I_a$$

$$R_p = \frac{I_a \cdot R_a}{I - I_a}$$

Bu eşitliğin pay ve paydasını  $I_a$  ya bölersek

$$R_p = \frac{\frac{I_a \cdot R_a}{I_a}}{\frac{I - I_a}{I_a}} = \frac{R_a}{\frac{I}{I_a} - 1} = \frac{R_a}{\frac{I}{I_a} - 1}$$

$$n = \frac{I}{I_a}$$

$$R_p = \frac{R_a}{n-1} (\Omega)$$

$n$  = Dönüştürme oranı veya yükseltme katsayısı

Ampermetrenin iç direnci ( $R_a$ ) aletin üzerinde yazılıdır. Yazılı değil ise bir ohmmetre ile ölçülür. Böyle şönt direnç bağlanarak ölçme alanı değiştirilen ampermetrenin kadran taksimatı yeni ölçme alanına göre düzenlenir ve aletin ölçme alanı dönüştürme oranı kadar arttırılmış olur.

### ÖRNEKLER:

**1-** 5 A'lik bir ampermetre ile 50 A'lik bir devrenin akımı ölçüldüğünde, gösterge kadran taksimatı üzerindeki 3 rakamı üzerinde durduğuna göre, ölçülen değer kaç A'dir

$$n = \frac{I}{I_a} = \frac{50}{5} = 10$$

Şönt alete bağlandığında iki taksimat arasında okunan değeri 10 katı arttırmıştır.

$$I = I_a \cdot n = 5 \cdot 10 = 50 \text{ A okunmuş olacaktır.}$$

**2-** 5 A'lik bir ampermetre ile 30 A'lik bir devrenin akımı ölçülecektir. Ampermetrenin iç direnci  $0,05 \Omega$  olduğuna göre, şönt direncin değeri kaç  $\Omega$  dur.

$$n = \frac{I}{I_a} = \frac{30}{5} = 6$$

$$R_s = \frac{R_a}{n-1} = \frac{0,05}{6-1} = 0,01 \Omega$$

**3-** 5 A'lik bir ampermetre ile 60 A'lik bir devrenin akımı ölçülmüş ve gösterge 3,8 rakamı üzerinde durmuştur. Devrenin çektiği akım şiddetini bulunuz.

$$n = \frac{I}{I_a} = \frac{60}{5} = 12$$

$$I = I_a \cdot n = 5 \cdot 12 = 60 \text{ A}$$

**4-** 5 A'lik bir ampermetre ile 25 A'lik bir devrenin akımı ölçülecektir. Ampermetrenin iç direnci  $0,04 \Omega$  olduğuna göre;

a) Şönt direncin değerini bulunuz



b) Aynı alet üzerine şönt bağlı iken 3 A'yi göstermiş ise devre akım kaç A'dır?

$$\text{a) } n = \frac{I}{I_a} = \frac{25}{5} = 5$$

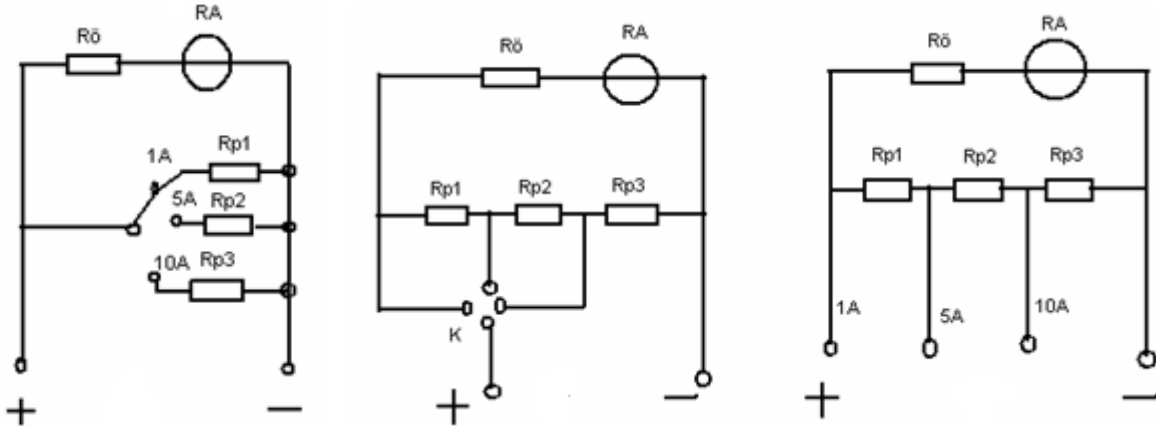
$$R_p = \frac{R_a}{n-1} = \frac{0,04}{5-1} = 0,01 \Omega$$

$$\text{b) } n = \frac{I}{I_a}$$

$$I = I_a \cdot n = 3 \cdot 5 = 15 \text{ A}$$

Şöntler genellikle 50 A'ye kadar akımların ölçülmesinde aletin içinde; bundan büyük akımların ölçülmesinde ise aletin dışına konur ve düşük ısı katsayılı konstantan veya manganin maddelerinden, ya yuvarlak çubuk şeklinde veya lama şeklinde yapılır. Şönt direncin bağlanma vidaları iyice sıkıştırılmalıdır. Aksi halde temas yerlerinin direnci de devreye girer. Şönt direnç ancak kendi ampermetresinde kullanılır ve değerleri hep sabit olup üzerinde yazılıdır.(300 A / 60 mV, 50 A/300 mV gibi). Uygulamada çeşitli kademelerdeki akım değerlerini ölçebilen ampermetrelerde vardır. Bunlara birden fazla şöntler bağlanarak imal edilir.

Bir ölçü sistemine çeşitli değerlerde şönt dirençler paralel bağlanarak ölçü aletinin ölçme alanı genişletilmiş olur. Böyle bir ölçü aleti ile çeşitli kademelerdeki akım şiddetlerini ölçebiliriz. Aynı zamanında duyarlı ölçme yönünden kademe değiştirmek oldukça kolaydır. Kademeli ölçme alanlı ampermetreler sabit ve hareketli kademe uçlu ampermetreler olmak üzere iki şekilde yapılırlar.



**Kademeli ölçme alanlı ampermetre şöntlerinin bağlantısı**

**Sabit Kademe Uçlu Ampermetreler:** Çeşitli kademelerde ölçme yapılırken bağlantılarda değişiklik yapılır.

**Hareketli Kademe Uçlu Ampermetreler (Komütatör Anahtarlı):** Ölçme yapılırken bağlantılarda değişiklik yapılmaz, kademe ayarları komütatör anahtarla yapılmaktadır. Ölçme hangi kademede yapılmışsa, ona ait kadrın bölümünden okumak gerekir

Kademeli ölçme alanlı ampermetrelerin birçok avantajları bulunmaktadır. Bunlar,

1- Bir ölçü aleti ile çeşitli kademelerdeki akım büyüklükleri ölçülebilir.

2- Her kademedeki büyüklüğü, geniş kadrın taksimatı üzerinde daha hassas ve doğru okuyabilme imkanı vardır.

3- Birkaç ölçü aleti yerine, bir ölçü aleti kullanmak daha ekonomiktir.

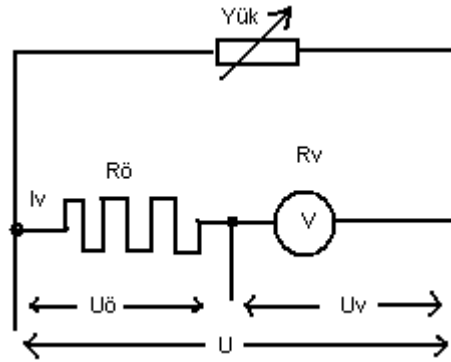
Yüksek akımlarda şöntün kullanılması, yüksek kayıpların meydana gelmesine neden olur. Döner bobinli ölçü aletlerinde, şönt kullanılmadan yapılan hiçbir akım ölçüsü yoktur.

## DOĞRU AKIMDA VOLTMETRELERİN ÖLÇME ALANLARININ GENİŞLETİLMESİ

Voltmetreler (elektrostatik voltmetreler dışında) küçük gerilimli olarak yapıldığından, ölçme alanını genişletmek için, voltmetrenin bobinine seri olarak büyük değerli bir ön direnç bağlanır. Ölçülecek gerilimin büyük bir kısmı bu ön direnç üzerinde düşerken, küçük bir kısmı da voltmetre üzerinde düşer. Böylece ölçü aletinin ölçme alanından daha büyük gerilimlerin ölçülmesi sağlanmış olur. Fakat voltmetre ölçülen gerçek gerilime göre taksimatlandırıldığı için, kadranda ölçmek istediğimiz gerilimi okuruz

Genelde 600 V'a kadar ölçme yapan voltmetrelerin ön dirençleri aletin kutusu içinde, bundan yüksek gerilimlerin ölçülmesinde ise aletin dışında ve özellikle delikli kutular içine konur.

Ön dirençler düşük ısı katsayılı konstantan, manganin veya bakır-nikel telden yapılırlar ve hangi gerilimde kullanılacağı üzerine yazılırlar (120 V/ 25 mA, 600 V/ 5 mA gibi). Ayrıca bu dirençler de gelişmiş güzel seçilmeyip, her alet için ayrı ayrı hesaplanırlar ve ölçü aletini yapan fabrika tarafından birlikte gönderilir.



$R_{\dot{o}}$  = Ön direncin değeri ( $\Omega$ )

$R_v$  = Voltmetrenin iç direnci ( $\Omega$ )

$U$  = Devreye uygulanan gerilim (V)

$U_{\dot{o}}$  = Ön direnç üzerinde düşen gerilim (V)

$U_v$  = Voltmetre üzerinde düşen gerilim (V)

$I_v$  = Ön dirençten ve aletten geçen akım (A)

Ohm kanununa göre,

$$I_v = \frac{U_{\dot{o}}}{R_{\dot{o}}}$$

$$I_v = \frac{U_v}{R_v}$$

$$\frac{U_{\dot{o}}}{R_{\dot{o}}} = \frac{U_v}{R_v}$$

$$R_{\dot{o}} = \frac{U_{\dot{o}}}{U_v} \cdot R_v$$

$$U = U_{\dot{o}} + U_v$$

$$U_{\dot{o}} = U - U_v$$

$$R_{\dot{o}} = \frac{U_{\dot{o}}}{U_v} \cdot R_v = \frac{U - U_v}{U_v} \cdot R_v = \left[ \frac{U}{U_v} - \frac{U_v}{U_v} \right] \cdot R_v = \left[ \frac{U}{U_v} - 1 \right] \cdot R_v$$

$$n = \frac{U}{U_v}$$

$n$  = Dönüştürme oranı

$$R_{\dot{o}} = R_v \cdot (n - 1) (\Omega)$$

### ÖRNEKLER:

**1-** İç direnci  $1000 \Omega$  olan  $10 \text{ V}$ 'luk bir voltmetreye seri direnç bağlayarak  $100 \text{ V}$ 'luk bir voltmetre yapmak istiyoruz.

**a)** Dönüştürme oranını

**b)** Voltmetreye bağlanacak ön direncin değerini

**c)** Yeni ölçme alanlı voltmetrenin kadran taksimat aralıklarını

**d)** Gösterge 4 rakamı üzerinde duruyorsa ölçülen gerilimi

**e)** Devre gerilimi  $90 \text{ V}$  ise göstergenin gösterdiği rakamı hesaplayınız.

$$U = 100 \text{ V}$$

$$U_v = 10 \text{ V}$$

$$R_v = 1000 \Omega$$

$$\mathbf{a)} n = \frac{U}{U_v} = \frac{100}{10} = 10$$

$$\mathbf{b)} R_{\delta} = R_v \cdot (n - 1) = 1000 \cdot (10 - 1) = 9000 \Omega$$

$$\mathbf{c)} U_v = \frac{U}{n} = \frac{100}{10} = 10 \text{ Her taksimat arası } 10 \text{ kat artmıştır.}$$

$$\mathbf{d)} U = 4 \cdot n = 4 \cdot 10 = 40 \text{ V}$$

$$\mathbf{e)} U_v = \frac{U}{n} = \frac{90}{10} = 9 \text{ rakamı üzerinde durur.}$$

**2-**  $10 \text{ V}$ 'luk bir voltmetrenin iç direnci  $2000 \Omega$  dur. Bu voltmetre ile  $150 \text{ V}$ 'luk bir devrenin gerilimini ölçmek istiyoruz Voltmetreye bağlanacak ön direncin değerini hesaplayınız.

$$U_v = 10 \text{ V}$$

$$U = 150 \text{ V}$$

$$R_v = 2000 \Omega$$

$$n = \frac{U}{U_v} = \frac{150}{10} = 15$$

$$R_{\delta} = R_v \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (15 - 1) = 28000 \Omega$$

**3-**  $100 \text{ V}$ 'luk bir voltmetre ile  $600 \text{ V}$ 'luk bir devrenin gerilimi ölçülecektir. Gösterge 82 rakamını gösterdiğine göre, devrenin gerçek gerilimini hesaplayınız.

$$U_v = 100$$

$$U = 600 \text{ V}$$

$$n = \frac{U}{U_v} = \frac{600}{100} = 6$$

$$U = U_v \cdot n = 82 \cdot 6 = 492 \text{ V}$$

**4-** İç direnci  $2000 \Omega$  olan  $10 \text{ V}$ 'luk bir voltmetre ile  $120 \text{ V}$  gerilim ölçmek istiyoruz.

**a)** Voltmetreye bağlanacak ön direncin değerini,

**b)** İbre 7 rakamı üzerinde duruyorsa, ölçülen gerilim bulunuz.

$$\mathbf{a)} n = \frac{U}{U_v} = \frac{120}{10} = 12$$

$$R_{\delta} = R_v \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (12 - 1) = 22000 \Omega = 22 \text{ k}\Omega$$

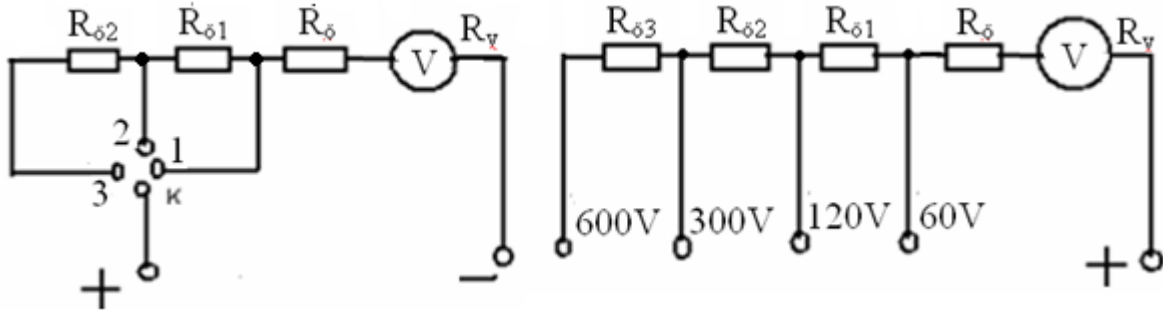
$$\mathbf{b)} n = \frac{U}{U_v}$$

$$U = U_v \cdot n = 7 \cdot 12 = 84 \text{ V}$$

Voltmetreler tablo tipi voltmetreler hariç genellikle kademeli olarak yapılıp kullanılırlar. İstenen büyüklükteki gerilimleri, çeşitli değerdeki ön dirençleri voltmetreye seri bağlayarak ölçebiliriz. Voltmetrenin ölçme alanı, seri dirençlerin değeri değiştirilerek değiştirilebilir. Kademeli ölçme alanlı voltmetreler sabit ve hareketli kademe uçlu voltmetreler olmak üzere iki şekilde yapılırlar.

**Sabit Kademe Uçlu Voltmetreler:** Her büyüklüğe ait ön dirençler, ölçülen gerilim yükseldikçe birbirlerine seri olarak bağlanırlar.

**Hareketli Kademe Uçlu Voltmetreler:** Her büyüklüğe ait ön dirençler ayrı ayrı ölçü aletinin bobinine seri olarak bağlanırlar.



**Kademeli ölçme alanlı voltmetrenin ve dirençlerin bağlanması**

**Uçları çıkartılmış kademeli ölçme alanlı voltmetrenin ön dirençlerin bağlanması**

Kademeli ölçme alanlı voltmetrelerde kadrana, genellikle bir ve iki sıra halinde bölümlendirilir. Kadran 60 V'a göre bölümlendirilmişse, 60 V'a kadar ölçülen değerler, göstergeden doğrudan doğruya okunabilir. Ölçü aletinin 120 V'luk bağlantı ucu kullanılmışsa, kadranın 120 V'a göre bölümlendirildiği kabul edilerek okuma 120 V'a göre yapılır. Kısaca aletin üzerinde, değeri belirtilmiş ön direncin hangi bağlantı ucu kullanılmışsa, mevcut kadrana o değere göre bölümlendirilmiş kabul edilir.

Buna göre ölçü aletine bağlanan her ön direnç için, bir yükseltme katsayısı tespit etmek gerekir. Bu katsayı, voltmetrenin her bağlantı vidası üzerindeki değerin ölçü aletinin kadrana üzerindeki maksimum değere bölünmesiyle bulunur.

**Ölçülen Değer = n. Okunan Değer**

Kadran üzerindeki maksimum değer 60 V. Bu ölçü aletinin 300 V'luk ucunu kullanırsak, yükseltme katsayısı  $n = \frac{300}{60} = 5$  dir. Kadranda okunan değer bu sayı ile çarpılırsa ölçülen

gerilim bulunmuş olur. Örneğin gösterge, kadrana üzerinde 20 rakamı üzerinde durmuşsa, ölçülen değer,  $20 \cdot 5 = 100$  V'dur.

Ölçü aletinin 600 V'luk ucu kullanılmışsa,

$$n = \frac{600}{60} = 10$$

Ölçülen değer,  $20 \cdot 10 = 200$  V'dur.

120 V'luk kademedeki yapılan ölçümde ibrenin gösterdiği değer,

$$n = \frac{120}{60} = 2 \text{ yükseltme katsayısı ile,}$$

240 V'luk kademedeki yapılan ölçümde ibrenin gösterdiği değer,

$$n = \frac{240}{60} = 4 \text{ yükseltme katsayısı ile, çarpılarak gerçek değer bulunur.}$$

## ALTERNATİF AKIMDA ÖLÇÜ ALETLERİNİN ÖLÇME ALANLARININ GENİŞLETİLMESİ VE ÖLÇÜ TRANSFORMATÖRLERİ

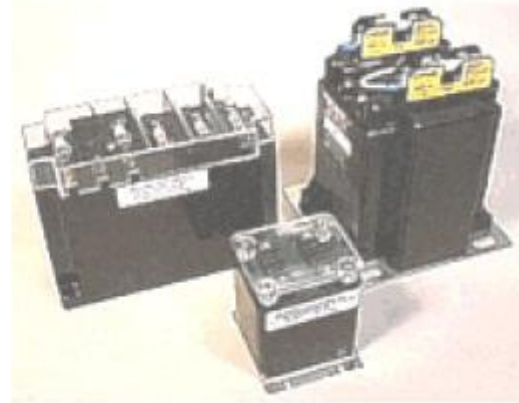
Uygulamadaki birçok elektrik tesisleri, alternatif akım enerjisi ile çalışır. Bu tesislerin kontrol ve koruma devrelerinde kullanılan ölçü aletleri ve röleler, yüksek gerilim şebekelerine ve büyük akım çeken devrelere doğrudan doğruya bağlanmaları sırasında bazı zorluklarla karşılaşılır. Çünkü ölçü aletlerinin yüksek gerilimden yalıtılması zordur. Ayrıca büyük akımlara dayanacak kapasitede yapılması mümkün değildir.

Böyle devrelerde standart olarak yapılmış, ucuz ve küçük yapıli ölçü aletleri, kontrol cihazlarının elektrik tesislerine güvenle bağlantısını sağlayan özel transformatörler kullanılır. Alternatif akım devrelerinde, akımı veya gerilimi belli oranlarda küçülterek ölçü aletlerinin ölçebileceği değere getiren bu özel transformatörlere ölçü transformatörleri denir.

Ölçü transformatörlerinin sekonder uçlarına, ampermetreler, voltmetreler, wattmetreler, sayaçlar, çeşitli röleler ve bazı kontrol aletleri bağlanabilir. Ölçü transformatörlerinin yükleri ölçü aletleri olduğu için güçleri küçüktür. (10 VA - 20 VA gibi)

Ölçü transformatörleri, ölçü aletlerinin ölçme alanlarını genişletmek ve ölçme yapan kişiyi yüksek gerilimden korumak için kullanılır. Ölçü transformatörlerinin amaçları;

- 1- Ölçü aletleri ve koruma rölelerini primer gerilimden izole ederek güvenli çalışma imkanı sağlar.
- 2- Değişik primer değerlere karşılık standart sekonder değerler verir.
- 3- Ölçü transformatörlerinin kullanılması, ölçü aletlerinin ve rölelerin küçük boyutlu imal edilmesine imkan verir
- 4- Büyük değerler ölçmede daha ekonomik çözümdür.

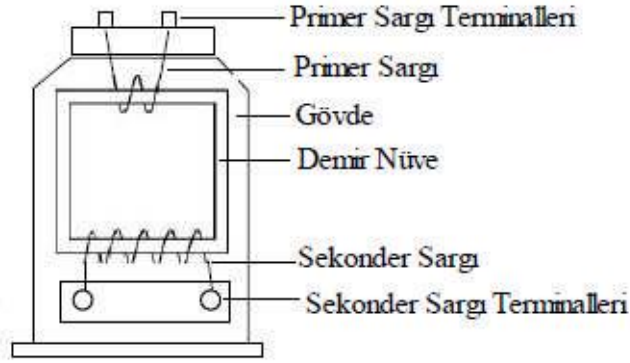


Ölçü transformatörleri iki çeşittir.

- 1- Akım trafoları
- 2- Gerilim trafoları

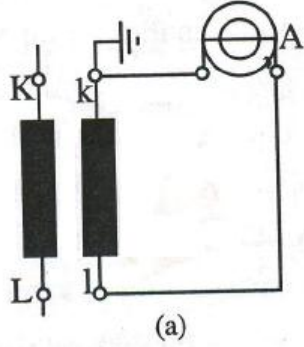
### 1- AKIM TRANSFORMATÖRLERİ

Alternatif akım devrelerinde şönt direnç kullanarak ampermetrenin ölçme alanını genişletmek, güç kayıplarına sebep olduğundan ve yüksek gerilimde yalıtma zorluğu çıkardığından dolayı kullanılmaz. Alternatif akım devrelerinde kullanılan ampermetrelerin ölçme alanlarını genişletmek için akım transformatörleri kullanılır. Akım transformatörleri bağlı oldukları devreden geçen akımı istenen oranda küçülterek, bu akımla sekonder terminallerine bağlı aletleri besleyen ve ölçü sistemini yüksek gerilimden izole ederek güvenliği sağlayan, şönte oranla daha az güç kaybına neden olan özel trafolardır.

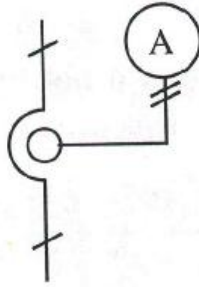


**Akım transformatörünün yapısı**

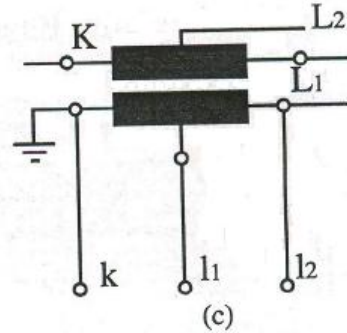
Alçak ve yüksek gerilim devrelerinde kullanılan akım transformatörlerinin, primer ve sekonder sargıları aynı nüve üzerine sarılırlar Primer sargısından, ölçülmesi istenen yüksek akım, sekonder sargısından ise ölçü aletlerinin (ampermetre, röle vb aygıtların akım bobinlerinin) akımları geçer. Bu nedenle primer sargısı kalın telli, az sipirli, sekonder sargısı ince telli, çok sipirli olarak sarılır. Bu iki devre sargıları birbirlerine göre çok iyi izole edilmiş olup, nüvesi kaliteli silisli çelik saçlardan yapılır.



(a) Akım transformatörünün prensip şeması

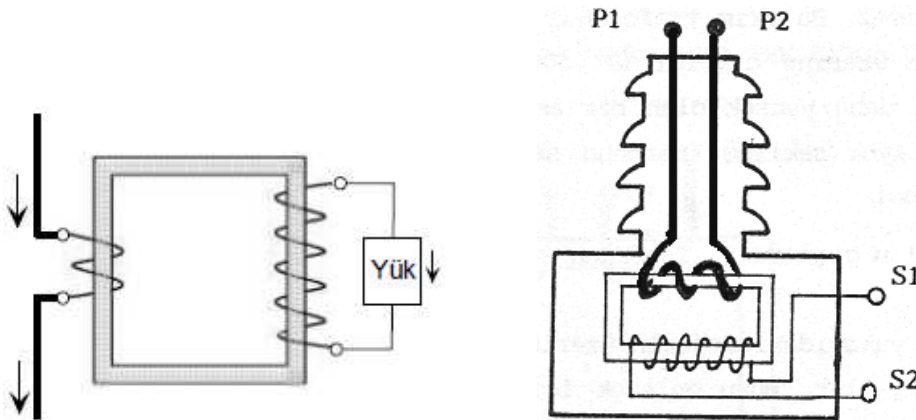


(b) Sembolik gösterilişi



(c) Akım transformatörünün primer sekonder uçları çok kademeli olabilir

Primer sargı uçları (K-L) akımı ölçülecek devreye, sekonder sargı uçları (k-l) ölçü aletinin devresine seri olarak bağlanır. Amerikan normunda primer sargı uçları  $H_1$ ,  $H_2$ , sekonder sargı uçları  $X_1$ ,  $X_2$ . Alman normunda primer sargı uçları  $P_1$ ,  $P_2$ , sekonder sargı uçları  $S_1$ ,  $S_2$  ile gösterilir.



**Akım transformatörünün prensip şekli**

Akım transformatörünün primerinden ne büyüklükte akım geçerse geçsin, sekonderinden bu akımla orantılı küçük değerlerde (5 A-1 A- 2 A-10 A) bir akım geçer. Akım transformatörü aracılığı ile ölçme yapan ampermetrelerin ölçme alanı en fazla 5 A'dır.

Primer akımının sekonder akımına oranına akım transformatörünün çevirme oranı denir.

$$n = \frac{I_1}{I_2} \quad (50/1, 50/5, 300/5, 600/5, 1000/5, 1600/5 \text{ gibi})$$

Üzerinde 50/5 A oranı yazılı bir akım transformatörünün primerinden 50 A geçtiğinde, sekonderine bağlı ampermetre 5 A'yi gösterir. Eğer alet 3 A'yi gösteriyorsa primerden geçen akım,

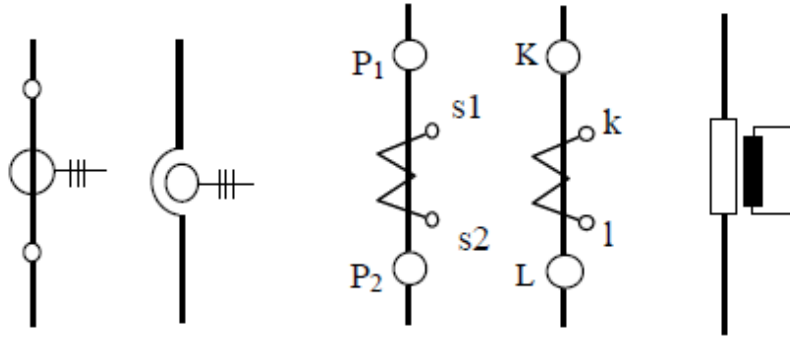
$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{50}{5} = 10$$

$$I = 3 \cdot n = 3 \cdot 10 = 30 \text{ A}$$

Üzerinde 100/5 A oranı yazılı bir akım transformatörünün primerinden 100 A geçtiğinde, sekonderine bağlı ampermetre 5 A'yi gösterir. Eğer alet 4 A gösteriyorsa primerden geçen akım,

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{100}{5} = 20$$

$$I = 4 \cdot n = 4 \cdot 20 = 80 \text{ A}$$



**Akım transformatörlerinin sembolleri**

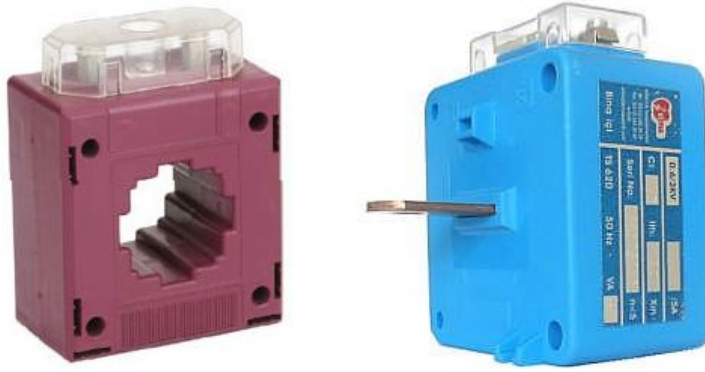
Akım transformatörünün sekonder akımı primer akımına göre yaklaşık  $180^0$  faz farklıdır. Ancak bu faz farkı duyarlı akım transformatörleri için geçerlidir. Değerlerinde ileri veya geri yönde faz hatası olabilmektedir. Faz hatasının, akım büyüklüklerinin ölçülmesinde çok etkisi yoksa da enerji ve güç ölçmelerine etki eder. Bundan dolayı enerji ve güç ölçme işlemlerinde duyarlılığı iyi olan akım transformatörleri kullanılır.

Akım transformatörlerinin sekonderlerine bağlanan elemanların iç dirençleri çok küçük olduğundan, transformatör kısa devre durumunda çalışır Bunun için akım transformatörünün sekonder uçları primer devresinde akım varken, hiçbir zaman açık bırakılmamalıdır. Aksi halde hem transformatör yanabilir hem de transformatörde ölçme yapanları tehlikeye sokabilir. Çünkü primer ve sekonder akımları arasında yaklaşık  $180^0$  faz farkı olduğundan manyetik alanlar arasında da bu faz farkı vardır. Böylece akım transformatörünün sekonder sargı alanı, primer sargı alanını çok zayıflayacağından demir nüve az doyurulmuş manyetik alanla çalışır.

Akım transformatörünün sekonder sargı uçları açık bırakılacak olursa, sekonder sargının manyetik alanı oluşmayacağından primer sargının manyetik alanı hem demir nüveyi ısıtır hem de özellikle ani akım darbelerinde sekonder sargı üzerinde yüksek gerilim indükler. Bunun sonucunda hem transformatör yanabilir hem de oluşan yüksek gerilim sargıların izolesini patlatır ve ölçme yapanları tehlikeye sokabilir.

Bu sakıncaları önlemek için kesinlikle akım transformatörünün sekonderi açık bırakılmayacağı gibi devreye sigorta da konulmaz. Onarım veya ölçü aletinin değiştirilmesi gibi nedenlerden dolayı devrenin açılması gerekirse ya primer akımı kesilir ya da sekonder uçları önce bir kablo ile kısa devre edilir sonra açılır. Bunun için kısa devre anahtarı konabilir. Ayrıca yüksek gerilim tehlikelerine karşı **k** ucu daima topraklanır. Bağlanacağı şebeke gerilimine göre yalıtılan akım transformatörünün gövdesi ile sekonderi daima topraklanmalıdır.

Akım transformatörlerinin çevirme oranı büyüdükçe primer sargının sarım sayısı azalır. Bazı akım transformatörlerinin ortasından yuvarlak veya dikdörtgen kesitli bara geçer. Bu bara primer sargısını oluşturur. Alçak gerilim devrelerinde kullanılan, sargılı veya baralı olarak yapılan akım transformatörlerine akım redüktörleri denir. (Bara tipi akım transformatörleri) Bu akım transformatörünün primer sargısından çıkarılan 4 uç yardımıyla 12,5 - 25 - 50 A değerindeki akımlar ölçülür. Ölçülen akım değeri büyüdükçe transformatörün çevirme oranı da büyür.



**Akım transformatörleri**

Akım transformatörleri çalışma yerine göre,

1- Dahili tip (Bina içi)

2- Harici tip (Bina dışı)

Soğutma sistemine göre,

1- Yağlı soğutmalı

2- Kuru hava soğutmalı şeklinde sınıflandırılabilir.

Bütün akım transformatörlerinin özellikle yüksek gerilimde kullanılan akım transformatörlerinin primer ve sekonder sargıları çok iyi yalıtılmalıdır.

SINIFI	ÇEVİRME ORANI HATASI ( $n = \pm \%$ )				FAZ HATASI $\pm$ (Dakika)			
	1,2 x In	1,0 x In	0,2 x In	0,1 x In	1,2 x In	1,0 x In	0,2 x In	0,1 x In
0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	5	5	8	10
0,2	0,2	0,2	0,35	0,5	10	10	15	20
0,5	0,5	0,5	0,75	1,0	30	30	40	60
1	1	1	1,5	20	60	60	80	120
3	—	3,0	—	—	—	—	—	—

Akım transformatörleri primer ve sekonder akımlarına ( 50/ 5 A- 300 / 5 A gibi) güçlerine (10 VA- 20 VA gibi) ve hassasiyet durumlarına ( 1.sınıf, 2.sınıf ) göre de sınıflara ayrılır.



Gerilimlerine göre, alçak ve yüksek gerilimlerde çalışan akım transformatörleri.

Primer sargı durumuna göre, sargı tipi ve bara tipi akım transformatörleri olarak sınıflara ayrılır. Primer ve sekonder akımları ile yükleri tayin edilerek (0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 3) sınıflara ayrılmıştır.

Akım transformatörleri tam yük akımlarına yakın değerlerde ( $1,2 \cdot I_n - 0,8 \cdot I_n$ ) normal çalışırlar. Çok küçük akım değerlerinde hataları artar.

Akım transformatörleri, bağlanacakları aletlerin sınıfına, gücüne ve çalışma ortamına göre seçilmelidir.

Örneğin:

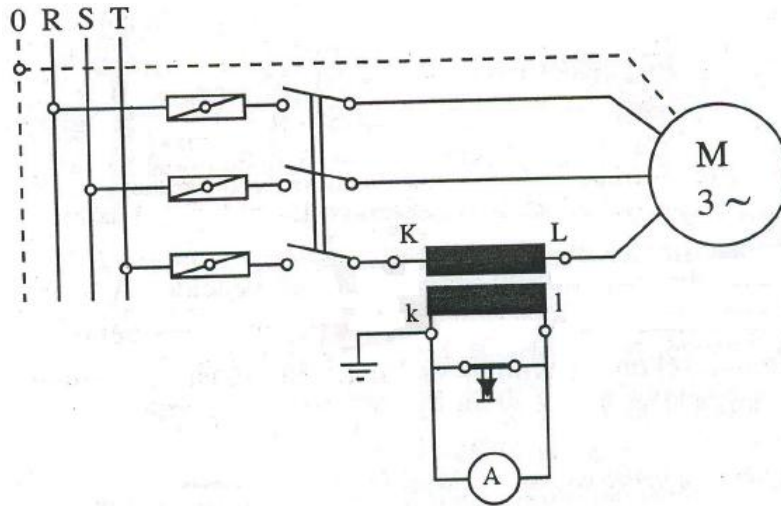
**Etalon akım transformatörleri** (0,1 ve 0,2 sınıfı) Hassas ölçü aletlerinin ayarlanmasında, **Hassas akım transformatörleri** (0,5 sınıfı) İşletmede kullanılan ölçü aletlerinin kontrolleri ile hassas ölçüm işlerinde,

**İşletme akım transformatörleri** (1.sınıf) İşletmede kullanılan sayaç ve wattmetrelerin devrelerinde,

**Kaba akım transformatörleri** (3. ve 5. sınıf) İşletmede kullanılan ölçü aletlerinde (ampermetre ve çeşitli röleler gibi)

Açık havada çalışacak ise harici tip, kapalı alanda çalışacak ise dahili tip akım transformatörleri.

Akım transformatörlerinin çevirme oranı, gücü, yalıtkanlık sınıfı, hassasiyet sınıfı vb. özelliklerini belirten bir etiketi olmalıdır.



**Akım transformatörünün devreye bağlanması**

Akım transformatörleri bir fazlı olarak yapılır ve primer akımları normlaştırılmış olup 10- 15- 20- 30-50-75-100-150-200-300-400-600-800-1000-1500-2000-3000-4000-6000-8000-10000-20000-30000-40000-60000-80000 A değerindedir. Sekonder akımları ise genellikle 5 A dir Alçak gerilim devrelerinde, ölçme kolaylığı sağlamak için bazı akım transformatörleri, ölçü aletleri ile aynı gövde içine alınarak imal edilmiştir. Bunlara pens ampermetre denir. Pens ampermetre geliştirilerek pens avometreler yapılmıştır. Bu ölçü aletleri ile ölçme yaparken akım ölçülecek iletken, primer iletkenini oluşturmakta olup pens içine alınır. Böylece içinden geçen akım kolaylıkla ölçülür.

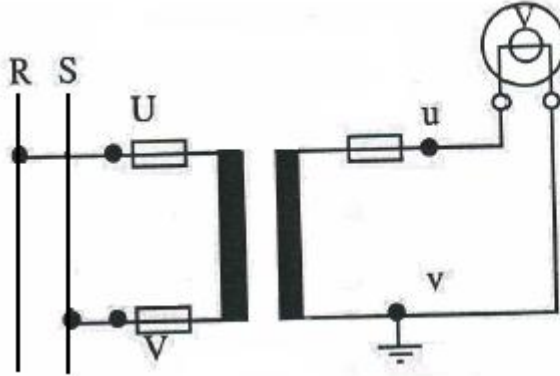


**Pens ampermetre ile akım ölçmek**

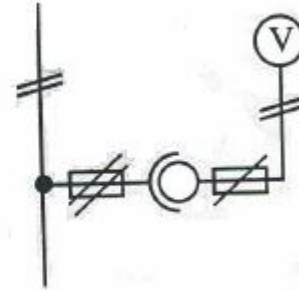
Yalnız akım ölçmelerinde kullanılan pens ampermetreler aynı zamanda gerilim ölçmelerine göre de yapılırlar. Bunun için aletin gövdesi üzerine ayrıca iki gerilim ucu çıkarılarak 150-300 ve 600 V'luk gerilimler ölçülür. Pensli ampermetrelerin güç ve güç katsayısını ölçebilecek şekilde yapılan çeşitleri de vardır.

### GERİLİM TRANSFORMATÖRLERİ

600 V'a kadar olan gerilimlerde ön direnç kullanılarak ölçü aletlerinin (voltmetre, wattmetre, sayaç gibi) ölçme alanları genişletilmektedir. Ancak 600 V'un üzerindeki alternatif akım devrelerinde güç kaybının artması ve gerilimi yalıtma zorluğu gibi problemler ortaya çıktığından ölçü aletlerinin ölçme alanlarını genişletmek ve ölçü aletleri ile ölçme yapan kişiyi bu yüksek gerilimden yalıtılmak amacıyla gerilim transformatörleri kullanılır. Gerilim transformatörlerine gerilim redüktörü de denir.



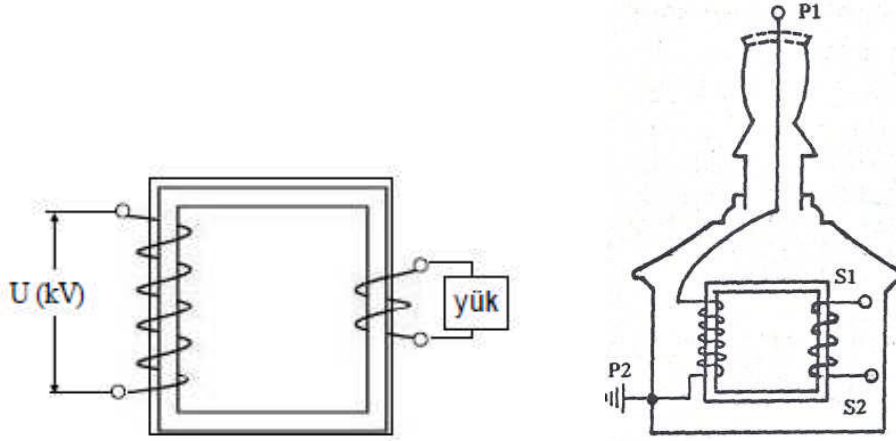
**Gerilim transformatörünün prensü şeması ve devreye bağlantısı**



**Sembolik gösterilişi**

Gerilim transformatörlerinin primer sargısı ince telli çok sarımlı olup uçları (U-V) ile gösterilir. Sekonder sargısı ise, nominal yükte kaybın çok az olmasını temin edecek kalınlıkta tel ile sarılmıştır, sarım sayısı primer sargıya göre dönüştürme oranı kadar azdır, uçları (u-v) ile gösterilir. Primer sargı uçları gerilimi ölçülecek yüksek gerilim şebekesine, sekonder sargı uçları ise ölçü aletine (voltmetre veya çeşitli röleler) bağlanır. Bu nedenle primer sargının iyi bir şekilde yalıtılması gerekir.

Gerilim transformatörlerinin primer gerilimleri ne olursa olsun sekonder gerilimleri, 100-120 V arasındadır. Bu nedenle sekondere bağlanan voltmetrenin ölçme alanı, bu gerilimi ölçebilecek değerde seçilir. Fakat genellikle skala taksimatı, primer gerilimine göre hazırlanır. Bu transformatörlerin sekonderlerine bağlanan yük, bir voltmetre veya birkaç gerilim bobini olduğu için güçleri küçüktür (15-600 VA kadardır).



**Gerilim transformatörünün prensip şekli**

Bu transformatörler, akım transformatörlerinin aksine açık devreye yakın durumda çalışır. Bu nedenle sekonder uçlarının açık kalmasında hiçbir sakınca yoktur. Fakat kısa devrelere karşı hem primer hem de sekonder ucuna sigorta konurken, yüksek gerilime karşı korumak için sekonderin (v) ucu ile gövde topraklanır, diğer ucu (u) da aşırı yüklenmelere ve ters topraklanmalara karşı sigortalanır.



### **Gerilim transformatörleri**

Nominal primer geriliminin nominal sekonder gerilimine oranına dönüştürme oranı denir. Bu oran primer gerilimine göre değişir.

$$n = \frac{U_1}{U_2} \text{ (10/1 – 40/1 – 100/1 gibi)}$$

Ölçü aletlerinin skalası primer gerilimine göre taksimatlandırılmışsa, okunan değer direkt olarak primer gerilimini verir. Aksi halde aletten okunan değer dönüştürme oranı ile çarpılarak primer gerilimi bulunur.

Primer gerilimi 4000 V olan bir gerilim transformatörünün sekonder gerilimi 100 V olduğuna göre bu transformatörün dönüştürme oranı,

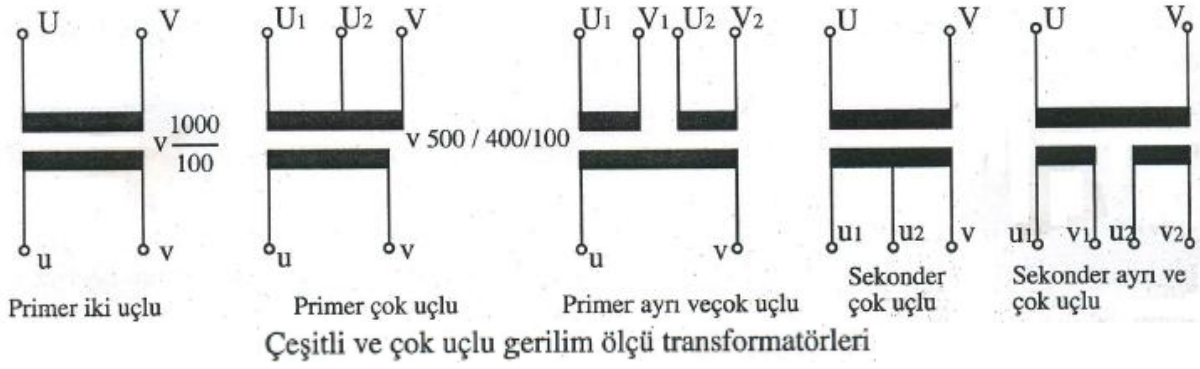
$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{4000}{100} = 40$$

Bu değer 100 V ile çarpılırsa primerin nominal gerilimi bulunmuş olur.

6000 V/100 V luk bir gerilim transformatörünün dönüştürme oranı,

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{6000}{100} = 60 \text{ dir.}$$

Voltmetreden okunan gerilim 90 V ise primer gerilimi  $90 \cdot 60 = 5400$  V olarak bulunur. Gerilim transformatörlerinin primer ve sekonder sargılarından çeşitli uçlar çıkarılarak kademeli olarak yapılırlar.

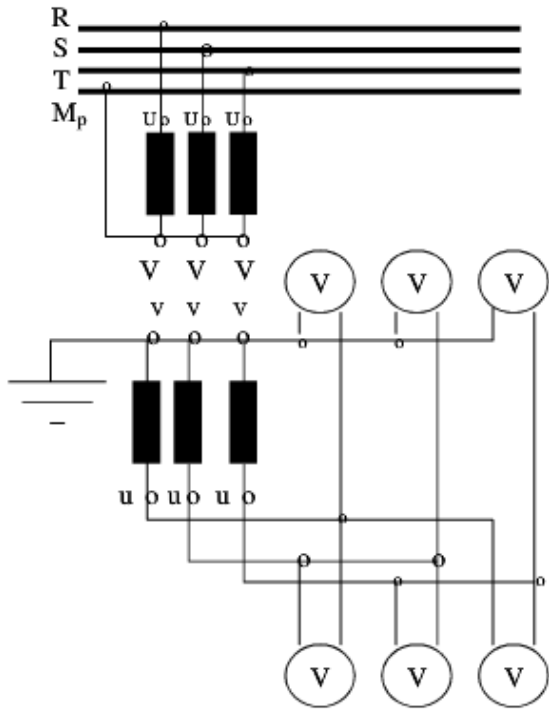


Gerilim transformatörlerinin primer ve sekonder gerilimleri arasında  $180^0$  ye yakın faz farkı vardır. (Mıknatıslanma, histerisiz ve fuko akımlarının oluşturduğu). Hatalardan dolayı bu faz farkı ileri ve geri yönde kayar. Buna faz hatası denir ve imalatçılar bu hataya göre ölçüm transformatörlerini 0,1- 0,2- 0,5- 1- 3- 5 gibi sınıflara ayırırlar.

Gerilim transformatörleri kullanıldığı yere göre dahili ve harici, yalıtımlarına göre kuru ve yağlı olarak sınıflara ayrılırlar. Yüksek gerilim şebekelerinde kullanılan yağlı tipler, metal tanklı olup primer girişleri porselenli izolatör ile yalıtılır.

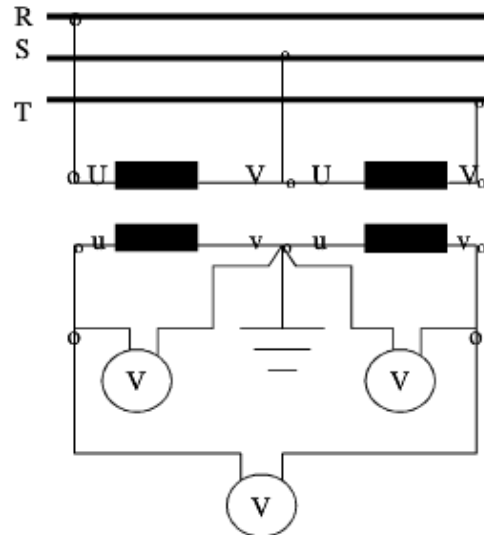
Gerilim transformatörleri 1 ve 3 fazlı olarak yapıлып kullanılmaktadır Ayrıca sistemin ekonomik olması için 3 fazlı V tipi bağlantı da kullanılmaktadır.

Kombine tip denilen aynı yere monte edilmiş akım ve gerilim transformatörleri de vardır. Ancak bunlarda yalıtma sorunu olduğundan pek kullanışlı değildir.



**Yıldız bağlantı**

**Üç fazlı sistemde gerilim transformatörlerinin bağlantıları**



**V bağlantı**

Bir wattmetrenin bağlantısı için ölçü transformatörleri kullanılacaksa, akım bobini için akım transformatörü, gerilim bobini için de gerilim transformatörü kullanılır. Wattmetrenin gösterdiği değer hem akım transformatörünün hem de gerilim transformatörünün oranı ile çarpılır.

2200 V/100 V'luk gerilim transformatörü ve 100 A/5 A'lik bir akım transformatörü üzerinden ölçme yapan bir wattmetre 500 değerini gösteriyorsa şebekeden çekilen gücü hesaplayınız.

$$n_I = \frac{I_1}{I_2} = \frac{100}{5} = 20$$

$$n_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{2200}{100} = 22$$

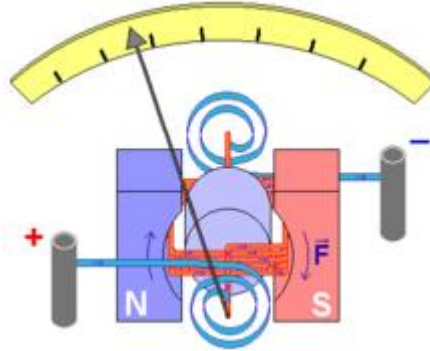
$$P = n_I \cdot n_U \cdot 500 = 20 \cdot 22 \cdot 500 = 220000 \text{ W} = 220 \text{ kW}$$

Gerilim transformatörleri düşük ve orta gerilimli şebekelerde 3 fazlı, yüksek gerilimli şebekelerde ise 1 fazlı olarak imal edilerek 3 fazlı bağlantı şekli uygulanır.

Gerilim transformatörlerinin primer sargılarına uygulanan gerilimleri belirli bir standarda bağlanmıştır. 0,1- 0,5- 1- 1,1- 1,5- 2- 2,2- 3- 3,3- 5- 5,5- 6- 6,6- 10- 11- 15- 16,5- 20- 22- 25- 30- 33- 35- 45- 60 kV.

### **GALVANOMETRELER**

Çok küçük değerlerde akım ve gerilimleri ölçen (mikroamper, milivolt değerlerinde) ölçü aletlerine galvanometre denir. Çok duyarlı ve doğru ölçüm yapan ölçü aletidir. Küçük değerli elektriksel büyüklüklerin yanında, elektrik sinyaline çevrilebilen çeşitli fiziksel büyüklüklerin (manyetik akı, ışık, ısı, ses gibi.) ölçülmesinde de kullanılır. Bu nedenle birçok hassas ölçü aletinin içinde galvanometre vardır.(Lüksmetre, seri ve paralel ohmmetre, analog elektronik ölçü aletleri gibi.)



**Galvanometre**

**Galvanometre**, elektrik akımındaki değişimin manyetik alan oluşturması prensibiyle çalışan bir tür test cihazıdır.

Solenoid şeklinde sarılmış bir telden geçen elektrik akımı değiştiği takdirde etrafında oluşan manyetik alan ibreyi oynatır. Bütün ampermetre ve voltmetreler de aslında birer galvanometredir. Galvanometre bobinine çok küçük değerli bir şönt direnç paralel bağlanarak ampermetre, büyük değerli bir ön direnç seri bağlanarak voltmetre olarak kullanılır. Galvanometre küçük elektrik akımlarını gösterir, bir tür mili ya da mikro voltmetre ya da ampermetre gibidir.

Galvanometreler değişik yapıda imal edilip kullanılır, birbirlerine göre üstünlük ve hassasiyetleri vardır. Bütün galvanometrelerin ortak özelliği sarsıntılara, çarpmalara ve aşırı akıma karşı hassas olmalarıdır. Bu nedenle bu aletler kullanılırken dikkat edilmelidir.

Kullanılış amaçlarına göre çok çeşitli galvanometreler vardır.

#### **A- Madeni Galvanometreler**

- 1- Demir paletli galvanometreler
- 2- Döner mıknatıslı galvanometreler
- 3- Döner bobinli galvanometreler

4- Balistik galvanometreler

5- Tanjant galvanometresi

### **B- Sıvılı Galvanometreler**

Uygulamada daha çok demir paletli, döner mıknatıslı ve döner bobinli galvanometreler kullanılır.

Galvanometreler doğru akımda ölçme yaparlar. Ancak döner bobinli galvanometreye hassas bir köprü devresi yapılarak, alternatif akımda akım ve gerilim ölçme işlemi yapılabilir.

Duyarlılık sınıfına göre, ibreli, ışık göstergeli ve aynalı galvanometreler olmak üzere üçe ayrılırlar. Az duyarlı yerlerde ibreli, duyarlı yerlerde ışık göstergeli, çok duyarlı yerlerde aynalı galvanometreler kullanılır.

### **OSİLOSKOPLAR**

Elektriksel büyüklükleri ölçen aletleri, ölçtükleri büyüklükleri sayısal veya analog olarak ifade ederler. Osiloskoplar ise ölçtüğü büyüklüğün dalga şeklini göstererek maksimum değerini ölçer. Örneğin, bir voltmetre ile ölçülen 12 V AC gerilim osiloskop ile ölçüldüğünde yaklaşık 16,97 V gibi bir değer okunur. Bu değerlerin farklı olmasının sebebi ölçü aletlerinin AC’de etkin değeri, osiloskobun ise AC’nin maksimum değerini ölçmesidir. Osiloskoplar, diğer ölçü aletlerine göre daha pahalı olmalarına karşılık bir sistemdeki arızanın tespiti osiloskoplar ile daha kolaydır.

Osiloskoplar, girişlerine uygulanan elektrik enerjisinin veya elektrik sinyallerinin zamana bağlı olarak değişimini ışıklı çizgiler şeklinde gösteren elektronik ölçü aletidir. Elektrik enerjisine dönüşebilen her periyodik hareket veya titreşim, osiloskopa incelenebilir. Bu nedenle osiloskopa incelenmesi istenen çeşitli kaynak sinyallerinin, önce elektrik sinyaline çevrilmesi gerekir. Hareketli parçaları olmadığından, çizici, kaydedici ve göstergeli tipteki elektromanyetik ölçü aletlerine göre çok hızlı çalışırlar. Giriş direnci voltmetre gibi büyüktür.

Elektrik sinyallerini görünür hale getiren osiloskoplar, özel ve genel amaçlarda kullanılmak üzere iki tipte imal edilirler. Genel amaçlar için kullanılan osiloskopların yapısı, bölümleri aynı olmasına rağmen, teknolojinin hızla gelişmesi sonucunda çok değişik boyutlarda ve özelliklerde osiloskoplar üretilmektedir. Piyasada analog tip osiloskopların yanında, dijital ve hatta taşınabilir osiloskoplarda kullanılmaktadır. Analog ve dijital osiloskopların kullanım şekilleri aynıdır. Sadece ayar potansiyometreleri ile komütatör anahtarları ve bağlantı uçları farklı konumda ve farklı yerde olabilir.

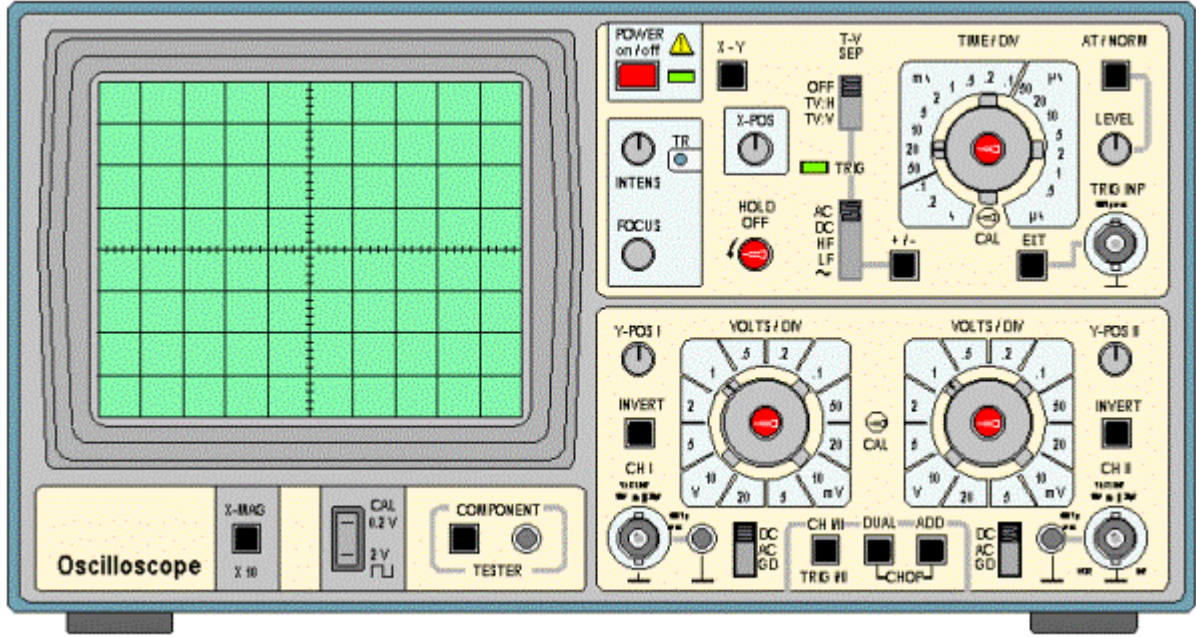
Piyasada en çok analog tip osiloskop dediğimiz katot ışınli osiloskoplar kullanılmaktadır.

Osiloskopta, katot ışınli tüp, besleme trafosu, dikey ve yatay plaka yükselteçleri, pozitif ve negatif yüksek gerilim kaynakları ve osilatör blokları bulunur.

Görüntüyü oluşturan katot ışınli tüpte, flaman, katot, kontrol girişi, netleştirme ve hızlandırma anahtarları ile dikey ve yatay saptırma plakaları bulunur. Havası alınmış olan bu tüpün iç yüzü, çevresel olarak iletken bir tabaka ile öndeki ekran iç yüzü de fosforlu bir karışım ile kaplanmışdır. Flamanın ısıttığı katodun çıkardığı elektronlar, kontrol girişi, netleştirme ve hızlandırma anotları etkisiyle ışın demeti olarak lamba ön yüzüne yönelir. Buraya kadar olan bölüme elektron tabancası denir.

Osiloskoplarda katot ışınli tüpün çalışabilmesi için yüksek gerilim ürettiği biliyoruz. Ölçüm sırasında bu yüksek gerilimden korunmak için osiloskobun gövdesi mutlaka topraklanmalıdır.

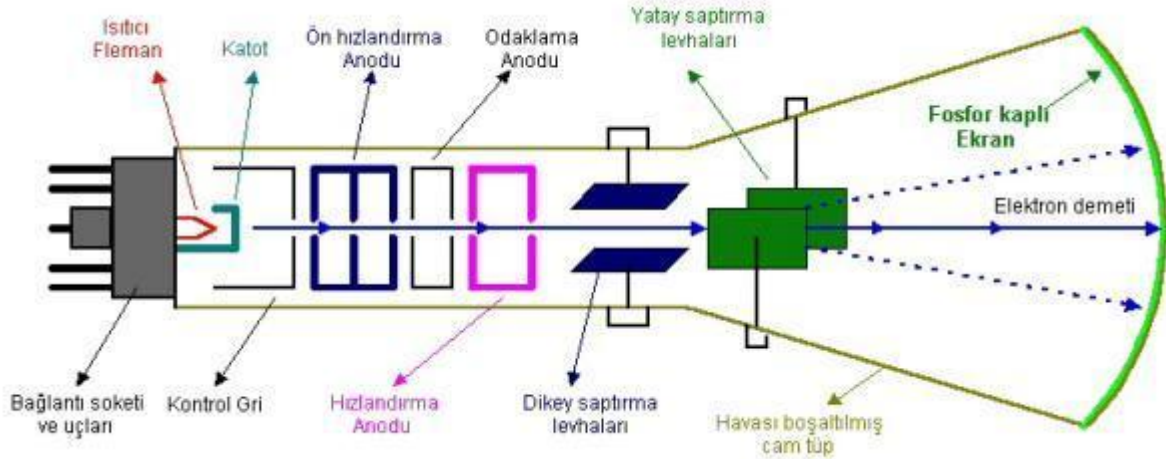
Çalıştırma ve kumanda elemanları osiloskobun ön yüzünde bulunmaktadır.



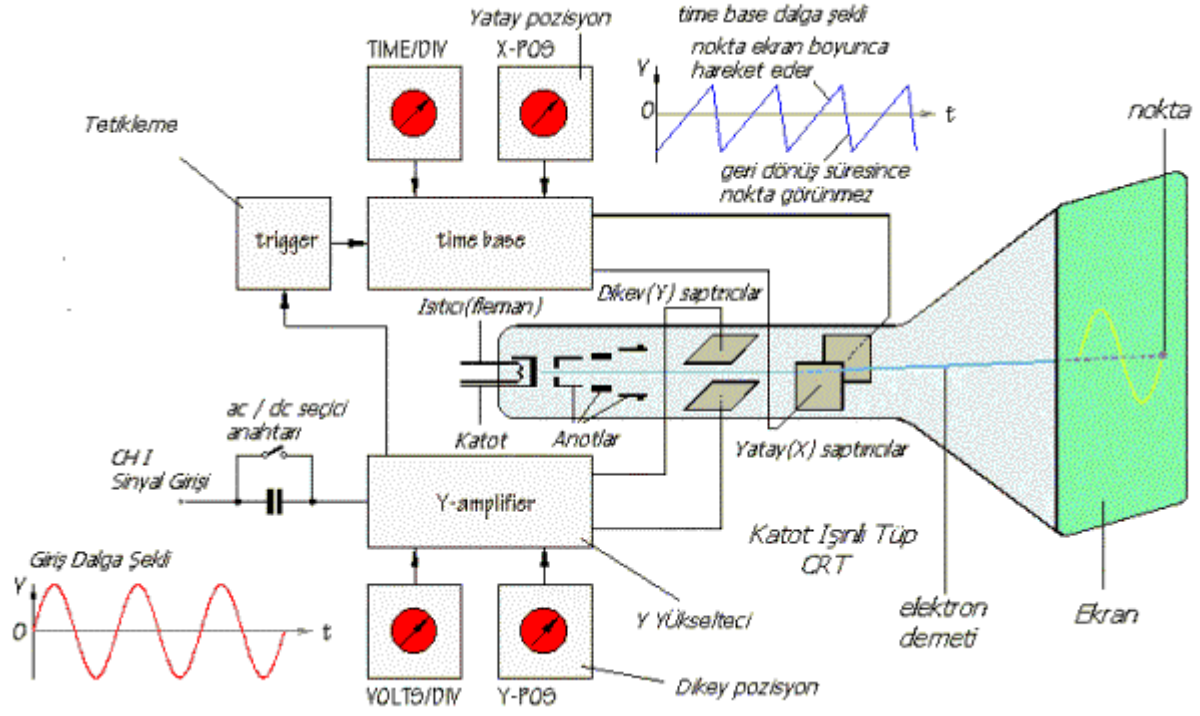
**Osiloskop ön paneli**

Testere dişi değişimli üreteç gerilimi yatay saptırma plakalarına uygulanır. Bu plakaların etkisiyle ışın demeti yatay ekseninde düz bir çizgi görünümü verir. Buna ışın demetinin taraması (sweep) denir. Değişimi incelenecek sinyal, dik saptırma plakalarına bağlanır. Her iki plaka çiftinin etkisiyle de ışın demeti ekranda şekillenerek görüntü oluşturur, bu ise sinyalin şeklidir.

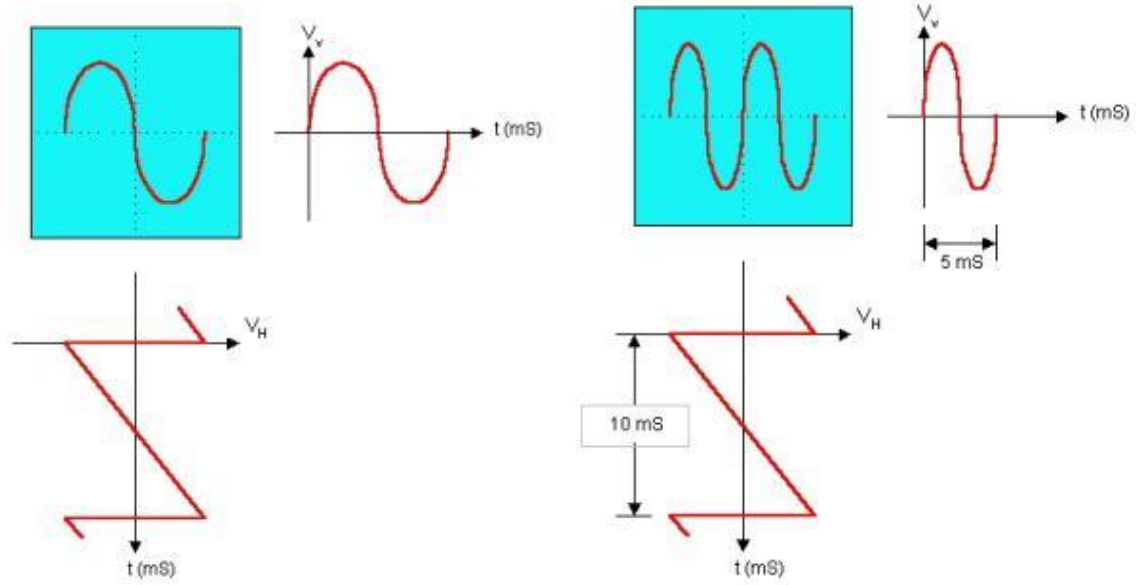
Time base sinyalinin yatay saptırıcılara, sinüs sinyalinin de dikey saptırıcılara aynı anlı olarak uygulandığını düşünelim. Bu durumda elektron demeti soldan sağa doğru lineer olarak hareket ederken, dikey saptırıcıların gerilimleri de zamana göre değiştiğinden, aynı zamanda aşağıdan yukarıya doğru da hareket edecektir. Bu iki hareketin vektöriyel bileşimi ise ekranda görünen şekli verecektir (şeklimizde sinüs eğrisi olarak). Dikey saptırıcılara dışarıdan direkt olarak sinyal uygulanmaz, bu sinyal önce bir dikey kuvvetlendiriciye (Y yükseltici), oradan da dikey saptırıcılara uygulanır. Bu kuvvetlendiricinin kazancı ise, osiloskobun ön panelinde bulunan Volt/div düğmesi ile değiştirilebilir.



**Bir katod ışınlu tüpün iç yapısı**



**Osiloskop blok diyagramı**



**Osiloskopta görüntü oluşması**

Yatay saptrırcılara testere dişi, dikey saptrırcılara ise sinüs eğrisi uygulanıyor ve bu iki sinyalin periyodu aynı, dolayısı ile ekranda tam bir sinüs dalgası görünmektedir. Eğer testere dişi sinyalin periyodunu, sinüs sinyalinin periyodunun iki katına çıkarırsak, ekranda sinüs eğrisi iki tam periyod boyunca görünür.

Osiloskoplar bir ve iki ışınlı olarak yapılırlar. Çift ışınlı osiloskoplar, iki ayrı eğriyi ayrı ayrı veya bir arada izleme olanağı sağlar. Yapı olarak tek ışınlılarla aynıdır. Sadece ışın hattının elde edilişi farklıdır. Işın hattı ya iki ayrı katot kullanılarak ya da giriş sinyali değiştirilerek çift ışın elde edilir.



48 V altındaki sinyal gerilimleri osiloskoplara rahatlıkla ölçülüp, incelenebilir. 48 V üstündeki sinyal gerilimleri ölçümünde çarpılmaya karşı dikkatli olunmalıdır. Ayrıca bu tür yüksek gerilimli sinyaller için bazı osiloskoplarda özel giriş yerleri konulmuştur.

### **Osiloskop ile Aşağıdaki Değerler Ölçülebilir**

- 1- AC ve DC gerilim değerleri
- 2- Değişen elektriksel büyüklüklerin dalga şekilleri
- 3- Devreden geçen akım
- 4- Faz farkı
- 5- Frekans
- 6- Diyot, transistör gibi yarı iletken elemanların karakteristikleri
- 7- Kondansatörün şarj ve deşarj eğrileri

### **OSİLOSKOPTA BULUNAN GENEL FONKSİYON TUŞ VE ANAHTARLAR**

Osiloskoplarda kullanılan her tuş ve anahtarın ayrı ayrı görevleri olduğu gibi, birden çok işlevi de bulunabilir. Çeşitli marka ve modeldeki osiloskoplarda kullanılan ön paneldeki kontrol düğmeleri hemen hemen aynıdır. Bazı isim farklılığı olabilir.

**POWER (ON-OFF):** Açma-kapama

**INTENSITY:** Ekrandaki ışık çizgisinin parlaklığını ayarlar.

**FOCUS:** Ekrandaki ışık çizgisinin kalınlığını ayarlar.

**SCALE (ILLUM):** Ekran ışığını ayarlar.

**TRACE ROTATION:** Yatay ışık çizgisinin, yatayla olan açısını ayarlar. (Yatayla paralel yapar)

**X (▲▼) POSITION:** Işıklı sinyalin yatayda hareketini sağlar.

**Y (◀▶) POSITION:** Işıklı sinyalin dikeyde hareketini sağlar.

**AC:** Alternatif akım ölçümlerinde kullanılır.

**DC:** Doğru akım ölçümlerinde kullanılır.

**GND:** Girişi şaseye bağlar ve osiloskop sinyal almaz.

**UNCAL:** Seçtiğimiz kısmın sınırını aştığımızda ikaz eder.

**VARIABLE PULL X5 MAG:**

a) Basılı ise, anahtarının her kademesinin kalibresini yapar ve sinyalin ekrana oturmasını sağlar.

b) Basılı değilse, volt/div anahtarına ait her kademesinin değerini 5 kat büyütür hassasiyetini artırır.

**VOLTS/DIV:** Ekrandaki bir karenin kaç volt olduğunu belirtir.

**TIME/DIV:** Ekrandaki bir karenin, periyod için geçen zamanını ifade eder. Osiloskoba uygulanacak sinyal için prop girişi.

**TRIG-LEVEL:** Ekrandaki kayan sinyalin durmasını sağlar.

**CAL(1 kHz; 0,5V):** Kalibrasyon için kare dalga test sinyal çıkışı.

**NORM:** Sınırlamasız frekans tetiklemesi yapar.

**DUAL:** Çift ışıklı osiloskoplarda, iki kanal girişinin ekranda aynı anda görünmesini sağlar.

**ALT:** Her iki kanalda sinyalleri hızlı bir şekilde görüntüler.

**EXT-TRIG:** Kendi tetiklemesini keser.

**INVERT:** Sinyal çıkışını tersler.

**SLOPE (±):** Sinyalin (+) veya (-) kısmını seçmek için kullanılır.

**BEZEL:** Ekrana kamera monte etmek için kullanılır.

**FUSE:** Besleme sigortası

**PROB:**

Osiloskoplarda genel olarak iki tip prob kullanılır. Bunlar:

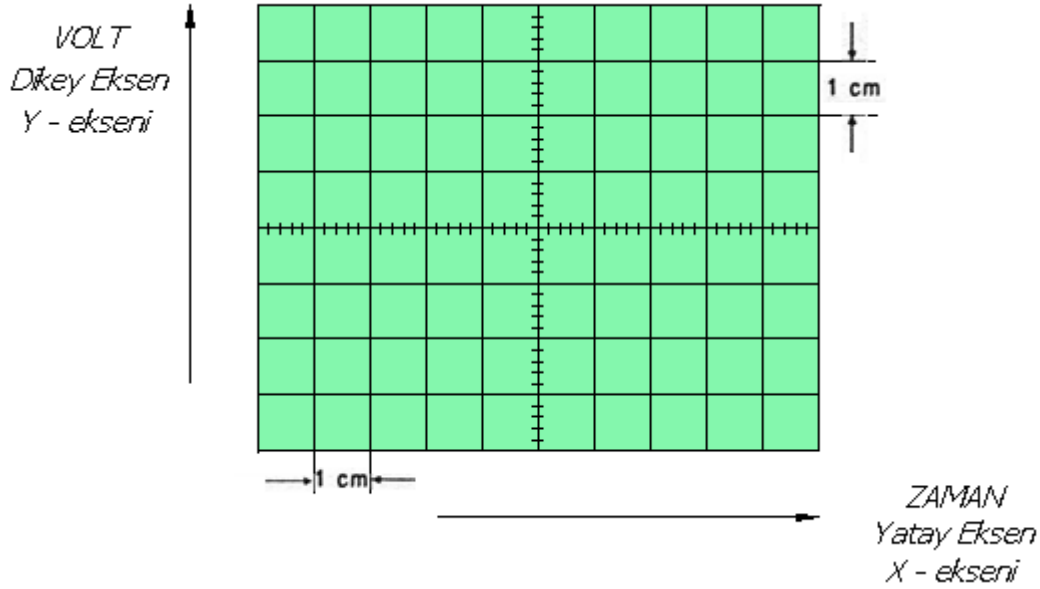
**1- 1x1 'lik Prob:** İşareti olduğu gibi iletir.

2- 10x1 'lik Prob: İşaretin genliğini 10 kere zayıflatarak iletir.

## OSİLOSKOP KONTROL DÜĞMELERİ VE AYARLARI

Burada, ön panel üzerinde bulunan düğme, soket ve anahtarların görevlerini inceleyelim.

### Ekran



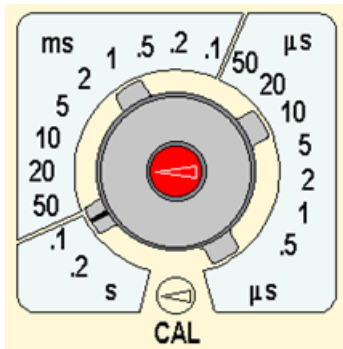
Ölçeklenmiş osiloskop ekranı

Osiloskobun en önemli parçasıdır. Osiloskobun ekranı genelde, her biri 1 cm'den oluşan yatay ve dikey karelerden (10 kare yatayda, 8 kare dikeyde) oluşmaktadır. Osiloskop ekranının ortasında X ve Y eksenleri vardır. Bu eksenlere osiloskobun skalası adı verilir. Yatay eksen zaman (Time), dikey eksen ise gerilimdeki değişimleri ifade etmektedir.

Osiloskop ekranındaki düşey aralıkların değeri volt/ division (volt/cm) olarak birimlendirilmiş olan kazanç ayar düğmesi ile belirlenir. Yatay aralıkların değeri time/division (zaman/cm) olarak birimlendirilmiş olan zamanlama ayar düğmesi ile belirlenir. Yatay ve düşey aralıklar 1 cm. genişliğindedir. Her bir aralık 5 alt parçaya ayrılmıştır. Herhangi bir aralık 1 cm'deki büyüklüğün 0,2 katı olur.

Eğer düşey olarak 3 tam ve 2 ondalık kadar sapma olmuş ise, 3,4 cm'lik bir büyüklük olmuş olur. Volt/division anahtarı 1 V/cm. konumunda ise, ölçülen gerilim, 3,4 cm. 1 V/cm = 3,4 V olur

### Time/div

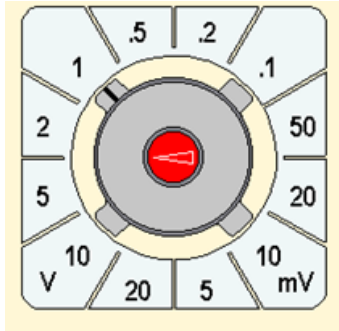


Time/div Düğmesi

Bu düğmenin görevi, yatay saptırıcılara uygulanan testere dişi(Time base) sinyalin periyodunu değiştirmektir. Şekilden görüldüğü gibi düğme üzerinde s (saniye), ms (mili saniye) ve µs (mikro saniye) kademeleri vardır. Buna göre kademe hangi değeri gösteriyor ise, ekranda görülen yatay karelerden her birinin değeri bu değere eşittir.

Örneğin Time/div = 1 ms seçeneğinde iken ekranda görülen şeklin bir periyodu 4 kareye sığıyorsa, her bir kare 1 ms'ye eşit olduğundan sinyalin periyodu (4 kare)x(1 ms) = 4 ms olur. Düğme üzerindeki kırmızı daire ile gösterilen ve CAL diye tarif edilen kısım ise, Time/div düğmesinin kalibrasyonunun yapıldığı yerdir. Eğer ölçülen değer doğruluğundan emin olmak istiyorsak, öncelikle değeri bilinen güvenilir bir kaynak osilaskop girişine bağlanır ve ekranda bilinen değer okununcaya kadar CAL düğmesi ile ayar yapılır, bundan sonra bu ayar sabit bırakılıp diğer ölçme işlemlerine geçilebilir.

### Volt/div

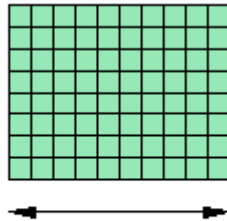


Volt/div Düğmesi

Bu düğmenin görevi ölçmek istenen ve dışarıdan uygulanan sinyali farklı oranlarda yükselterek veya düşürerek, dikey saptırıcılara uygulamaktır. Buradan ekran üzerinde bulunan her bir dikey karenin, bu düğmenin gösterdiği değere eşit olacağı anlaşılabilir. Örneğin bu düğme 10 mV değerini gösterirken, ekranda görülen sinyalin genliği dikey karelerden üçüne sığıyor olsun, buna göre sinyalin gerilim değeri (3 kare)x(10 mV) = 30 mV olur. Düğmenin ortasında kırmızı daire ile gösterilen kontrol ise gerilim kalibrasyonu yapmak için kullanılır.

Eğer osilaskop ön paneline dikkat edilirse bu düğmeden iki adet olduğu görülebilir. Bunun nedeni osiloskobun iki kanallı olması, yani aynı anda iki ayrı girişten verilen iki ayrı sinyali aynı ekranda gösterebilmesidir. Dolayısı ile her bir giriş için ayrı bir Volt/div düğmesi vardır. Bu iki girişin yatay saptırıcılarına aynı testere dişi sinyal uygulandığından Time/div düğmesi bir tanedir. Bu iki giriş kanalından birincisi CH1 (1.Kanal), ikincisi de CH2 (2. Kanal) olarak gösterilir.

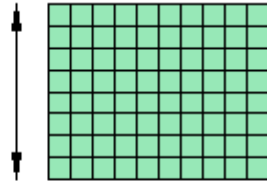
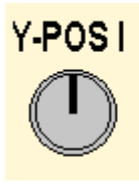
### X-POS



X-POS Düğmesi ve kontrol alanı

Bu düğmenin görevi, ekranda görünen şekli X eksenini boyunca sağa veya sola doğru hareket ettirmektir. Böylece sinyali istediğimiz bir bölgede görebilir veya istediğimiz kareler ile çakıştırabiliriz. Bu bize değer okumada yardımcı olacaktır

## Y-POS



### Y-POS Düğmesi ve kontrol alanı

Bu düğmenin görevi, ekranda görünen şekli Y eksenini boyunca aşağı veya yukarı hareket ettirmektir. Böylece sinyali istediğimiz bir bölgede görebilir veya istediğimiz kareler ile karşılaştırabiliriz. Bu bize değer okumada yardımcı olacaktır. İki kanallı osiloskoplarda her bir kanal için ayrı bir Y-POS düğmesi eklenerek, her bir kanaldan verilen sinyal birbirinden bağımsız olarak aşağı ve yukarı kaydırılabilir.

## DC/AC/GND Seçici Anahtarı



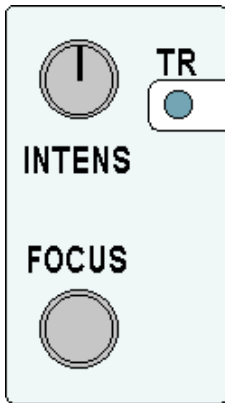
### DC/AC/GND Seçici Anahtarı

Bu anahtarın görevi, BNC soketlerden giriş verilen sinyalin hangi koşullarda osiloskoba uygulanacağını tespitidir. Örneğin GND (Ground – Toprak) seçili ise bu durumda girişten verilen sinyal iptal edilir ve giriş toprağa (osiloskobun şase seviyesine) bağlanır. Böylece bir referans noktası (sıfır noktası) belirlenir ve bundan sonraki ölçümler bu referans noktasına göre yapılır.

>>DC konumu seçili ise, girişlerden verilen sinyal direkt olarak osiloskoba uygulanır. (Dikey kuvvetlendiriciye)

>>AC konumunda ise giriş sinyaline seri bir kondansatör bağlanır. Böylece girişte olabilecek DC bileşenler filtre edilerek, osiloskoba sadece AC bileşenlerin uygulanması sağlanmış olur.

## Intensty ve Focus

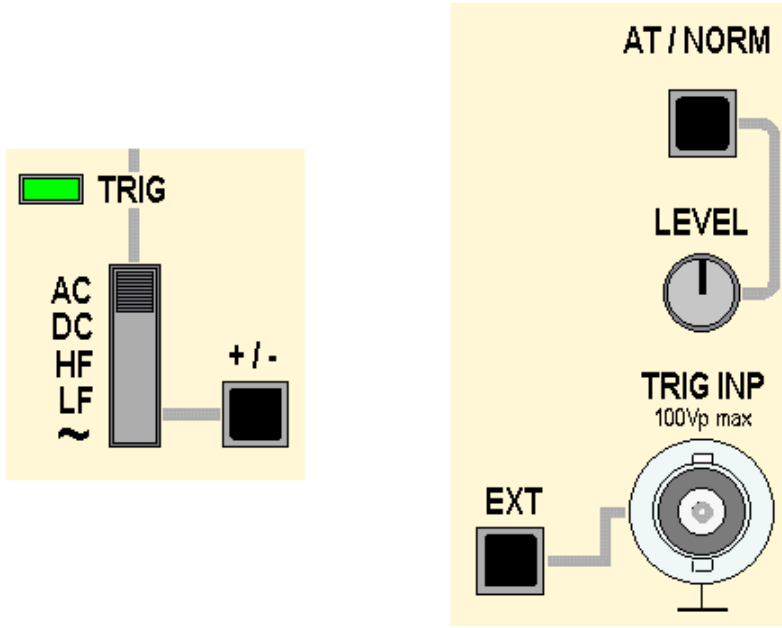


### Intensty ve Focus Düğmeleri

Bu düğmelerin görevi, ekranda görünen şeklin netlik ve parlaklığının ayarlanmasıdır. Intensty (Intensity-Yoğunluk) düğmesi katottan çıkan elektron demetinin yoğunluğunu değiştirerek,

şeklin ekranda daha parlak görünmesine yardımcı olur. Focus (odaklama) düğmesi ile de, elektron demetini ekranda odaklayarak netlik ayarı yapılabilir.

### Tetikleme(Trigger) Kontrolü

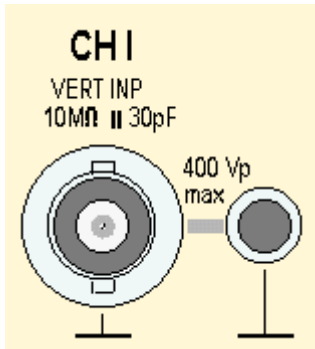


#### Tetikleme Kontrol Düğmeleri

Osiloskop ekranında görünen sinyal ile tetikleme sinyali arasındaki uyumu (senkronizasyon) sağlarlar. Eğer ekranda görünen şekil sabit kalmıyor ve daima kayıyorsa bu düğmeler ile ayarlamalar yapılarak, ekranda sabit olarak kalması sağlanır.

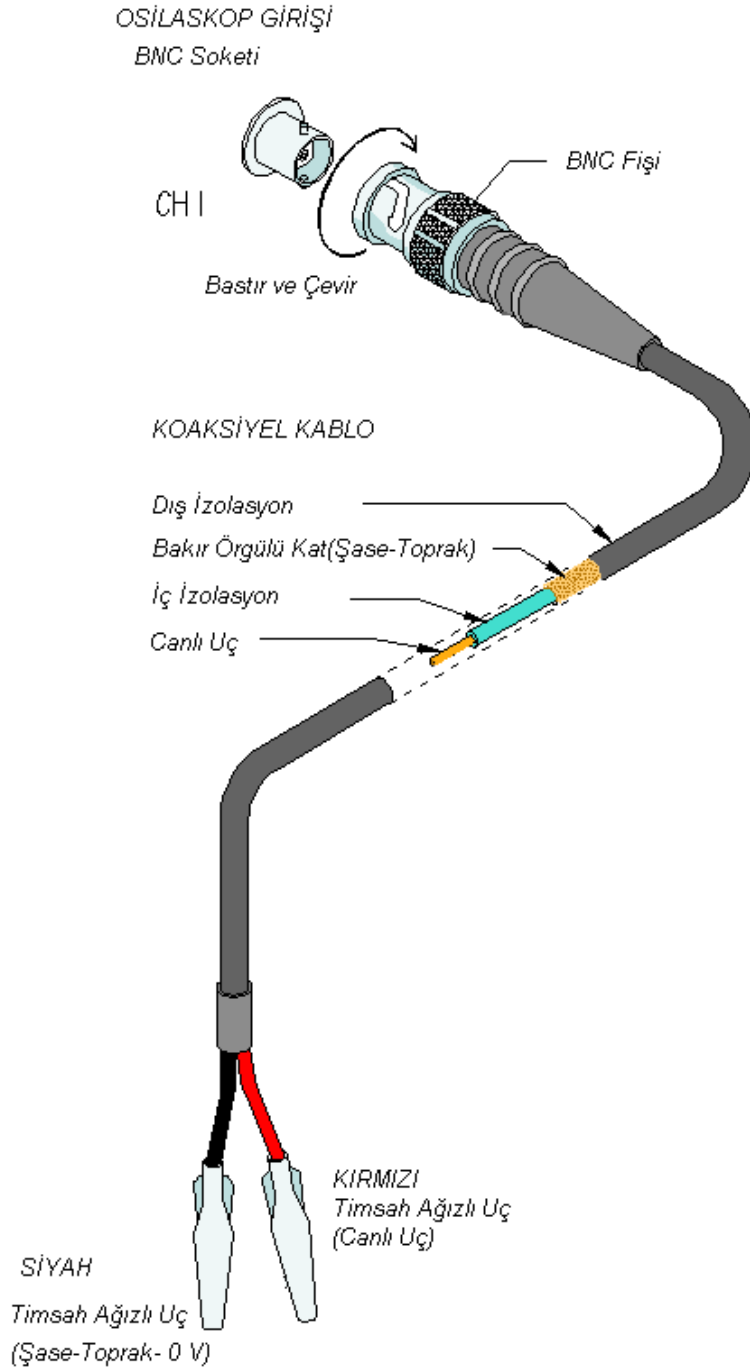
Normalde AT/NORM seçici anahtarı AT (Automatic- otomatik) konumuna getirilerek, osiloskop içerisinde bulunan elektronik devrelerin bu işi otomatik olarak yapması sağlanır. Bu birçok ölçüm için geçerli ve yeterli bir yoldur. Bunun dışında NORM (Normal) konumu seçilirse bu işi dışarıdan kullanıcı manuel (elle ayar) olarak yapabilir. EXT düğmesi ile de, tetikleme sinyali dışarıdan TRIG INP BNC soketi yoluyla osilaskoba uygulanabilir. Tetikleme sağlandığında TRIG ışığı yanar.

### CH1 ve CH2 Girişleri



#### CH1 (1. Kanal) Girişi

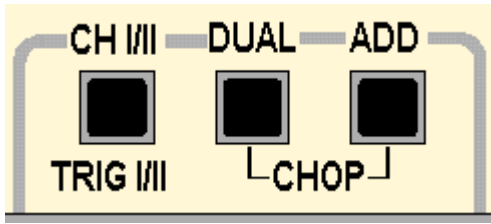
Dışarıdan ölçmek istediğimiz sinyal osilaskoba bu soket yardımı ile uygulanır. Bu tip soket özel bir yapıya sahiptir ve BNC soket olarak anılır. Bu sokete ölçme uçları da denilen osiloskop probu takılır.



### Osiloskop Probu ve Bağlantısı

Girişlerin yanında yazanlar, giriş empedans ve kapasite değeri (10 MW ve 30 pF) ile bu girişlerden osiloskoba zarar vermeden ölçülebilecek maksimum gerilim değerleridir (400 Vp).

## Kanal Seçici Anahtarlar



**Kanal Seçici Anahtarlar**

>>Bu düğmeler sayesinde 1. ve 2. kanallardan verilen sinyallerin ekranda nasıl görüntüleneceği seçilir.

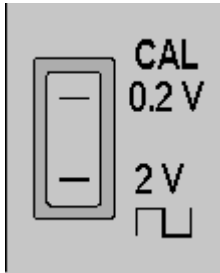
>>CH I/II düğmesine, basılı iken sadece 2.kanaldan, basılı değilken ise sadece 1. kanaldan verilen sinyal ekranda görünür.

>>DUAL düğmesine basılırsa, her iki girişten verilen sinyal ekranda aynı anda görüntülenir. Bu görüntüleme yatay tarama sinyalinin(time base sinyali) bir alternansında bir kanal, diğer alternansında diğer kanal olacak şekildedir.

>>ADD düğmesi ile her iki girişten verilen sinyallerin toplamı ekranda tek bir sinyal olarak görüntülenir.

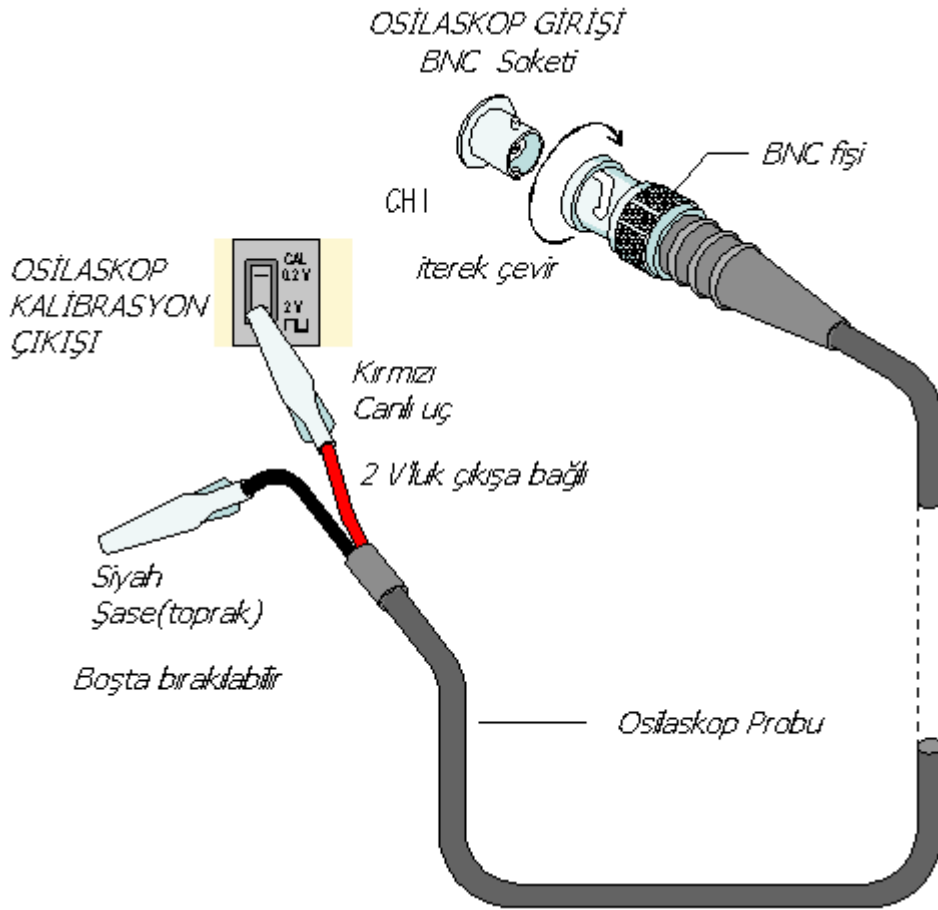
>>CHOP düğmesi aktif iken her iki girişten verilen sinyal ekranda aynı anda ve eşzamanlı olarak görüntülenir.

## Kalibrasyon Çıkışları



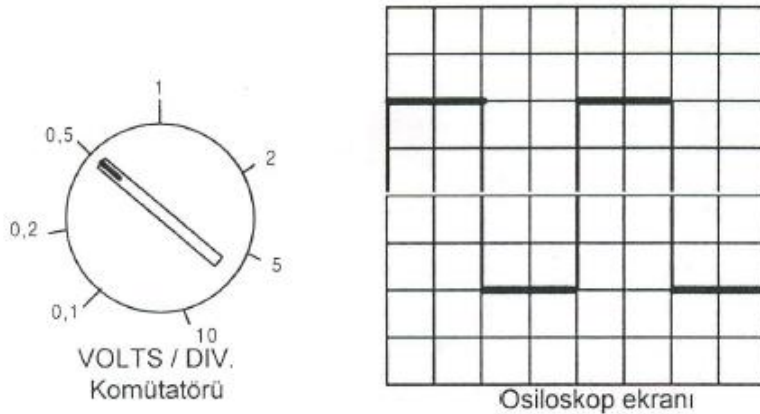
**Kalibrasyon Çıkışları**

Osiloskop ile ölçüm yapmadan önce yatay ve düşey kazanç anahtarlarının, ince ayar düğmelerinin kalibrasyonu (ayarlanması) gerekir. Bunun nedeni, eğer osiloskobun ayarı bozulmuş ise, ölçmelerde hata oluşabilir. Bu yüzden osiloskobun doğru ölçüm sonuçlarını verdiğinden emin olmak için kalibrasyon işlemi yapılır. Bunun için, değeri bilinen bir kaynağa ihtiyaç vardır. Genlik değeri 0,2 Volt veya 2 Volt olan kare dalga şekli seçilerek ve seçilen sinyal osiloskoba uygulanarak, osiloskobun kalibrasyonu yapılabilir. Kalibrasyon için, Volt/div ve Time/div düğmeleri üzerinde bulunan CAL ayar düğmeleri kullanılır.



### Osilaskop Kalibrasyon Bağlantısı

Kalibrasyon için osilaskobun ön panelinde bulunan 2 V'luk kare dalga sinyalinden yararlanılabilir. Osilaskop probu kare dalga sinyaline temas ettirildiğinde volts/div komütatörü 0,5 kademesinde, time/div komütatörü 0,2 kademesinde ise, ekranda iki karelik bir kare dalga görüntüsü oluşur. Bu durumda kalibrasyon doğru yapılmış demektir.



### Kalibrasyon durumunda komütatörün ve ekranın görüntüsü

#### KULLANMA YERLERİ

Avometreler ölçtüğü sinyallerin etkin değerini sayısal olarak gösterirler. Osilaskoplar, her türlü değişimlerin elektrik sinyaline dönüştürülmesi durumunda gerilim, akım, frekans, faz açısı vb ölçebilen geliştirilmiş bir ölçü cihazıdır. Bu özelliğinden dolayı, elektronik cihazların



kartları üzerinde adım adım kontrol yapma olanağı sağlar. Olması gereken sinyalin şekli ve değeri kontrol edilerek arızanın yeri ve nedeni kolayca bulunabilir.

Osiloskoplar gerilim, akım, frekans ve faz farkı ölçmelerinde kullanıldığı gibi, çeşitli elektrik sinyallerinin dalga şeklini incelemek, dalga şekillerinde meydana gelen bozulmaları incelemek, yarı iletkenlerin karakteristik eğrilerini incelemek, bir kondansatörün şarj ve deşarj eğrilerini incelemek, histerezis eğrilerini incelemek, DC+AC şeklindeki toplam işaretin ölçümünü yapmak gibi işlemlerde de kullanılırlar.

## **OSİLOSKOPLA ÖLÇME YAPILIRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR**

- 1-** Osiloskop girişine bilinmeyen bir sinyal uygulanacağı zaman, Auto trig kullanılır, **DC-GND-AC** anahtarı ise **AC** konumuna alınmalıdır, Bu anda volts/div anahtarı ve prop çarpan değeri en büyük kademesinde olmalıdır.
- 2-** Girişe uygulanan sinyalin gerilimi 48 V'un altında olmalıdır. Şayet üzerinde ise, cihaz ve kataloğunun yüksek gerilimde ölçme kısmı incelenmeli, daha sonra ölçüm yapılmalıdır.
- 3-** Hangi sinyalde ölçme yapılacaksa (DC veya AC gibi), osiloskobun ayar düğmeleri ona göre konumlandırılmalıdır.
- 4-** Alet, yanlış ölçmelerden pek zarar görmez, ancak ekranda elektronların tek bir noktaya yoğunlaştırılarak parlak bir benek oluşturması en büyük zararı verir. Flüoresan ekranın yüzeyi zarar görür ve tüpün ömrü azalır. Böyle durumlarda INTENSITY düğmesi ile aydınlık en aza indirilmeli ve ekranda eğri oluşması için, diğer anahtarlar ayarlanmalıdır.
- 5-** Osiloskop kısa aralıklarla açılıp kapatılmamalıdır. Aksi halde elektron tabancasının flemanı zarar görür ve flüoresan tüpün ömrü azalır.
- 6-** Propların yuvaya takılıp çıkarılması, döndürülerek dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Proba ve prop yuvalarına zarar verecek davranışlardan kaçınılmalıdır.
- 7-** Ölçüme başlamadan önce, aletin kalibrasyonu mutlaka yapılmalıdır.
- 8-** Bütün elektronik cihazlar gibi, osiloskobun bulunduğu yerin çok sıcak, tozlu ve nemli olmamasına dikkat edilmelidir.
- 9-** Osiloskop çalıştırılırken mutlaka topraklaması yapılmalıdır. Ayrıca elektrik çarpmalarına karşı dikkatli olunmalıdır

## **OSİLOSKOPLA PERİYOT VE FREKANS ÖLÇMEK**

Alternatif gerilimde, belirli zaman aralıklarında tekrarlanan şeklin oluşması veya bir alternansın meydana gelmesi için geçen zamana periyod (**T**), 1 sn'deki periyodların tekrarlanma sayısına frekans (**f**) denir.

Osiloskop ekranındaki yatay kareler, çizilen grafiğin zaman boyutunu göstermektedir. Her bir yatay karenin (1 cm) zaman cinsinden karşılığı ise Time/div düğmesinin değerine eşittir. Buna göre herhangi bir sinyalin frekansını bulabilmek için, öncelikle o sinyalin periyodunu belirlemek gerekmektedir. Periyod sinyalin kendini tekrarlama süresi olduğuna göre, ekranda bir referans noktası belirlemek, daha sonrada bu noktadan başlayarak sağa doğru sinyalin kendini tekrarladığı ilk nokta arasında kalan sürenin belirlenmesi, periyodun süresini verir.

Alternatif gerilimin frekansını ölçmek için, önce bu gerilimin periyodu (**T**) ölçülür. Sonra,

$$f = \frac{1}{T} \text{ eşitliğinden frekans (f) hesaplanır.}$$

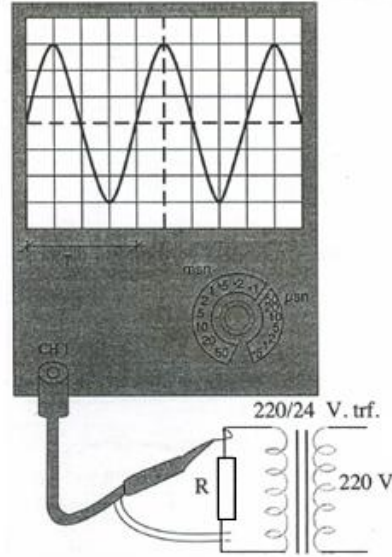
Osiloskop ekranında ölçülecek sinyalin şekli (sinüzoidal, kare, üçgen, testere dişi gibi) görülür.

Okumanın rahat olması için Trig-Level düğmesi ile sinyalin ekranda kaymadan durması sağlanır. Bu arada eğrinin en az bir periyodluk kısmının ekranda yatay eksen üzerinde görünmesi gerekir. Bunun için Time/div komütatörünün kademeleri istenilen şekle gelinceye kadar değiştirilir.

Bir periyodun başlangıç ve bitişi arasındaki yatay kare sayısı (**L**) tespit edilir. Başlangıç ve bitişi net bir şekilde belirtmek için **X** position düğmesi ile eğri kaydırılabilir. Ekranda sinyalin yatay eksenindeki kare sayısı ile Time/Div komütatörünün kademe değeri çarpılarak bir periyodun oluştuğu süre beklenir. Time/Div (Time/cm) komütatöründeki birimlerin msn ve μsn değerleri sn. ye çevrilmelidir.

$$1 \text{ msn} = \frac{1}{1000} \text{ sn} = 10^{-3} \text{ sn}$$

$$1 \mu\text{sn} = \frac{1}{1000000} \text{ sn} = 10^{-6} \text{ sn}$$



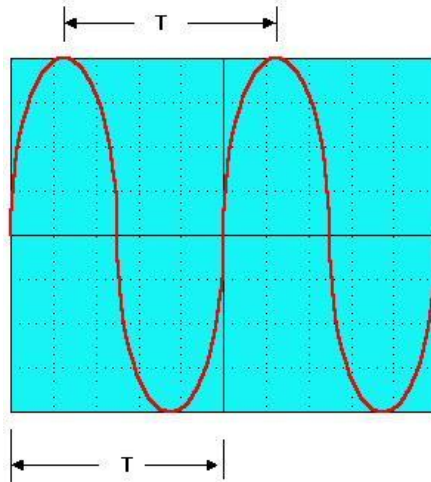
### Osiloskop ile alternatif gerilimin frekansını ölçmek

Periyot = Time/Div komütatörünün kademe değeri x 1 periyodun kapladığı yataydaki kare sayısı

$$T = \text{Time/Div} \times L$$

$$f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$$

Bu yöntem ile periyot ve frekans ölçümü, tarama osilatörünün doğruluğuna bağlı olarak örneğin % 3 lük bir doğrulukla yapılabilir. İncelenen zaman aralığı bütün işaret periyoduna göre kısa ise, genişletilmiş bir zaman skalası uygulanır (X-MAG x 10 düğmesine basılarak). Hesaplanan zaman değerleri 10'a bölünür.

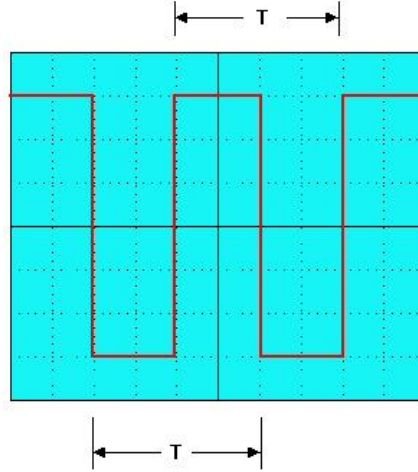


### Osiloskop ekranında periyod ölçümü

Sinüzoidal dalga kendini yatay olarak her beş karede bir tekrarlamaktadır. Bu karelerin temsil ettiği zaman ise sinyalin periyoduna eşittir. Yatay karelerden her birinin değeri Time/div düğmesinin değerine eşit olduğuna göre, yukarıdaki sinyalin periyodu,

$$T = (5 \text{ kare}) \times (\text{Time/div değeri})$$

Sinyalin frekansı (saniyede kendini tekrarlama sayısı) ise, eşitliğinden bulunur. Bu eşitlikte T'nin birimi saniye (s), f'nin birimi ise Hertz (Hz) dir. Eğer osilaskop ekranından bulunan periyod birimi saniye'nin alt ve üst birimlerinden birine eşitse, frekansı Hz cinsinden bulmak için saniyeye çevirmek gereklidir.



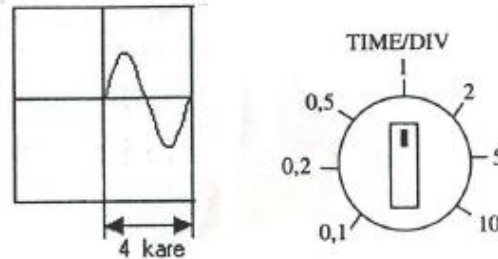
### Osilaskop ekranında periyod ölçümü

Kare dalga'nın periyodu 4 kare değerine eşittir. Periyodu bulmak için sinyalin kendini tekrarladığı herhangi iki nokta arasında kalan mesafe alınabilir. Kolaylık olması bakımından, ekrandaki dalga şekli yatay olarak X-POS düğmesi ile sağa veya sola doğru kaydırılarak, referans olarak belirlediğimiz herhangi bir nokta veya çizgi ile karşılaştırılabilir. Bu bize okumada kolaylık sağlayacaktır.

**Not:** Burada unutulmaması gereken bir diğer konuda, osilaskop ekranındaki şeklin yatay ve dikey olarak büyüklüğünün ne olması gerektiğidir. Ölçümün hassas olabilmesi için, şeklin büyüklüğünü Volt/div ve Time/div düğmeleri ile değiştirerek, ekrana sığabilecek en büyük konuma getirmek gereklidir. Dalga şeklinin ekrandan taşmamasına dikkat edilmelidir. Böylece gözümüz daha hassas ve az hata ile okuma yapacaktır.

### ÖRNEKLER:

1- Tarama hızı 1 ms/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 4 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansı hesaplayınız.



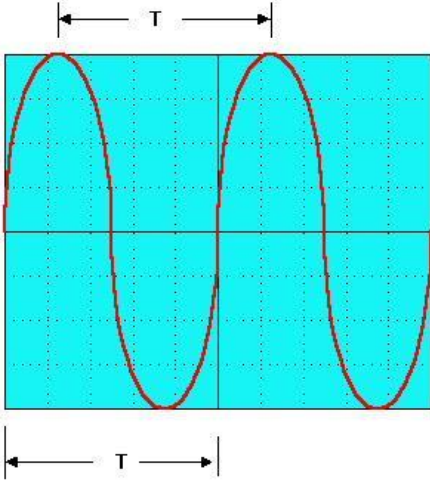
$$\text{Time/Div} = 1 \text{ ms/div (ms/cm)} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ sn/cm}$$

$$L = 4 \text{ Div (cm)}$$

$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ sn} = 0,004 \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} = 250 \text{ Hz (c/sn)}$$

2-

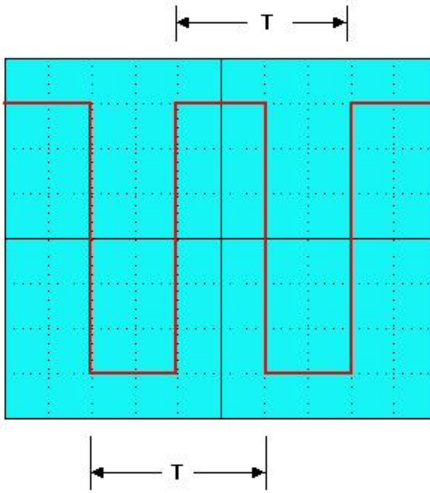


Şekilden görüldüğü gibi sinyal kendini her 5 karede bir tekrarlamaktadır (yatay olarak), yine Time/div = 1 ms olduğuna göre, sinyalin periyodu;

$$T = (5 \text{ kare}) \times (1.10^{-3} \text{ s}) = 0,005 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5.10^{-3}} = 200 \text{ Hz}$$

3-



Osilaskop ekranında görülen sinyalin frekansını hesaplayınız. Osiloskobun Time/div kademesi 1  $\mu$ s konumundadır.

Sinyal kendini her 4 karede bir tekrarlamaktadır, Time/div = 1  $\mu$ s olduğuna göre, sinyalin periyodu;

$$T = (4 \text{ kare}) \times (1.10^{-6} \text{ s}) = 4.10^{-6} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.10^{-6}} = 250000 \text{ Hz} = 250 \text{ kHz}$$

4- Tarama hızı 10 ms/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 6 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansını hesaplayınız.

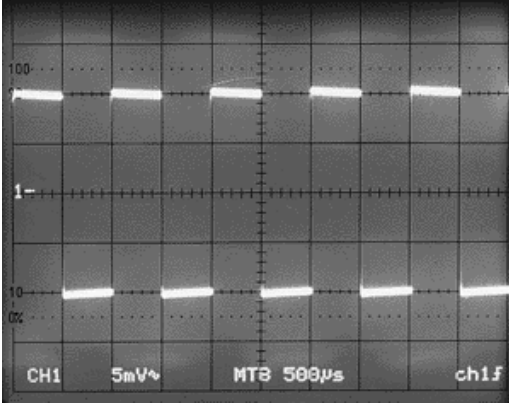
$$\text{Time/Div} = 10 \text{ ms/div (ms/cm)} = 10. 10^{-3} \text{ sn/cm}$$

$$L = 6 \text{ Div (cm)}$$

$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 10. 10^{-3} \cdot 6 = 60. 10^{-3} \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{60.10^{-3}} = 16,66 \text{ Hz (c/sn)}$$

5-



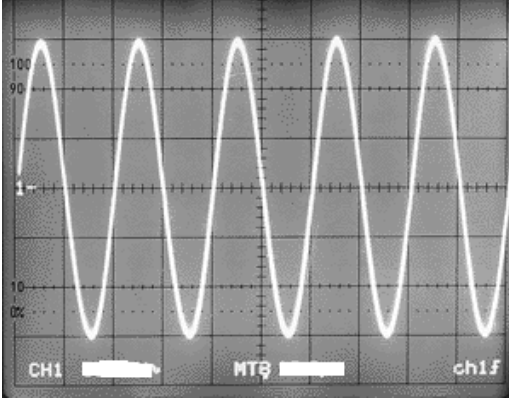
Osilaskop ekranında görülen sinyalin frekansını hesaplayınız. Osilaskobun Time/div kademesi 500  $\mu$ s konumundadır.

Sinyal kendini her 2 karede bir tekrarlamaktadır, Time/div = 500  $\mu$ s olduğuna göre, sinyalin periyodu;

$$T = (2 \text{ kare}) \times (500 \cdot 10^{-6} \text{ s}) = 1000 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-3}} = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$$

6-



Osilaskop ekranında görülen sinyalin frekansını hesaplayınız. Osilaskobun Time/div kademesi 10 ms konumundadır.

Sinyal kendini her 2 karede bir tekrarlamaktadır, Time/div = 10 ms olduğuna göre, sinyalin periyodu;

$$T = (2 \text{ kare}) \times (10 \cdot 10^{-3} \text{ s}) = 20 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ Hz}$$

7- Tarama hızı 2 ms/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 4,6 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansı hesaplayınız.

$$\text{Time/Div} = 2 \text{ ms/div (ms/cm)} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ sn/cm}$$

$$L = 4,6 \text{ Div (cm)}$$

$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4,6 = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{9,2 \cdot 10^{-3}} = 108,6 \text{ Hz (c/sn)}$$

**8-** Tarama hızı 2 ms/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 10 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansı hesaplayınız.

$$\text{Time/Div} = 2 \text{ ms/div (ms/cm)} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ sn/cm}$$

$$L = 10 \text{ Div (cm)}$$

$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ Hz (c/sn)}$$

**9-** Tarama hızı 5 ms/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 4 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansı hesaplayınız.

$$\text{Time/Div} = 5 \text{ ms/div (ms/cm)} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ sn/cm}$$

$$L = 4 \text{ Div (cm)}$$

$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ Hz (c/sn)}$$

**10-** Tarama hızı 0,1 ms/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 8 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansı hesaplayınız.

$$\text{Time/Div} = 0,1 \text{ ms/div (ms/cm)} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ sn/cm}$$

$$L = 8 \text{ Div (cm)}$$

$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 8 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-4}} = 1250 \text{ Hz (c/sn)}$$

**11-** Tarama hızı 0,5  $\mu$ s/div, sinyalin periyodu yatay ekseninde 7 aralığa yayıldığına göre, periyodu ve frekansı hesaplayınız.

$$\text{Time/Div} = 0,5 \mu\text{s/div (ms/cm)} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ sn/cm}$$

$$L = 7 \text{ Div (cm)}$$

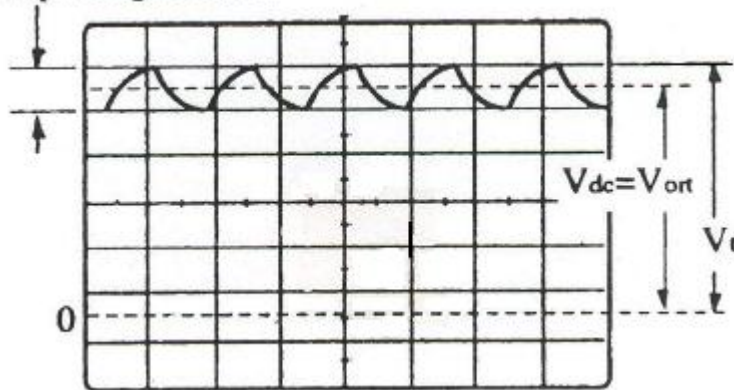
$$T = \text{Time/Div} \cdot L = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7 = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ sn}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,5 \cdot 10^{-6}} = 286 \text{ kHz}$$

### DC + AC ŞEKLİNDEKİ TOPLAM İŞARETLERİN ÖLÇÜMÜ

Osiloskobun DC ve AC seçici anahtarları kullanılarak yapılır. Böyle bir gerilime örnek olarak DC gerilim kaynaklarının çıkışında görülen toplam gerilim verilebilir.

Tepe dalgalanması



**DC ve AC işaretin toplam veya ayrı ayrı değerleri osiloskop yardımı ile ölçülebilir**

DC gerilimin üzerindeki tepe dalgasının genliği küçük olmakla birlikte değeri bilinmelidir. Buradaki tepe dalgalanması değişken işaret olduğundan, osiloskop AC konumunda ölçülür. Genliği küçük olduğu için, kademe anahtarı en hassas konumda olmalıdır. Bu durumda osiloskop ekranında yalnız tepe dalgalanması görülür.

DC veya ortalama gerilimi ( $V_{DC}$ ) ölçmek için osiloskobun fonksiyon anahtarı DC konuma getirilir. Osiloskop kademe anahtarının hassasiyeti azalır. Tepe dalgasının genliği çok küçük olduğundan ekrandaki değişimi bir çizgi şeklinde olur. Bu çizginin seviyesi ortalama değere eşittir.

Ölçülen DC ve AC değerlerden faydalanarak, tepe değer ( $V_t$ ) ve efektif değer ( $V_{eff}$ ) bulunur. Değişik dalga şekillerinin tepe, efektif ve ortalama değerleri arasındaki bağıntılar tabloda gösterilmiştir.

	Dalga şekli	Ortalama değer	Efektif değer
a)		$0.318E_t$	$0.354E_t$
b)		$0.636E_t$	$0.707E_t$
c)		$0.5E_t$	$0.577E_t$
d)		$0.5E_t$	$0.5E_t$
e)		$E_t \times (T_1/T)$	$E_t \sqrt{(T_1/T)}$

a) Yarım dalga doğrultulmuş işaret, b) Tam dalga doğrultulmuş işaret, c) Üçgen dalga, d) Kare dalga, e) Darbe işareti

## OSİLOSKOP İLE GERİLİM ÖLÇMEK

Osiloskop ile alternatif akım, doğru akım ve yüksek frekanslı sinyaller maksimum 400 V'a kadar ölçülebilir. Gerilim ölçmeden önce kalibrasyon yapılması gerekir. Kalibrasyon için osiloskobun ön panelinde bulunan 2 V'luk kare sinyalinden yararlanılabilir. Osiloskop probunu 2 V'luk kalibrasyon terminaline temas ettirdiğimizde, VOLTS/DİV komütatörü, örneğin 1 konumunda ise, ekran üzerinde 2 karelik sapma görülmesi gerekir. 2 karelik sapma bu gerilimin 2 V olduğunu gösterir. Bu durumda osiloskop kalibreli demektir.

Osiloskop ile gerilim ölçmeye başlamadan önce, ekranda bir referans noktası (0 V noktası) belirlemek gereklidir. Bunun için öncelikle giriş seçici anahtarı ile GND (toprak) konumu seçilerek, ekranda düz bir yatay çizgi elde edilir. Bundan sonra Y-POS düğmesi ile bu çizgi aşağı-yukarı hareket ettirilerek ekranda hazır halde bulunan yatay çizgilerden birisi ile (normalde ortada bulunan ve diğerlerine göre nispeten kalın olan yatay çizgi ile) çakıştırılarak, sıfır noktası tespit edilir. Bundan sonra DC konumu seçilerek ekranda giriş sinyali şeklinin oluşması sağlanır. Kullanıcının bu referans (0 Volt) noktasını unutmaması gereklidir.

AC ölçümlerde sinyalin sıfır noktasından, en yüksek (tepe) pozitif veya negatif gerilim değerine sinyalin maksimum genlik değeri denir. Bu gerilime tepe, maksimum veya peak gerilim değerleri de denir ve  $V_p = V_t = V_m$  sembolleri ile gösterilir. Negatif ve pozitif tepe noktaları arasında kalan gerilime ise tepeden tepeye (peak to peak) gerilim değeri denir ve  $V_{p-p} = V_{t-t}$  sembolleri ile gösterilir. Bu değer, tanımdan da anlaşılacağı gibi  $V_{p-p} = 2V_m$  değerine eşit olur.

Gerilimin değerini bulmak için, ekranda görülen dalga şeklinin dikey kare sayısı ile Volt/div düğmesinin değeri çarpılır.

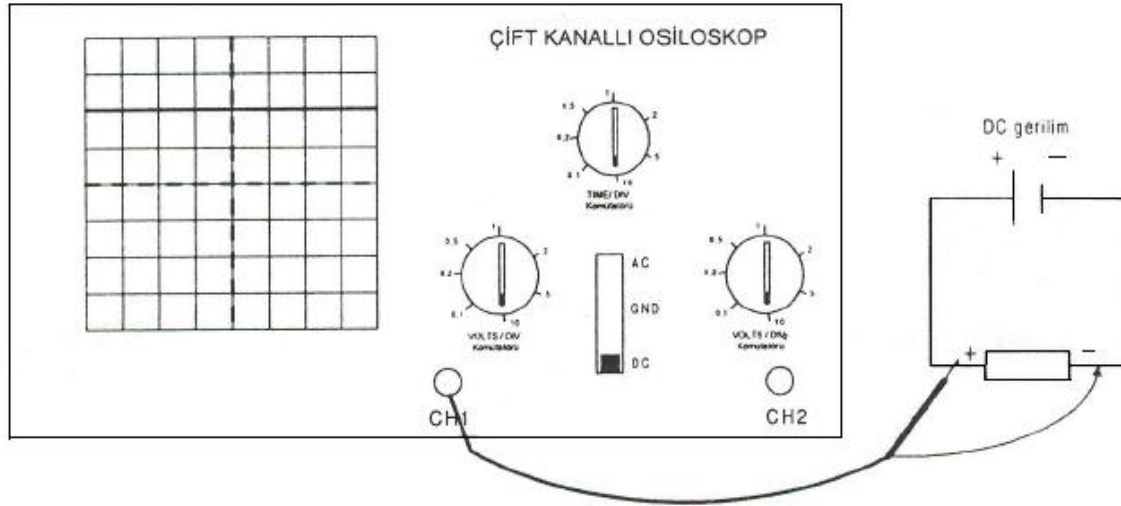
## 1- DOĞRU GERİLİMİN ÖLÇÜLMESİ

Öncelikle gerilim seçici anahtarı GND konumundayken, ışıklı çizginin X eksenine ile kesişmesi gerekir.

Gerilim seçici anahtar DC konumuna getirilir ve DC gerilim sinyali uygulanır. Ölçümün net olması için VOLTS/DİV komütatörünün kademe değeri değiştirilir ve bu kademe değeri belirlenir.

Tarama sinyali yukarıya sapsenmiş ise, gerilim pozitif, aşağıya sapsenmiş ise gerilim negatiftir. Her iki durumda da sinyalin X ekseninden itibaren dikeydeki kare sayısı belirlenir. Prop kademe değeri belirlenir. Komütatörlerin durumuna göre DC gerilim hesaplanır.

$V_{DC} = \text{Sinyalin dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademesi} \times \text{Prop kademesi}$



### Osiloskop ile DC gerilimin ölçülmesi

Sinyal uygulandığında, ekranda ışın görünmüyorsa, ışın görünene kadar VOLTS/DİV komütatörünün kademe değeri büyütülür.

Sinyal X ekseninin altında çıkıyorsa, prop uçlarının (+) ve (-) uçları ters bağlanmış demektir. Dirence bağlanan prop uçlarının yeri değiştirilir.

### ÖRNEKLER:

1- Dikeydeki kare sayısı 3 cm, VOLTS/DİV komütatörü 50 mV/cm, prob kademe değeri x10 olduğuna göre, DC gerilimin değerini hesaplayınız.

$$VOLTS/DİV = 50 \text{ mV/cm} = 0,05 \text{ V/cm}$$

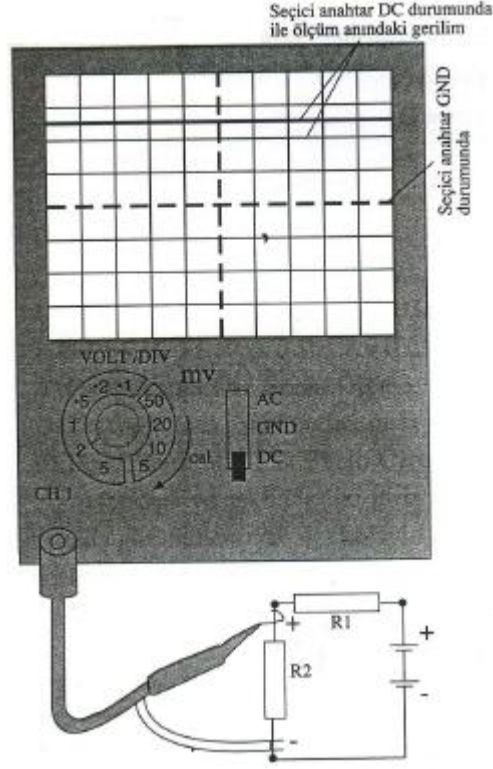
$$V_{DC} = \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademesi} \times \text{Prop kademesi} = 3 \cdot 0,05 \cdot 100 = 15 \text{ V}$$

2- Dikeydeki kare sayısı 2 cm, VOLTS/DİV komütatörü 10 V/cm, prob kademe değeri x 10 olduğuna göre, DC gerilimin değerini hesaplayınız.

$$V_{DC} = \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademesi} \times \text{Prop kademesi} = 2 \cdot 10 \cdot 10 = 200 \text{ V}$$

3- Dikeydeki kare sayısı 2,5 cm, VOLTS/DİV komütatörü 2 V/cm, prob kademe değeri x1 olduğuna göre DC gerilimin değerini hesaplayınız.





**Osiloskop ile doğru gerilim ölçmek**

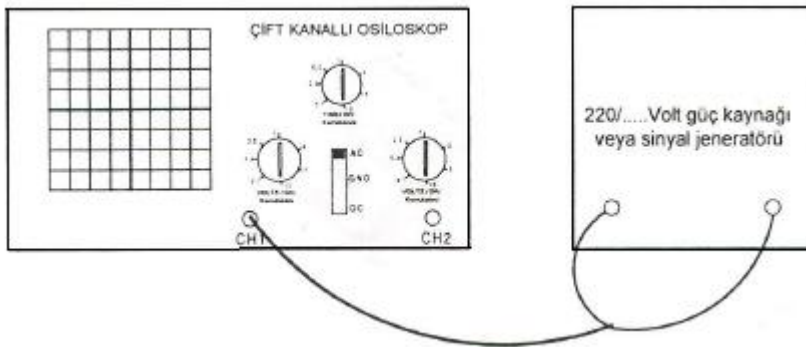
$$V_{DC} = \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DIV kademesi} \times \text{Prop kademesi} = 2,5 \cdot 2 \cdot 1 = 5 \text{ V}$$

## 2- ALTERNATİF GERİLİMİN ÖLÇÜLMESİ

Elektrik ve elektronikte AC gerilim değerini ifade etmek için genellikle efektif değer (rms değeri) kullanılır. Osiloskop ile yapılabilecek en doğru ve kolay gerilim ölçümü, alternatif gerilimin tepeden tepeye ölçümüdür. Ölçülecek olan alternatif şebeke gerilimi doğrudan veya bir prop üzerinden osiloskobun dikey girişine uygulanır. Probu görevi çok büyük olan sinyalleri belirli oranlarda küçülterek osiloskoba aktarmaktadır.

Prop üzerinde x1, x10 gibi küçültme oranları yazılıdır. Yüksek bir gerilimin yalnız dalgalanmaları incelenecekse normal x 10 probu yeterlidir. Bu durumda probun giriş ucuna uygun bir kapasitenin (yaklaşık 22- 68 nF'lık) seri olarak bağlanması gerekir.

Uygulanan gerilimden kazanç, tarama hızı ve tetikleme anahtarları ile ayarlama yapılarak, ekranı dolduracak şekilde kararlı bir sinyal elde edilir. Yatay ve dikey pozisyon kontrolü ile sinyal ekranda kolay okunabilecek şekilde getirilir.



**Osiloskop ile AC gerilimin ölçülmesi**

Her ölçmede olduğu gibi sinyal seçici anahtarı GND konumundayken ışıklı çizginin X eksenine ile kesişmesi sağlanır. Sinyal seçici anahtarı (AC – GND – DC) AC konumuna alınır ve AC gerilim sinyali uygulanır. VOLTS/DİV ve TIME/DİV komütatörleri ile ekranda tam görünecek şekilde getirilir. Ekranda görülen sinyalin (+) ve (-) alternanslarında aldığı maksimum değerleri arasındaki dikey kare sayısı tespit edilir.

### Tepeden tepeye genlik

Genlik = Prop duyarlılığı x Dikeydeki kare sayısı

### Tepeden tepeye gerilim ( $V_{tt}$ )

$V_{tt} = \text{Genlik} \times \text{VOLTS/DİV}$  kademe değeri

$V_{tt} = \text{Prop duyarlılığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV}$  kademe değeri

### AC gerilimin tepe (maksimum) değeri ( $V_{max}$ )

$$V_t = \frac{V_{tt}}{2}$$

### AC gerilimin efektif (etkin) değeri ( $V_{eff}$ )

$$V_{eff} = \frac{V_t}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot V_t$$

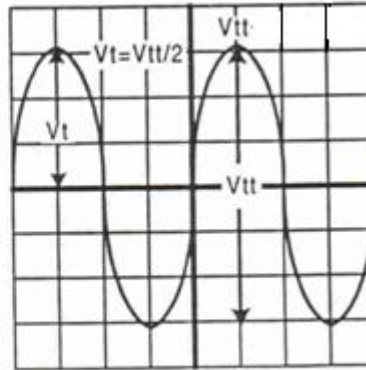
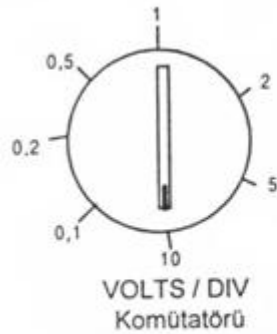
### AC gerilimin ortalama değeri ( $V_{ort}$ )

$$V_{ort} = 0,636 \cdot V_t$$

VOLTS/DİV komütatörü 2 V/cm konumunda ise bir kare 2 V demektir.

Osiloskop ile yapılan ölçmelerde osiloskop, gerilimin veya sinyalin maksimum değerini verir.  $e = V_m$ . Sinüs şeklindeki gerilime alternatif gerilimin ani değeri denir.

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  alternatif gerilimin pulzasyonu



Osiloskop ekranı

### AC gerilimin ölçülmesinde komütatörün ve ekranın durumu

#### ÖRNEKLER:

1- Dikeydeki kare sayısı (tepeden tepeye) 4 cm, prop x 100 kademesinde, VOLTS/DİV komütatörü 50 mV/cm kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini, efektif değerini ve ortalama değerini hesaplayınız

$$\text{VOLTS/DİV} = 50 \text{ mV/cm} = 0,05 \text{ V/cm}$$

$V_{tt} = \text{Prop duyarlılığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV}$  kademe değeri

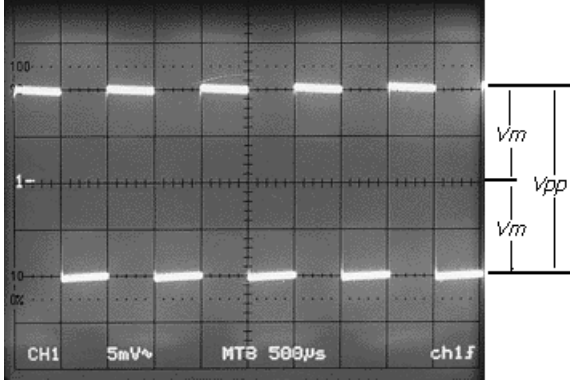
$$V_{tt} = 100 \cdot 4 \cdot 0,05 = 20 \text{ V}$$

$$V_t = \frac{V_{tt}}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ V}$$

$$V_{eff} = 0,707 \cdot V_t = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ V}$$

$$V_{ort} = 0,636 \cdot V_t = 0,636 \cdot 10 = 6,36 \text{ V}$$

2- Osiloskop ekranında görülen sinyalin max (tepe) ve tepeden tepeye voltaj değerlerini bulunuz. Volt/div düğmesinin 5 mV değerini gösterdiği bilinmektedir, yani dikey karelerden her birinin gerilim değeri 5 mV'tur.



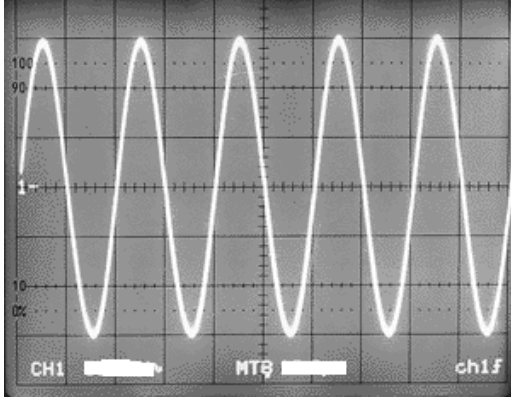
Referans noktamız ekranın ortasında bulunan yatay çizgidir. Bu çizgiden pozitif (yukarıya doğru) veya negatif (aşağıya doğru) tepe noktasına kadar olan kare sayısı 2'dir. Buna göre sinyalin tepe (max) gerilim değeri;

$$V_t = V_p = V_m = 2 \times 5 \text{ mV} = 10 \text{ mV}$$

Tepeden tepeye voltaj değeri ise;

$$V_{t-t} = V_{pp} = 2 \times V_m = 20 \text{ mV}$$

3- Osiloskop ekranında görülen sinyalin max (tepe) ve tepeden tepeye gerilim değerlerini bulunuz. Volt/div düğmesinin 10 V değerini gösterdiği bilinmektedir, yani dikey karelerden her birinin gerilim değeri 10 V'tur.



Referans noktamız ekranın ortasında bulunan yatay çizgidir. Bu çizgiden pozitif (yukarıya doğru) veya negatif (aşağıya doğru) tepe noktasına kadar olan kare sayısı 3'tür. Buna göre sinyalin tepe(max) gerilim değeri;

$$V_t = V_p = V_m = 3 \times 10 \text{ V} = 30 \text{ V}$$

Tepeden tepeye gerilim değeri ise;

$$V_{t-t} = V_{pp} = 2 \times V_m = 2 \times 30 \text{ V} = 60 \text{ V}$$

4- Dikeydeki kare sayısı (tepeden tepeye) 6,22 cm, prop x 10 kademesinde, VOLTS/DIV komütatörü 10 V/cm kademesinde, TIME/DIV komütatörü 5 ms/V kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini ve efektif değerini hesaplayınız.

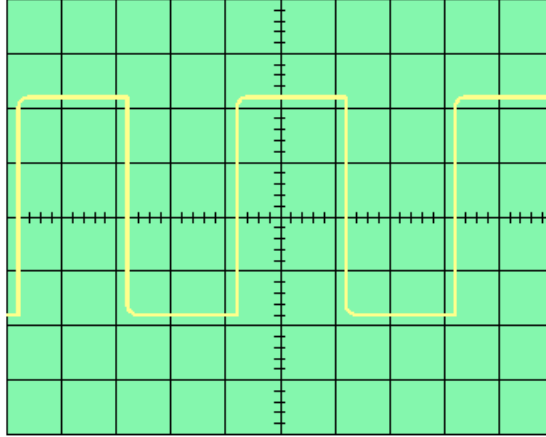
$$V_{tt} = \text{Prop duyarlığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DIV kademe değeri}$$

$$V_{tt} = 10 \cdot 6,22 \cdot 10 = 622 \text{ V}$$

$$V_t = \frac{V_{tt}}{2} = \frac{622}{2} = 311 \text{ V}$$

$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_t = 0,707 \cdot 311 = 219,8 \text{ V}$$

5- Osiloskop ekranında görülen sinyalin max (tepe) ve tepeden tepeye gerilim değerlerini bulunuz. Volt/div düğmesinin 0,5 V değerini gösterdiği bilinmektedir.



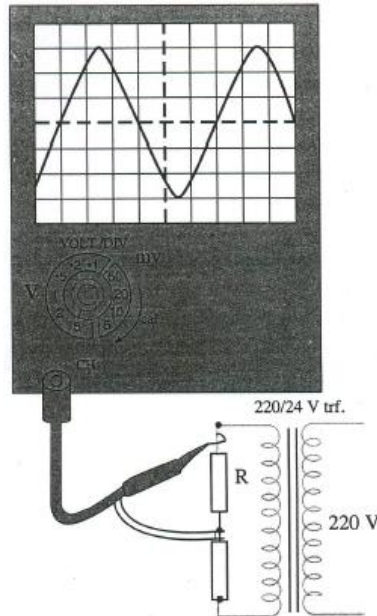
Tepeden tepeye gerilim değeri,

$$V_{t-t} = V_{pp} = (\text{dikey kare sayısı}) \times (\text{Volt/div}) = 4 \times 0,5 \text{ V} = 2 \text{ V}$$

Diğer taraftan tepe veya max gerilim değeri ise,

$$V_t = V_p = V_m = V_{pp}/2 = 2 \text{ V} / 2 = 1 \text{ V olur.}$$

6- Dikeydeki kare sayısı (tepeden tepeye) 6 cm, prop x 1 kademesinde, VOLTS/DİV komütatörü 5 V/cm kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini, efektif değerini ve ortalama değerini hesaplayınız.



### Osiloskop ile alternatif gerilim ölçmek

$V_{tt} = \text{Prop duyarlığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademe değeri}$

$$V_{tt} = 1 \cdot 6 \cdot 5 = 30 \text{ V}$$

$$V_t = \frac{V_{tt}}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ V}$$

$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_t = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ V}$$

$$V_{\text{ort}} = 0,636 \cdot V_t = 0,636 \cdot 15 = 9,5 \text{ V}$$

**7-** Dikeydeki kare sayısı (tepeden tepeye) 6, prop x 1 kademesinde, VOLTS/DİV komütatörü 2 V/cm kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini, efektif değerini ve ortalama değerini hesaplayınız.

$$V_{\text{tt}} = \text{Prop duyarlılığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademe değeri}$$

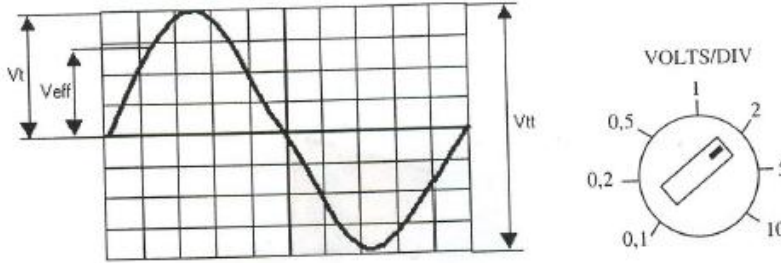
$$V_{\text{tt}} = 1 \cdot 6 \cdot 2 = 12 \text{ V}$$

$$V_t = \frac{V_{\text{tt}}}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ V}$$

$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_t = 0,707 \cdot 6 = 4,242 \text{ V}$$

$$V_{\text{ort}} = 0,636 \cdot V_t = 0,636 \cdot 6 = 3,816 \text{ V}$$

**8-** Dikeydeki kare sayısı 4 cm, prop x 1 kademesinde, VOLTS/DİV komütatörü 2 V/cm kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini, efektif değerini ve ortalama değerini hesaplayınız.



**Bir sinüs eğrisinin gerilim değerleri**

$$V_t = \text{Prop duyarlılığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademe değeri}$$

$$V_t = 1 \cdot 4 \cdot 2 = 8 \text{ V}$$

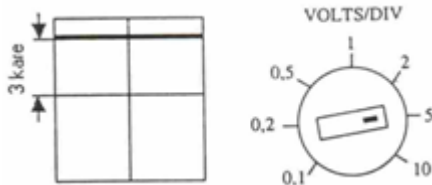
Prop x 10 kademesinde kullanılmışsa gerilimin maksimum değeri

$$V_t = 8 \cdot 10 = 80 \text{ V}$$

$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_t = 0,707 \cdot 8 = 5,656 \text{ V}$$

$$V_{\text{ort}} = 0,636 \cdot V_t = 0,636 \cdot 8 = 5,088 \text{ V}$$

**9-** Dikeydeki kare sayısı 3 cm, prop x 1 kademesinde, VOLTS/DİV komütatörü, 5 V/cm kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini hesaplayınız.



$$V_t = \text{Prop duyarlılığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademe değeri}$$

$$V_t = 1 \cdot 3 \cdot 5 = 15 \text{ V}$$

**10-** Dikeydeki kare sayısı 3,8 kare, prop x 1 kademesinde, VOLTS/DİV komütatörü 5 V/cm kademesinde olduğuna göre, gerilimin maksimum (tepe) değerini ve efektif değerini hesaplayınız.

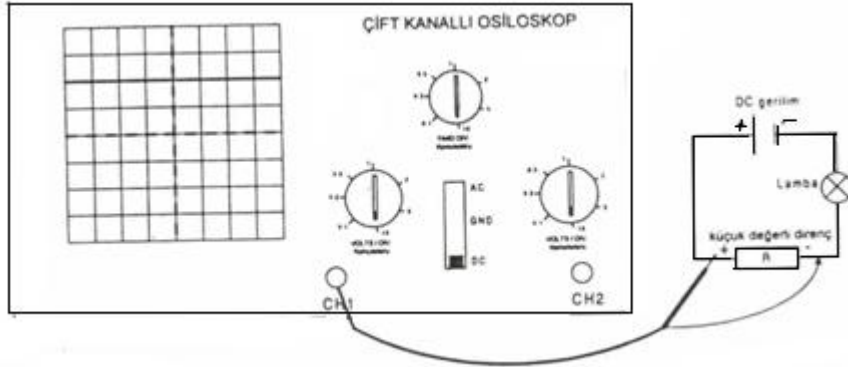
$$V_t = \text{Prop duyarlılığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademe değeri}$$

$$V_t = 1 \cdot 3,8 \cdot 5 = 19 \text{ V}$$

$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_t = 0,707 \cdot 19 = 14 \text{ V}$$

## OSİLOSKOP İLE AKIM ÖLÇMEK

Osiloskoplar, alıcıların çektiği akımı direkt olarak ölçemezler, ancak dolaylı olarak ölçebilirler. Osiloskopların giriş dirençleri yüksektir. Akım ölçümü çok yüksek frekanslı sinyallerde iyi netice verir. Çünkü avometreler ile bu değeri ölçmek kolay değildir.



### Osiloskop ile akım değerinin ölçülmesi

Alıcının çektiği akım devresine değeri bilinen indüktif olmayan (karbon) küçük omajlı bir direnç seri olarak bağlanır. Direnç büyük omajlı olursa ölçülecek akımı etkiler. Bu durumda alıcı, verimli çalışmadığı gibi normal akımını çekemeyeceğinden ölçüm hatalı olur. Aynı zamanda ölçüm sırasında direncin değeri değişken olmamalıdır. Alıcının akımı bu direnç üzerinde gerilim düşümü oluşturur. Direnç uçlarındaki gerilim osiloskopa ölçülerek devrenin akımı,

$$I = \frac{U}{R} \text{ eşitliğinden hesaplanır.}$$

Hangi akımda (DC veya AC) ölçüm yapılıyorsa o akımın kurallarına uyulmalıdır.

### ÖRNEKLER:

**1-** Osiloskopa  $1 \cdot 10^{-1} \Omega$  luk direnç üzerinde düşen gerilim ölçümü için alınan değerler,

Dikeydeki kare sayısı = 3 cm

VOLTS/DİV kademe değeri = 20 mV/sn =  $20 \cdot 10^{-3} \text{ V/sn}$

Prop duyarlığı = x1

$V_t = \text{Prop duyarlığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DİV kademe değeri}$

$$V_t = 1 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ V}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,06}{1 \cdot 10^{-1}} = 0,6 \text{ A}$$

**2-**  $0,1 \Omega$  luk bir direnç üzerinde düşen gerilim osiloskopta 500 mV ölçülmüştür. Akımı hesaplayınız.

$$R = 0,1 \Omega$$

$$U = 500 \text{ mV} = 0,5 \text{ V}$$

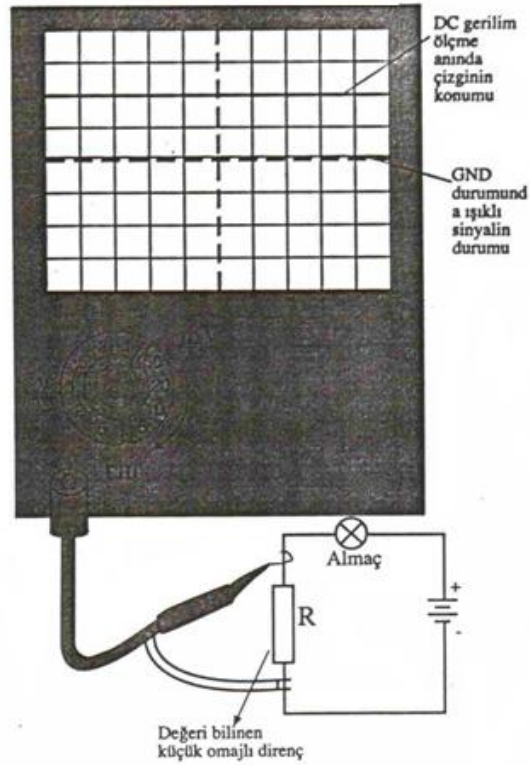
$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,5}{0,1} = 5 \text{ A}$$

**3-** Osiloskopa  $0,1 \Omega$  luk direnç üzerinde düşen gerilim ölçümü için alınan değerler,

Dikeydeki kare sayısı = 2 cm

VOLTS/DİV kademe değeri = 50 mV/cm =  $50 \cdot 10^{-3} \text{ V}$

Prop duyarlığı = x1



### Osiloskopla akım ölçmek

$V_t = \text{Prop duyarlığı} \times \text{Dikeydeki kare sayısı} \times \text{VOLTS/DIV kademe değeri}$

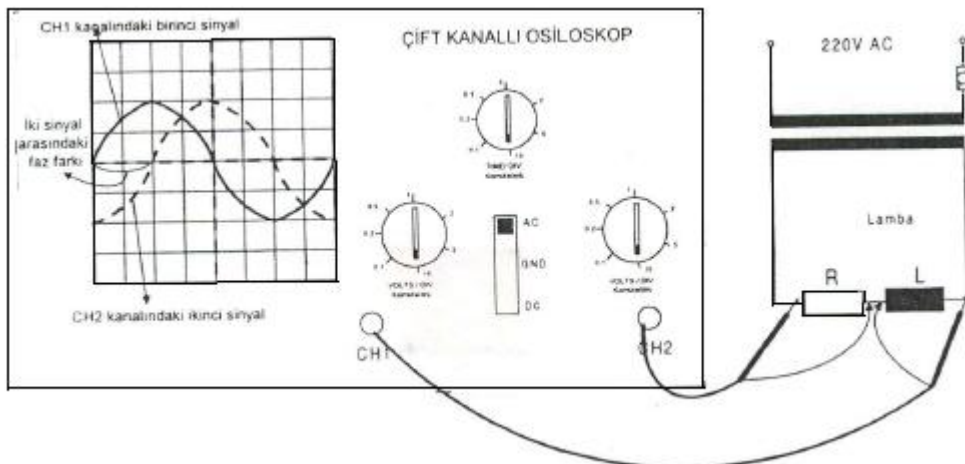
$$V_t = 1.2 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ V}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,1}{0,1} = 1 \text{ A}$$

### OSİLOSKOPLA FAZ FARKI ÖLÇMEK

Bu yöntemle faz farkı ölçmek için iki kanallı bir osiloskop kullanılmalıdır. Aynı frekans ve iki giriş sinyali arasındaki faz farkı DUAL modunda (çift sinyalin aynı anda görüntülenmesi ile) kolaylıkla ölçülebilir.

Bu işlem üç fazlı bir şebekede iki fazdan yararlanılarak veya omik ve endüktif iki alıcının sinyalleri ölçülerek yapılabilir.



### Omik (R) ve endüktif (L) alıcının faz farkının osiloskop ile ölçülmesi

CH1 kanalına birinci sinyal uygulanır. Uygulanan bu sinyal VOLTS/DİV ve TIME/DİV komütatör anahtarları yardımı ile ekranı kaplayacak ve bir periyod meydana getirecek şekilde ayarlanır. Sinyalin X eksenini, ekranın sol başında kesmesini sağlamak için Trig-Level düğmesi kullanılır

Ekrandaki 10 yatay kare uzunluğuna, 1 periyodluk sinyal görüntüsü yerleştirildiği için her kareye denk düşen açı  $36^0$  dir.  $360/10 = 36^0$

Sinyalin bir periyodluk görüntüsü 6 yatay kareyi kapsamışsa, bu anda her kareye karşılık gelen açı  $360/6 = 60^0$  olarak bulunur.

CH2 kanalına ikinci sinyal uygulanır ve diğer sinyal ile tam olarak ortalanır. Yeni sinyalin genliği, birinci sinyal ile aynı veya yakın değerde olması için VOLTS/DİV komütatörü yardımı ile ayarlanır

Her iki sinyalin görüntüsü de DUAL kademesinde ekranda görüldüğünde, bir sinyalin periyodu boyunca kaç kare kapladığı tespit edilir. Bir periyod  $360^0$  olduğundan  $360^0$  kapladığı kare sayısına bölünerek her kareye düşen açı bulunur.

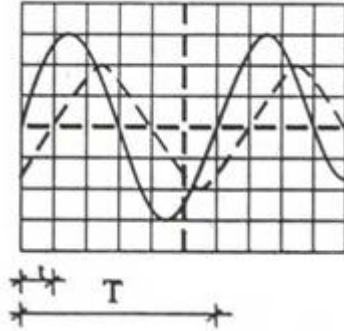
Her iki sinyalin artı değerler almaya başladığı noktalar arasındaki kare sayısı tespit edilir. Faz farkı olarak görülen kare sayısı, her kareye düşen açı ile çarpıldığında faz farkını kaç derece olduğu bulunmuş olunur.

Her yatay kare  $36^0$  olacak şekilde ayarlandığına göre, iki sinyal arasındaki faz farkı

$$\Phi = 2,5.36 = 90^0 \text{ olarak hesaplanır.}$$

## ÖRNEKLER

**1-** Osiloskopla dual moduyla faz farkı ölçmede bir periyod 6 kareyi kaplamakta ve iki sinyal arasındaki faz farkı 1 kare olduğuna göre, iki sinyal arasındaki faz farkını hesaplayınız.



1 periyodun kapladığı alan  $T = 6 \text{ kare} = 6 \text{ cm}$ .

İki eğri arasındaki kare farkı  $t = 1 \text{ kare} = 1 \text{ cm}$ .

İki eğri arasındaki açı farkı,

$$\Phi = \frac{t}{T} .360^0 = \frac{1}{6} .360^0 = 60^0$$

**2-** İki kanallı osiloskopla faz farkı ölçümü sırasında bir periyod 8 kareyi kaplamaktadır. İki sinyal arasındaki faz farkı 2 kare olduğuna göre, iki sinyal arasındaki faz farkını hesaplayınız.

1 periyod =  $360^0$

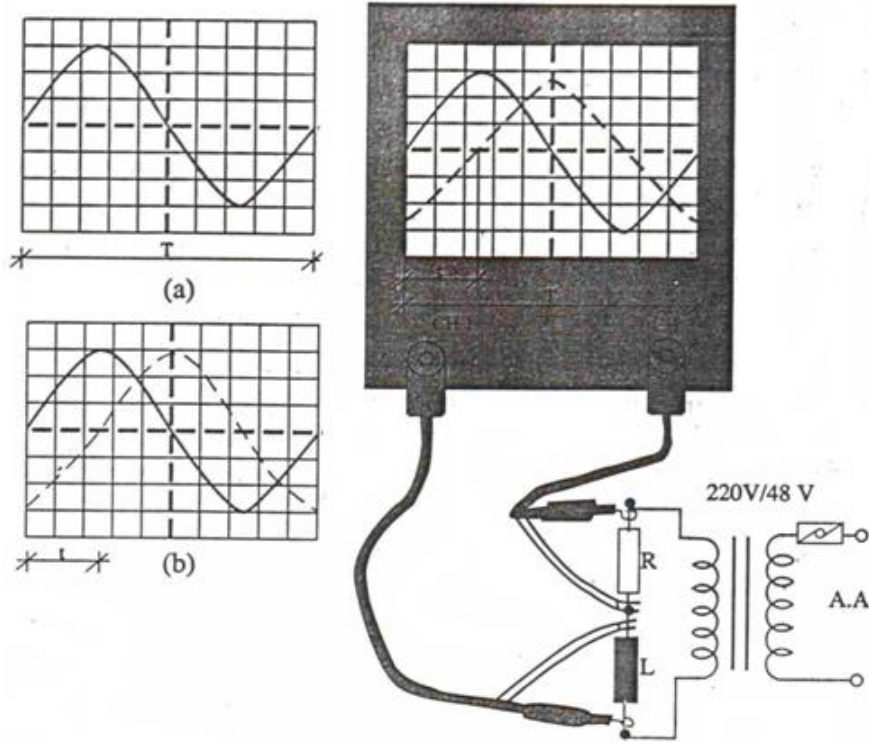
1 periyod = 8 kare

$$1 \text{ karelik açı} = \frac{360}{8} = 45^0$$

İki sinyal arasında 2 karelik fark olduğuna göre,

$$\text{İki sinyalin faz farkı} = 2 . 45 = 90^0$$

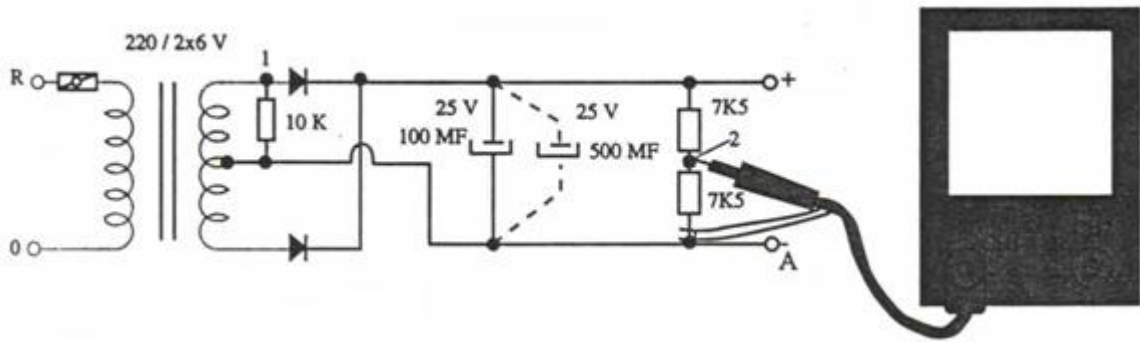




**Osiloskop ile DUAL modunda faz farkı ölçme**

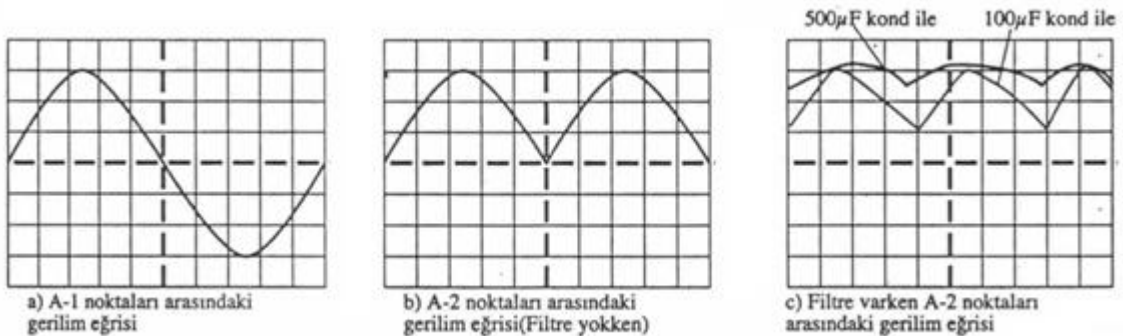
### **Değişik Özelliklerdeki DC ve AC Devrelerde Akım ve Gerilim Eğrilerinin İncelenmesi**

Osiloskolla çeşitli dalga şekillerini incelemek için, en uygun olanı bir adaptör devresinin çeşitli noktaları arasındaki gerilimleri incelemektir.



### **Bir adaptör devresinin çeşitli noktalarındaki gerilimlerin osiloskolla incelenmesi**

İncelemeyi yapabilmek için her bağlantıya ait gerilimi bir potansiyometre ve dirençle bölüp, (5- 10 V kadarını) cihazın propları ile CH1 veya CH2 kanallarına bağlayıp gerekli ayarlamalar yapılırsa, ekranda şekilde görülen eğriler elde edilir.



## BOBİNLER

Dış ısıya dayanıklı yalıtkan malzeme ile izole edilmiş Cu veya Al'dan oluşan ve halkalar halinde sarılan elemana bobin denir. Bir bobinin alternatif akımdaki direnci ile doğru akımdaki direnci arasında fark vardır.

Bobin doğru akım devresinde devre akımına sadece telin omik direnci kadar bir etki gösterir

( $I = \frac{U}{R}$ ), alternatif akımda ise çok büyük bir direnç gösterir ( $I = \frac{U}{X_L}$ ). Alternatif akımda  $X_L$

direnci etkilidir. Bir bobinin alternatif akıma karşı göstermiş olduğu zorluğa endüktif direnç (reaktans) denir.

$X_L = \omega.L = 2.\pi.f.L$  şeklinde ifade edilir. Akımın gerilimden geri kalmasına neden olur.

$X_L$  = Endüktif reaktans

$f$  = frekans (Hz)

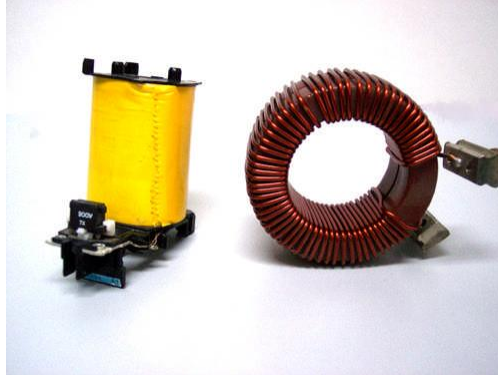
$L$  = Endüktans (Henry)

Bir bobinin omik direnci ile endüktif reaktansının birlikte gösterdikleri ortak etkiye empedans

denir,  $Z$  ile gösterilir  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$  şeklinde ifade edilir.

Endüktif reaktans sabit bir frekansta bobine ait bazı özellikleri belirler. Bobine ait özelliklerin tümü ( $L$ ) öz indükleme katsayısı ile ifade edilmiştir. Bunlar bobinin sarım sayısı, boyu ve nüvesidir. Bobinin özindükleme katsayısı (özindüktansı veya selfi) birimi Henry (H) dir.

Bobinin elektrik akımının değişimine karşı gösterdiği tepkiye **endüktans (L)** denir. Bobine doğru akım uygulandığı zaman, geçen akım yalnız bobinin omik direncine bağlıdır. Bobinde bir manyetik alan meydana gelirse de, geçen akımın değeri sabit olduğu için, meydana gelen manyetik alan da sabittir. Bu nedenle bobinde bir emk indüklenmez, dolayısıyla doğru akımda endüktif direnç ( $X_L$ ) yoktur. Akımın geçişine karşı zorluk yalnız omik direnç tarafından gösterilir.



### Bobinler

Bobine alternatif akım uygulandığı zaman, geçen değişken akım bobin etrafında değişken bir manyetik alan meydana getirir. Değişken alanın bobini kesmesiyle bobin üzerinde bir zıt emk indüklenir. Bu zıt emk kendisini meydana getiren etkiye (uygulanan gerilime) zıttır. Bu nedenle zıt elektromotor kuvveti adı verilir. Alternatif akımın frekansı arttıkça bobinin karşı koyma etkisi de artar.

Üzerinden alternatif akım geçen bir bobinde 1 sn'de 1 A'lık akım değişimi ile 1 V'luk gerilim indükleyen bobinin endüktansı 1 Henry'dir.

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l}$$

$N$  = Sarım sayısı (Amper sarım)

$\mu$  = Bobin nüvesinin geçirgenliği (Henry/metre)

$L$  = Endüktans (Henry)

$S$  = Bobin iletkeninin kesiti ( $m^2$ )

$l$  = Bobin iletkeninin boyu (m)

Bobinin endüktansı, bobinin spir sayıları, geçirgenliği, iletken kesiti ve iletkenin boyuna bağlıdır. Henry büyük bir değer olduğundan, Henry'nin binde biri (mH) ve milyonda biri (μH) kullanılır.

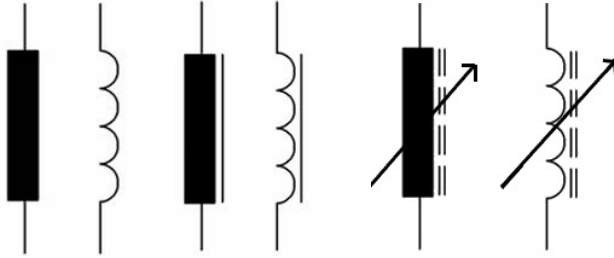
$$1 \text{ H} = 1000 \text{ mH} = 10^3 \text{ mH}$$

$$1 \text{ H} = 1000000 \text{ μH} = 10^6 \text{ μH}$$

Bir bobin yapılırken yalnız Henry olarak endüktans değerinden başka, kaç amperlik bir akıma dayanabilecekleri de göz önüne alınır. (Filtre devrelerinde kullanılan şok bobinleri, bütün indüktans bobinleri ve trafo sargıları)

Yalnız endüktif direnci olan bir devre ideal devre olarak düşünülür. Aslında bütün bobinler bir iletken yapıldığına göre az ve çok değerlerde bir omik direnci vardır. Bunların birbirleriyle seri bağlandığı düşünülüp, hesaplamalar ona göre yapılır. Böyle bir bobin alternatif akım devresine bağlandığında, devreden geçen akıma karşı bobinin omik direnci (R) ile endüktif direnci (X<sub>L</sub>) zorluk gösterir. Bobinin omik direnci ile endüktif reaktansının birlikte gösterdikleri bu ortak etkiye empedans (Z) denir. Alternatif akım devrelerinde endüktif bir devrenin ohm kanununa göre empedansı (direnci),

$$Z = \frac{U}{I} (\Omega)$$



**Bobin sembolleri**

### **BOBİN ÇEŞİTLERİ...**

Nüvelerinin durumuna göre bobinler,

**1- SABİT BOBİNLER:** Endüktansı ayarlanamayan bobinlerdir. Hava veya demir nüveli olarak yapılırlar.

**2- AYARLI BOBİNLER:** Nüvesi hareket ettirilerek endüktansı ayarlanan bobinlerdir. Nüve dışarı doğru hareket ettikçe endüktans değeri azalır, içeri doğru hareket ettikçe endüktans değeri artar. Ayarlı bobinler elektronik rezonans devrelerinde rezonans frekansını tutturmak için kullanılır. Tornavida ile ayarlanır.

Nüve şekillerine göre bobinler,

**1- HAVA NÜVELİ BOBİNLER:** Yüksek frekanslı devrelerde küçük endüktanslı bobinlerin elde edilmesinde kullanılırlar.

**2- DEMİR NÜVELİ BOBİNLER:** Demir nüve çeşitleri, dökme demir nüveli bobinler (radyo frekans devrelerinde), ferit nüveli bobinler (yüksek frekans devrelerinde), saç nüveli bobinler (transformatör, motor vb. yapımında) şeklindedir. Piyasada çok kullanılırlar

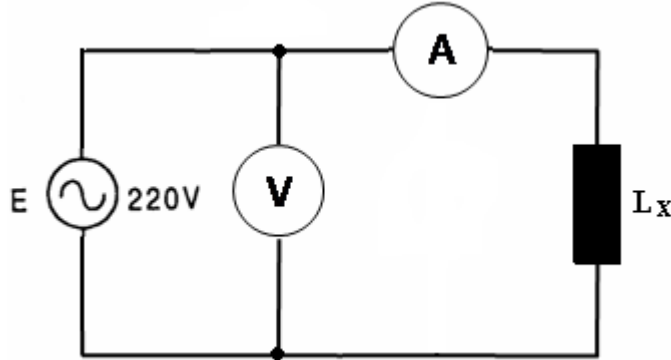
### **BOBİN ENDÜKTANSININ ÖLÇÜLMESİ**

#### **1- AMPERMETRE-VOLTMETRE METODU İLE ÖZ İNDÜKLEME KATSAYISINI ÖLÇMEK**

Herhangi bir bobinin direnci, omik ve endüktif dirençten oluşur. Yani saf endüktif değildir, R-L seri devresidir. Bu nedenle önce bir ohmmetre ile bobinin omik direnci ölçülür. Öz indükleme katsayısı ölçülecek bobin ampermetre ve voltmetre ile birlikte bir alternatif akım devresine bağlanır. Bobine frekansı belli bir alternatif gerilim uygulayarak, bu gerilimin bobinden geçirdiği akım şiddeti ölçülür. Ohm kanununa göre, bir bobinden geçen akım bobinin

empedansı ile ters, uçlarına uygulanan gerilimle doğru orantılıdır. Bobin alternatif akımda çok büyük bir direnç gösterir. Bobinin alternatif akımdaki direnci,

$$Z = \frac{U}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$$



Bobin doğru akım devresinde devre akımına sadece telin omik direnci kadar  $(I = \frac{U}{R})$  bir etki gösterir. Alternatif akımda endüktif direnci ( $X_L$ ) etkilidir

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ (rd/sn)}$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} \text{ (H)}$$

$\omega$  = Açısal hız

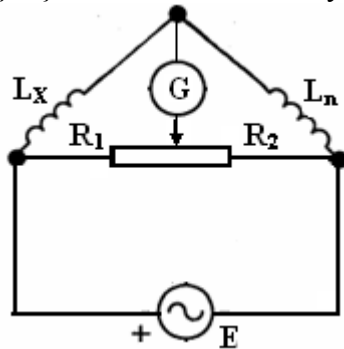
$X_L$  = Endüktif reaktans ( $\Omega$ )

$f$  = Frekans (Hz)

$L$  = Endüktans (Henry)

## 2- KARŞILAŞTIRMA METODU (KÖPRÜ YÖNTEMİ) İLE ÖZ İNDÜKLEME KATSAYISINI ÖLÇMEK

Bu ölçme sistemi, öz indükleme katsayısı bilinen bir bobin ile öz indükleme katsayısı bilinmeyen bir bobinin karşılaştırılması sistemine dayanır.



**Endüktans karşılaştırma köprüsü**

Köprüye DC gerilim uygulayıp,  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri de ayarlanarak galvanometrenin sıfır göstermesi sağlanır. Köprünün denge durumunda bilinmeyen öz indükleme bobininin omik direnci bulunmuş olur.

Köprüye AC gerilim uygulanır, reosta ile ampermetrenin sapmama durumu sağlanır. Köprü dengede olduğunda, karşılıklı kolların kompleks empedanslarının çarpımları birbirine eşittir.

$$\frac{L_X}{L_n} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow L_X = L_n \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$L_n$  = Değeri bilinen (self) öz indükleme bobini

$L_X$  = Değeri hesaplanacak (self) öz indükleme bobini

$R_1, R_2$  = Ayarlı dirençler

## KONDANSATÖRLER

Yalıtkan bir madde ile birbirinden ayrılmış iki madensel levhadan oluşmuş elemana kondansatör denir. Bu iki levhanın arasındaki izole madde hava, kağıt, cam, mika, yağ gibi herhangi bir yalıtkan (dielektrik) madde olabilir.

Kondansatörler elektrik enerjisini depo etmek için kullanılır ve her kondansatörün depo ettiği enerji miktarı farklılık gösterir. Kondansatörlerin depo edecekleri enerji miktarını kapasitesi belirler. Kondansatörün elektrik enerjisini depo edebilme özelliğine (kondansatörün toplayabileceği enerji miktarına) **kapasite** denir. Kapasite (**C**) harfi ile gösterilir, birimi Farad (**F**) dır.



**Kondansatörler**

Bir kondansatörün levhalarına aldığı elektrik yükünün ( $Q$ ), levhalar arasındaki potansiyel farkına ( $U$ ) oranına kapasite (sığa) denir.

$$C = \frac{Q}{U} \text{ (F)}$$

1 V'luk potansiyel farkı altında bir kondansatörün levhalarında 1 kulonluk elektrik yükü toplayan kondansatörün kapasitesi 1 Farad'dır. Kapasitesi 1 Farad olan bir kondansatörün fiziki ölçüleri çok büyük ve yapımı da oldukça güçtür. Bu nedenle 1 Farad'ın kullanılışı genel olarak tarif ve hesaplamalarda kalır. Pratikte Farad'ın askatları olan mikroyarad ( $\mu\text{F}$ ), nanofarad (nF) veya pikofarad (pF) kullanılır

$$1 \text{ F} = 1000000 \mu\text{F} = 10^6 \mu\text{F}$$

$$1 \text{ F} = 1000000000 \text{ nF} = 10^9 \text{ nF}$$

$$1 \text{ F} = 1000000000000 \text{ pF} = 10^{12} \text{ pF}$$

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \mu\mu = 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF} = 1000 \text{ pF} = 10^3 \text{ pF}$$

$$1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1 \mu\text{F} = 1000 \text{ nF} = 10^6 \text{ pF}$$

$$100 \mu\text{F} = 0,1 \text{ mF}$$

$$1000 \text{ nF} = 1 \mu\text{F}$$

$$33 \text{ nF} = 33000 \text{ pF}$$

$$220 \mu\text{F} = 220000000 \text{ pF}$$

$$470 \text{ nF} = 470000 \text{ pF}$$

Kondansatörün kapasitesi, levha yüzeyinin büyük ve aralarındaki uzaklığın küçük olmasıyla arttırılabilir. Kondansatörün kapasitesine etki eden faktörler,

- 1- Kondansatör levha yüzeyinin büyüklüğü
- 2- Levhalar arasındaki uzaklık
- 3- Levhalar arasındaki maddenin dielektrik katsayısı

$$C = 8,85 \cdot \frac{\epsilon_r \cdot S}{d}$$

$\epsilon_r$  = Kullanılan yalıtkanın bağıl dielektrik katsayısı

$S$  = Plakaların yüzey büyüklüğü ( $\text{m}^2$ )

$d$  = Kondansatör plakaları arasındaki mesafe (m)

Plaka olarak iletkenliği iyi olan metaller tercih edilir. Alüminyum ucuz ve neme karşı dayanıklı olduğundan kondansatör yapımında çok kullanılır.



Kondansatör doğru akım devrelerinde, akım geçirmez. Alternatif akım devrelerinde ise akımın geçişine karşı zorluk gösterir. Kutupsuz kondansatörlerin alternatif akıma karşı gösterdikleri zorluğa kapasitif direnç (reaktans) denir.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \text{ } (\Omega) \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Kondansatörler, elektrik enerjisini yük olarak üzerinde depo ederler.

$$C = \frac{Q}{U} \text{ (F)}$$

Devre empedansı,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \text{ } (\Omega)$$

Kondansatörün omik direnci küçük olduğundan ihmal edilir. Bu durumda  $Z = X_C$  olur

$$Z = \frac{U}{I}$$

$$Z = X_C$$

$$X_C = \frac{U}{I}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \text{ } (\Omega)$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} \text{ (F)}$$

Kapasite doğru akım geçirmez.

$$I = \frac{U}{X_C} \text{ eşitliğinde } \Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$f = 0$  olduğundan  $\omega = 0$  dır, dolayısıyla akımda sıfır olur. Kapasite yüksek frekanslı akımları kolaylıkla geçirir.  $\omega$  büyük olursa,  $X_C$  küçülür,  $I$  büyür. Kondansatör bir DC kaynağa bağlandığında devreden geçici olarak ve gittikçe azalan bir akım geçer.

Akımın kesilmesinden sonra kondansatörün plakaları arasında, kaynağın gerilimine eşit bir gerilim oluşur. Bu olaya kondansatörün şarj olması, bu kondansatöre de şarjlı kondansatör denir.

Kondansatörler şarj olduktan sonra, plakalarını bir iletken ile birleştirdiğimizde, negatif yüklü plakadan pozitif yüklü plakaya doğru bir elektron akışı olur. Bu elektron akışı sonunda kondansatör ısınır. Kondansatörde depolanan enerji, plakaları birleştiren iletkende ısı şeklinde kendini gösterir.

Depolanan bu enerji,

$$W = \frac{1}{2} . C . E^2$$

$W$  = Kondansatörde depolanan enerji (joule)

$C$  = Kondansatörün kapasitesi (Farad)

$E$  = Kondansatörün gerilimi (V)

Kondansatörlerin çalışma gerilimi, kondansatöre uygulanacak maksimum gerilimdir. Çalışma geriliminin üzerine çıktığında, kondansatörün ömrü azalır, hatta ark oluşarak kondansatör patlar. Patlama geriliminin değeri, plakalar arasındaki dielektrik maddenin cinsine ve kalınlığına göre değişir. Dielektrik dayanımı kV/mm cinsinden ölçülür. Kondansatörler çalışma sıcaklığının üzerinde çalıştırılmamalıdır, aksi halde kondansatörün ömrü azalır.

Bir kondansatör DC kaynağı ile şarj edildiğinde, kondansatörün şarjı uzun süre kalmaz. Kaçak akım nedeniyle yavaş yavaşdeşarj olur. Kaçak akım kaçak direnç nedeni ile geçer ve devreye paralel bağlı bir direnç gibi etki yapar. Sıcaklığın artmasıyla kaçak akım da artar.

İzolasyon direnci kondansatör plakalarının ve dielektriğinin dirençlerinin toplamıdır. Kondansatöre seri bağlı bir direnç gibi düşünülür. İyi bir kondansatörde izolasyon direnci sıcaklık ve frekans ile değişir.

İdeal bir kondansatör uçlarındaki gerilim, içinden geçen akımdan  $90^0$  geridedir. Pratikte ise, kondansatörlerin izolasyon ve kaçak dirençleri olduğundan, bu açı  $90^0$  den küçüktür. Akım ve gerilim arasındaki bu açığı  $\phi$  açısı denir.  $\cos\phi$  değerine güç faktörü (güç katsayısı) denir. Kondansatörlerde izolasyon ve kaçak dirençler ısı ve frekans ile değiştiğinden, güç katsayısı da frekans ve sıcaklığa bağlıdır.

## **KONDANSATÖRLERİN KULLANMA YERLERİ**

Gerilim katlayıcı devrelerde, zamanı geciktirme devrelerinde, doğrultucu devrelerinde, kuplaj devrelerin akım ve gerilim arasında faz kaydırılmasında, bir fazlı motorların ilk hareketini sağlamada, güç katsayısı düzeltmede vb. yerlerde kullanılır

## **KONDANSATÖRLERİN OKUNMASI**

Kondansatörlerin kapasite değerleri ve çalışma gerilimleri genellikle üzerinde yazılıdır. Yazılı değilse renklerle veya rakamlarla ifade edilir.

Elektrolitik kondansatörlerde kapasite, kutup uçları ve gerilim değerleri üzerinde yazılmıştır. (100  $\mu$ F/50 V, 470  $\mu$ F/250 V gibi)

Seramik ve Mikalı kondansatörlerde, kondansatörün değeri üzerine rakamla yazılır. (4n6- 2,2- 102 gibi)

Üç rakamlı ise, ilk iki rakam sayıyı, üçüncü rakam ise çarpanı belirtir. Çıkan değer pikofarad dır. Ayrıca seramik ve mikalı kondansatörlerin bazılarında çalışma gerilimleri de belirtilmektedir. (10 n, 35 V gibi)

Seramik ve Mikalı kondansatör okuma örnekleri,

$$203 = 20 \cdot 10^3 = 20000 \text{ pF} = 20 \text{ nF}$$

$$403 = 40 \cdot 10^3 = 40000 \text{ pF} = 40 \text{ nF}$$

$$262 = 26 \cdot 10^2 = 2600 \text{ pF} = 2,6 \text{ nF}$$

$$4n6 = 4,6 \text{ nF}$$

$$102 = 1000 \text{ pF}$$

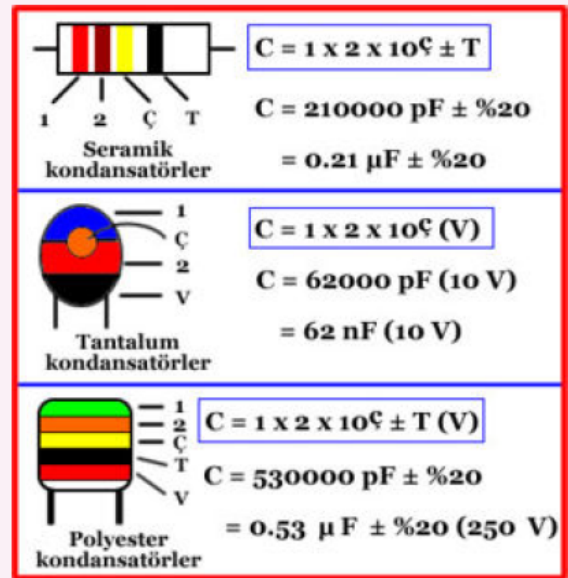
$$,001 = 0,001 \mu\text{F}$$

Renklerle gösterilen kondansatörün renk kodları ve sayısal değerleri tablo halinde verilmiştir.

Renk	1.bant Tamsayı	2.bant Tamsayı	3.bant Tamsayı	4.bant % Tolerans	5.bant (volt)
Siyah	0	0	$10^0$	20	-
Kahverengi	1	1	$10^1$	1	100
Kırmızı	2	2	$10^2$	2	200
Turuncu	3	3	$10^3$	3	300
Sarı	4	4	$10^4$	4	400
Yeşil	5	5	$10^5$	5	500
Mavi	6	6	$10^6$	6	600
Mor	7	7	$10^7$	7	700
Gri	8	8	$10^8$	8	800
Beyaz	9	9	$10^9$	9	900
<u>Altın</u>	-	-	$10^{-1}$	5	-
<u>Gümüş</u>	-	-	$10^{-2}$	10	-

### Renk Kodları Standardı

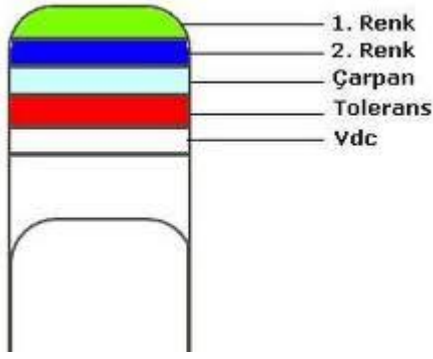
Renk	Değer	Çarpan	Seramik		Tantalum		Polyester	
			T	V	T	V	T	V
Siyah	0	$10^0$	2 pF	-	10 %	10 V	20 %	-
Kahve	1	$10^1$	% 1	-	1 %	-	-	100 V
Kırmızı	2	$10^2$	% 2	-	2 %	-	-	250 V
Turuncu	3	$10^3$	-	-	-	-	-	-
Sarı	4	$10^4$	-	-	-	6.3 V	-	400 V
Yeşil	5	$10^5$	% 5	-	5 %	16 V	5 %	-
Mavi	6	$10^6$	-	-	-	20 V	-	-
Mor	7	$10^7$	-	-	-	-	-	-
Gri	8	0.01	-	-	-	25 V	-	-
Beyaz	9	0.1	% 10	-	% 10	3 V	% 10	-



### Kondansatör Üzerindeki Renklerin Okunması

Kondansatörlerin kapasite, voltaj ve tolerans değerleri renk bantları ile kodlanırken, dirençlerde olduğu gibi her rengin bir değeri vardır. Okunan değerler pF birimindedir.



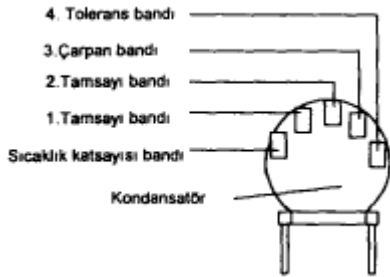


**Üç renk bandı:** Bu şekilde yapılan kodlamalarda ilk iki bant birinci ve ikinci sayı, üçüncü bant ise çarpanıdır.

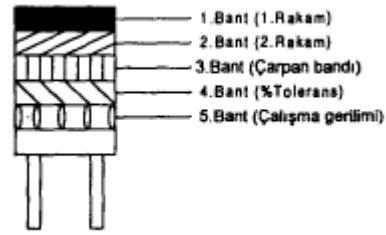
**Dört renk bandı:** İlk iki renk birinci ve ikinci sayı, üçüncü renk çarpan, dördüncü renk ise tolerans değerini belirtir.

**Beş renk bandı:** İlk iki renk birinci ve ikinci sayı, üçüncü renk çarpan, dördüncü renk tolerans, beşinci renk ise çalışma voltajını belirtir.

**Altı renk bandı:** İlk iki renk birinci ve ikinci sayı, üçüncü renk çarpan, dördüncü renk tolerans, beşinci renk çalışma voltajı ve altıncı renk de sıcaklık katsayısını belirtir.



**Daire tip kondansatörde renk kodları**



**Silindir tip kondansatörde renk kodları**

1.Bant ⇒ **Kırmızı (2)**

2.Bant ⇒ Gri (8)

3.Bant ⇒ **Turuncu ( $10^3$ )**

4.Bant ⇒ Gümüş (% 10)

5.Bant ⇒ **Kırmızı (200 V)**

Kondansatörün değeri.  $28 \cdot 10^3 \text{ pF} = 28000 \text{ pF}$

Toleransı  $\pm \% 10$

$28000 \cdot 0,10 = 2800$

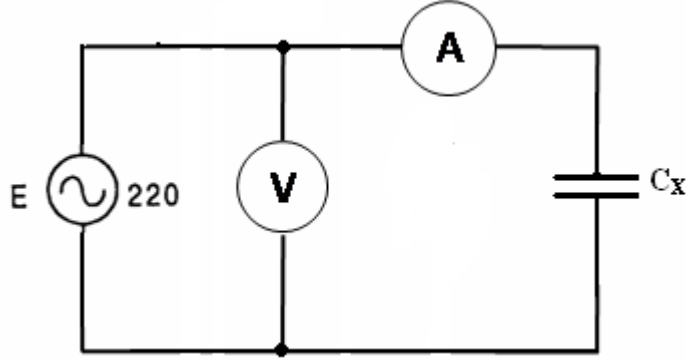
Olabilecek en küçük değer:  $28000 - 2800 = 25200 \text{ pF}$

Olabilecek en büyük değer:  $28000 + 2800 = 30800 \text{ pF}$

Kondansatör gerilimi: 200 V

## KAPASİTE ÖLÇMEK

### 1- AMPERMETRE-VOLTMETRE METODU İLE KAPASİTE ÖLÇMEK



Herhangi bir kondansatörün kapasitesini (C), o kondansatörün kapasitif direncini ( $X_C$ ) ölçerek bulabiliriz. Kondansatöre frekansı belli bir alternatif gerilim uygulayarak, bu gerilimin kondansatörden geçirdiği akım şiddeti ölçülür. Kondansatöre uygulanacak gerilim, üzerinde yazılı olan değerden fazla olmamalıdır. Ohm kanununa göre, bir kondansatörden geçen akım, kondansatörün kapasitif direnci ile ters, uçlarına ile uygulanan gerilimle doğru orantılıdır.

$$Z = X_C$$

$$Z = \frac{U}{I} (\Omega) \Rightarrow X_C = \frac{U}{I} (\Omega)$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} (\Omega) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} (\Omega)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} (F)$$

$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} (\mu F)$$

$\omega$  = Açısal hız

$X_C$  = Kapasitif reaktans ( $\Omega$ )

f = Frekans (Hz)

C = Kapasitans (Farad)

**ÖRNEK:** Devrede K anahtarı kapatıldığı zaman  $U = 220$  V,  $I = 2,1$  A ölçülmüştür.  $f = 50$  Hz olduğuna göre, kondansatörün kapasitesini  $\mu F$  birimiyle hesaplayınız.

$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{220}{2,1} = 104,8 \Omega$$

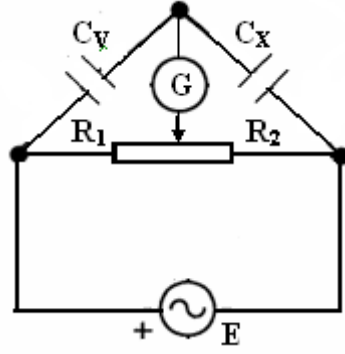
$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 104,8} = 30 \mu F$$

**ÖRNEK:**  $U = 220$  V,  $I = 0,14$  A,  $f = 50$  Hz olduğuna göre, kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.

$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,14} = 1571,4 \Omega$$

$$C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1571,4} = 2 \mu F$$

## 2- KARŞILAŞTIRMA METODU(KÖPRÜ YÖNTEMİ) İLE KAPASİTE ÖLÇMEK



**Kapasite köprüsü**

Bu ölçme sistemi, kapasite değeri bilinen bir kondansatör ile kapasitesi bilinmeyen bir kondansatörün karşılaştırılması sistemine dayanır. Telli weston köprüsüne frekansı belli bir alternatif gerilim uygulanır. Reosta ile ampermetrenin sapmama durumu sağlanır. Böylece köprü dengeye getirilir. Köprü dengede olduğunda karşılıklı dirençlerin çarpımları birbirine eşittir.

$$C_V \cdot R_2 = C_X \cdot R_1 \quad \Rightarrow \quad C_X = C_V \cdot \frac{R_2}{R_1} \text{ (F)}$$

$C_V$  = Değeri bilinen kondansatör kapasitesi

$C_X$  = Değeri hesaplanacak kondansatör kapasitesi

$R_1, R_2$  = Ayarlı dirençler

Kondansatörlerin kapasitif dirençlerinden başka, dielektrik maddeye ait kaçak dirençleri de vardır. Bu dirençler de aynı köprü ile bulunabilir. Köprünün dengede olması durumunda,

$$R_1 \cdot r_X = R_2 \cdot r_V \quad \Rightarrow \quad r_X = r_V \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$r_X = C_X$  kondansatörünün kaçak direnci

$r_V = C_V$  kondansatörünün kaçak direnci

Kapasite ölçmek için yapılmış kapasite köprüleriyle de aynı işlem yapılır.

### DOĞRUDAN DOĞRU YAKIN SELF VE KAPASİTE ÖLÇMEK

Self ve kapasite ölçen kombine aletlere self ve kapasite köprüleri denir. Bu ölçü aletlerine İNKAVİ ölçü aleti veya LCR metre adı da verilir.

Elektrik devrelerinde değişik amaçlar için kullanılan ve alıcı olarak görev yapan direnç, bobin ve kondansatörün; direnç, endüktans ve kapasite değerlerini ölçen ölçü aletleridir. Lcrmetre ile doğru ölçüm yapabilmek için uygun kademe seçimi yapılmalıdır. (LCR) Simgesiyle gösterilir.

### Endüktans Değerinin Ölçülmesi

Endüktans değeri de aynen direnç değerinde olduğu gibi kesinlikle enerji altında olmadan LCR metre veya endüktans ölçme özelliğine sahip avometreler ile yapılabilmektedir. Endüktans ölçerken aynen direnç ölçümündeki teknikler uygulanmaktadır. LCR metre olmadığı durumda endüktans ölçme özelliğine sahip avometre ile aynen LCR metrede olduğu gibi ölçüm yapılabilir. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken husus, bu özelliğe sahip avometrelerde endüktansı ölçülecek bobin, problara değil  $L_X$  olarak gösterilen bağlantı noktasına bağlanmalıdır.



**Avometre ve LCR metre ile endüktans ölçme**

### **LCR metre ile Endüktans Değerinin Ölçülmesi**

LCR metreler ile endüktans ölçülürken ölçülecek endüktans değerine uygun kademe seçilir, eğer endüktans değeri için seçilen kademe küçük ise değer ekranında "1", kademe büyük ise "0" değeri görülür. Bu durumlarda seçilen kademe büyütülerek ya da küçültülerek ölçüm tamamlanır.

LCR metre ile bobinin endüktansını (L) ölçtüğünüzü, endüktansında alternatif akımın değişimine karşı gösterilen zorluk olduğunu unutmayın.

### **Kapasitesinin Ölçülmesi**

Kondansatör kapasitesi değişik ölçü aletleri ve teknikler ile ölçülebilir. Bunlardan en pratik olan yöntem LCR metre ya da kapasite ölçümü yapabilen avometre kullanmaktır. Ayrıca sadece kapasite ölçümü yapan kapasite metrelerde bulunmaktadır. Bu ölçü aletlerin hepsinde de kademe seçimi ve ölçme tekniği aynı olup direnç ve endüktans ölçümünde olduğu gibi uygun kademe seçimi yapılır. Kondansatör uçları LCR metrede problarına ya da ölçüm noktasına, avometrelerde yalnız ölçüm noktasına bağlandıktan sonra değer ekranından sonuç okunur.



**Avometre ve LCR metre ile kapasite ölçümü**

## **LCR Metre ile Kapasite Ölçümü**

LCR metrelerde kapasite ölçümü, endüktans ölçümünden farklı değildir. Kapasite ölçümü yapılırken burada da ölçülecek değere uygun kademeyi seçmek ve ölçümü bundan sonra başlatmak hızlı ve doğru bir ölçüm yapılmasını sağlayacaktır. Kademe seçiminden sonra ölçüm yapıldığında değer ekranında kapasite değeri yerine “1” ifadesi görmeniz aynen direnç ve endüktans ölçümünde olduğu gibi küçük bir kademe, “0” ifadesinin görülmesi büyük bir kademe seçildiğini gösterir. Aynı zamanda okunan değerde hassasiyet arttırılmak isteniyorsa (100 µF yerine 99,2 µF gibi) kademe küçültülerek bu hassasiyet arttırılabilir.

## **GÜÇ VE İŞ (ENERJİ) ÖLÇMEK GÜÇ ÖLÇMEK**

Elektrik enerjisini bir elektrik motoruna uygularsak dönerek veya bir elektrik sobasına uygularsak ortamı ısıtarak iş yapar. Elektrik enerjisi bir iş yaptığı sürece, bir güce sahiptir. Birim zamanda (saniyede) yapılan elektrik işine güç denir. Gücün birimi watt (W) dır. Gücü ölçmek için elektriğin iki ana büyüklüğünü ölçmek gerekir. Bu büyüklükler gerilim ve akım şiddetidir. Bir devrede harcanan güç, o devrenin akımı ve gerilimi ile orantılıdır. Güç akım çeşidine göre iki ayrı şekilde ölçülür.

**1- DC Devrelerde Güç Ölçmek**

**2- AC Devrelerde Güç Ölçmek**

DC devrelerde ve alternatif akımın omik devrelerinde güç  $P = U.I$  dır. Alternatif akımın endüktif ve kapasitif veya karışık devrelerinde güç  $P = U.I \cos\phi$  dir.  $\cos\phi$  güç katsayısıdır. Gücün ölçülmesinde ampermetre, voltmetre, AC devrelerde ayrıca  $\cos\phi$  metre kullanılır. Gücün doğrudan doğruya ölçülmesinde wattmetre kullanılır.

## **DC DEVRELERDE GÜÇ ÖLÇMEK**

Doğru akımın kullanım alanları oldukça daralmıştır. Elektrodinamik tip wattmetreler, hem doğru hem de alternatif akımda güç ölçebilirler. Endüksiyon tipi wattmetreler ise; döner alan prensibine göre çalıştıklarından sadece alternatif akımda güç ölçebilirler.

Doğru akım devrelerinde faz farkı ve güç katsayısı gibi etkenler olmadığından güç  $P = U.I$  formülü ile hesaplanır. DC devrelerde güç iki şekilde ölçülür.

**1- Ampermetre – Voltmetre metodu ile güç ölçmek**

**2- Wattmetre ile güç ölçmek**

## **1- AMPERMETRE – VOLTMETRE METODU İLE GÜÇ ÖLÇMEK**

Doğru akım devrelerinde güç  $P = U.I$  formülü ile hesaplanır. Bir alıcının akımı ile geriliminin çarpımı gücü verir. Büyük güçlü alıcıların gücünün ölçülmesinde kullanılan ampermetre ve voltmetrenin çekeceği güç dikkate alınmaz. Bu nedenle ölçüm sonucunda herhangi bir problem oluşturmaz. Fakat küçük güçlü alıcıların ölçülmesinde devreye bağlanan voltmetrenin çekeceği güç sonucu etkileyeceğinden, devreye yükleme etkisi en az olan (direnç sonsuz) dijital elektronik voltmetreler kullanılmalıdır. Bu metotla güç ölçmek, ölçü aletlerinin devreye bağlanma şekline göre iki şekilde yapılır.

Büyük akımlı devrelerde ampermetre önce, küçük akımlı devrelerde ampermetre sonra bağlanır.

## **1- AMPERMETREYİ ÖNCE BAĞLAMA**

Ölçü aletlerinden okunan akım ve gerilim değerlerinin çarpımı devrenin gücünü verir.

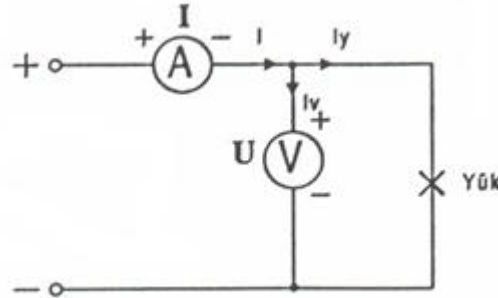
$$P = U.I \text{ (W)}$$

Ampermetre hem yükün çektiği akımı, hem de voltmetreden geçen akımı gösterdiğinden, hesaplanan güç devrede kaybolan güçlerin toplamıdır.

$$I = I_y + I_v$$

$$P = U \cdot (I_y + I_v) = U \cdot I_y + U \cdot I_v$$

Yükün gücü,  
 $U \cdot I_y = P - U \cdot I_v$



### Ampermetre önce bağlama

Bu metotta yapılan hata, voltmetrenin harcadığı güç kadardır. Yüksek akımlı, büyük güçlü devrelerde voltmetreden geçen akım ( $I_v$ ) çok küçük olduğundan, voltmetrenin gücü ölçülen gücün yanında çok küçük olur. Bu nedenle ihmal edilebilir. Bu durumda ampermetre ve voltmetreden okunan değerlerin çarpımı, yükün gücünü verir.

$$U \cdot I_v = 0 \Rightarrow P = U \cdot I \text{ (W)}$$

Devrenin gücü çok küçük ise ve çok hassas ölçme isteniyorsa, ya elektrostatik voltmetre ile ölçme yapılır ya da voltmetrenin güç kaybı hesaplanır. Büyük güçlü devrelerin ölçülmesinde önce bağlama metodu kullanılır.

Voltmetreden geçen akım,

$$I_v = \frac{U}{R_v} \text{ (A)}$$

$$U \cdot I_y = P - U \cdot \frac{U}{R_v} = P - \frac{U^2}{R_v}$$

Bu ölçmede, meydana gelen hatanın mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için,  $I$  akımının büyük,  $U$  geriliminin küçük ve voltmetre direncinin büyük olması gerekir.

Voltmetrede kaybolan enerji  $\frac{U^2}{R_v}$  daima sabit kalır. Çünkü voltmetrenin iç direnci ( $R_v$ ) ve

ölçme sırasında uygulanan gerilim ( $U$ ) sabittir. Gerilim sabit kaldığı sürece, bütün değişik ölçmelerde, voltmetredeki güç kaybı her an sabit kalacağından, devrenin gücü hassas olarak tespit edilebilir. Bu metot daha çok yüksek akım ve küçük gerilimli alıcı güçlerinin ölçülmesinde kullanılır.

## 2- AMPERMETREYİ SONRA BAĞLAMA

Ölçü aletlerinden okunan akım ve gerilim değerlerinin çarpımı devrenin gücünü verir.

$$P = U \cdot I \text{ (W)}$$

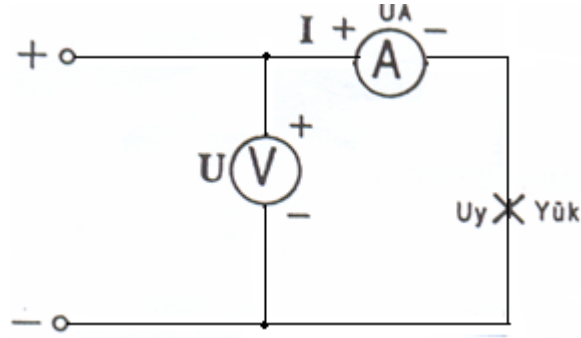
Voltmetre hem yük uçlarındaki gerilimi hem de ampermetrede düşen gerilimi gösterdiğinden, hesaplanan güç devrede kaybolan güçlerin toplamıdır.

$$U = U_y + U_A$$

$$P = (U_y + U_A) \cdot I = U_y \cdot I + U_A \cdot I$$

Yükün gücü,

$$U_y \cdot I = P - U_A \cdot I$$



**Ampermetre sonra bağlama**

Bu metotta yapılan hata, ampermetrenin harcadığı güç kadardır. Ampermetrenin iç direnci ( $R_A$ ) çok küçük olduğundan, içinden geçen akım da küçük olduğu sürece, üzerinde ihmal edilebilecek kadar küçük gerilim düşümü olur. Büyük güç ölçmelerinde ampermetredeki güç kaybı ihmal edilir. Bu durumda ampermetre ve voltmetreden okunan değerlerin çarpımı, yükün gücünü verir.

$$U_A \cdot I = 0 \Rightarrow P = U \cdot I \text{ (W)}$$

Küçük güçlü devrelerin ölçülmesinde sonra bağlama metodu kullanılır. Ampermetrenin güç kaybı hesaplanır.

Ampermetrede düşen gerilim,

$$U_A = I \cdot R_A \text{ (V)}$$

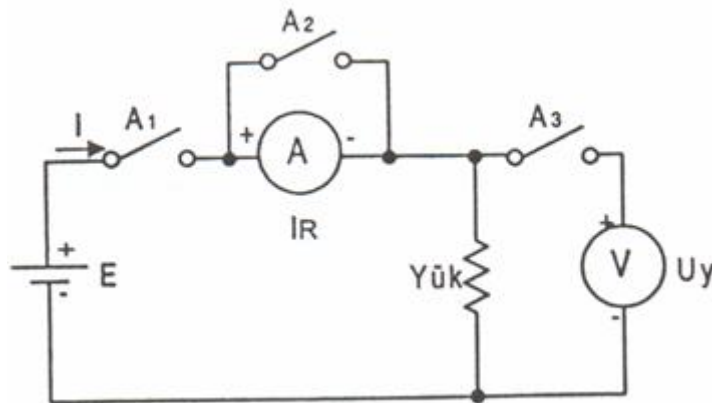
$$U_y \cdot I = P - I \cdot R_A \cdot I = P - R_A \cdot I^2$$

Bu ölçmede meydana gelen hatanın mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için, U geriliminin büyük, I akımının küçük ve ampermetre direncinin küçük olması gerekir.

Ampermetrede ısı şeklinde kaybolan güç  $R_A \cdot I^2$ , alıcının çektiği akımla doğru orantılı olarak değişir, yani sabit değildir. Bu metot daha çok yüksek gerilimli, küçük akımlı alıcı güçlerinin ölçülmesinde kullanılır.

Kullanılan ölçü aletleri dijital ise, ampermetreyi önce veya sonra bağlamada ölçülen değerler açısından bir fark olmaz. Ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerlerin çarpımı gücü verir.

Daha doğru bir ölçme için şekildeki devre kurulur.  $A_1$  anahtarı devreyi açıp kapatır.  $A_1$  anahtarı kapatılarak ampermetrenin gösterdiği değer alınır. Bu konumda voltmeter devrede olmadığından, devreye herhangi bir etkisi yoktur, geçen akımı arttırmaz.  $A_2$  anahtarı kapatılarak ampermetre kısa devre edilir. Böylece ampermetre üzerinde gerilim düşümü olmaz.  $A_2$  anahtarı kapalıyken  $A_3$  anahtarı da kapatılarak voltmetrenin ölçtüğü gerilim değeri alınır. Böylece daha doğru akım ve gerilim ölçülmüş olur. Yükün gücü  $P = U \cdot I$  eşitliğinden hesaplanır. Bu ölçme tekniğinde kesinlikle hiçbir hata söz konusu değildir.



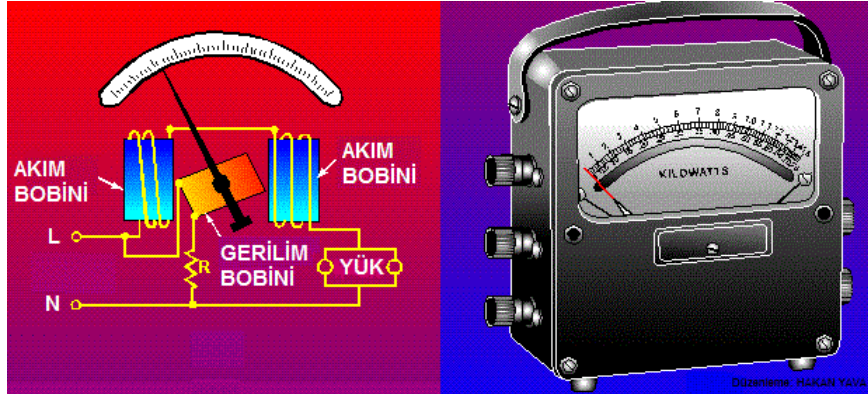
**Ampermetre- Voltmetre metodu ile güç ölçmek**

## WATTMETRE İLE GÜÇ ÖLÇMEK

Doğrudan doğruya güç ölçen ölçü aletine wattmetre denir. DC devrelerde güç  $P = U \cdot I$  (W) olduğundan, güç ölçümünde aynı anda akım ve gerilimin ölçülmesi gerekir. Bu nedenle wattmetreler akım ve gerilim bobini olmak üzere iki bobinden meydana gelmiştir. Akım bobini kalın kesitli, az spirli olarak sarılıp, devreye seri olarak bağlanır. Gerilim bobini ince kesitli, çok spirli olarak sarılıp, devreye paralel olarak bağlanır. Akım bobini sabit, gerilim bobini hareketlidir.



Gerilim bobininin uçları doğrudan doğruya şebekeye bağlandığından, bu bobinin meydana getirdiği manyetik alan şiddeti sabittir. Akım bobininin meydana getirdiği manyetik alan şiddeti ise, alıcının çekmiş olduğu akıma bağlıdır. Akım ve gerilim bobinlerinin oluşturduğu manyetik alanlar birbirine paralel olmaya çalışacaklarından, devrenin gücüne göre ibre saat ibresi yönünde sapar. Ölçü aleti devreye bağlandığı zaman, akım ve gerilim bobinlerinin elektromanyetik kuvvetlerinin etkisinden dolayı alet içerisinde bir döndürme kuvveti meydana gelir. Hareketli bobin ve buna bağlı gösterge, bu iki alanın etkisi altında kalarak döner. Her iki bobinin alan şiddeti artırılırsa döndürme kuvveti de artar. Göstergenin sapma değeri hem akım hem de gerilimle orantılıdır.



Doğru akım devrelerinde en çok elektrodinamik wattmetreler kullanılmaktadır. Elektrodinamik wattmetreler hem DC de hem de AC de güç ölçümü yapabilirler. Akım bobini sabit, gerilim bobini ise hareketlidir. Endüksiyon tipi wattmetreler, döner alan prensibine göre çalıştıklarından sadece alternatif akımda güç ölçümü yapabilirler. Dijital wattmetrelerde kademe komütatörü ayarlandıktan sonra ölçülen değer doğrudan okunur. Analog wattmetrelerde ise, ibrenin gösterdiği değer kaç ile çarpılacağı wattmetre üzerindeki kademelere göre belirtilmiştir.

Wattmetrelerde akım ve gerilim bobinlerinin ölçme alanları genişletilmiştir. Ölçü aleti hangi akım ve gerilim kademesinde çalışıyorsa, ibrenin gösterdiği değeri buna göre okumak gerekir. Çeşitli akım ve gerilim kademelerine göre ölçme yapan bazı wattmetrelerin akım ve gerilim kademelerinin uçları dışarıya çıkarılmıştır. Gerilim devresi için bir adet ortak sıfır ucu bulunur.



Doğrudan doğruya güç ölçen wattmetreler gücü watt (W), kilowatt (kW), megawatt (MW) cinsinden ölçerler. Kadransları üzerinde W, kW, MW gibi harfler yazılıdır.

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \mu\text{W} = 10^{-6} \text{ W}$$

$$1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$$

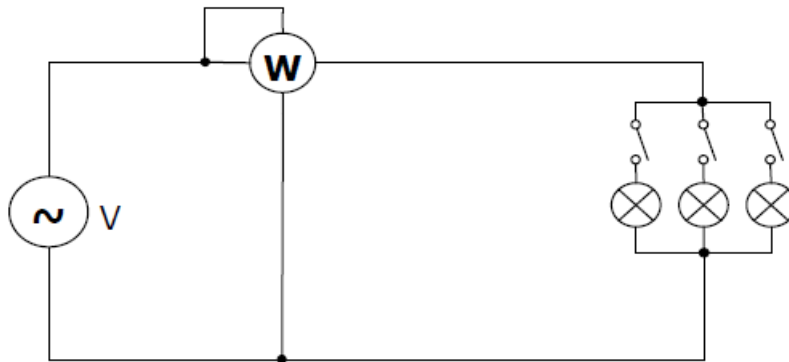


Analog ve Dijital Wattmetre

Wattmetreler bir ve üç fazlı olmak üzere iki çeşittir. Yapılarına göre 4 çeşittir.

- 1- Elektrostatik wattmetreler
- 2- Elektrodinamik wattmetreler
- 3- İndüksiyon wattmetreler
- 4- Dijital wattmetreler

Elektrostatik ve indüksiyon wattmetrelerin kullanım sahaları azdır. Uygulamada bir fazlı alternatif akım devreleri ile doğru akım devrelerinde elektrodinamik wattmetreler, üç fazlı alternatif akım devrelerinde indüksiyon wattmetreler çok kullanılır. Dijital wattmetreler genelde bir fazlı devrelerde çalışacak şekilde yapılmıştır.



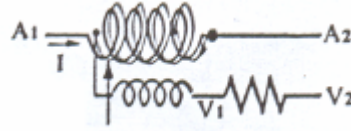
Wattmetrenin devreye bağlanması

Akım ve gerilim bobinleri, ampermetre-voltmetre metodunda olduğu gibi birbirlerine iki şekilde bağlanırlar. Büyük akımlı, büyük güçlü devrelerde akım bobini önce, küçük akımlı, küçük güçlü devrelerde ise akım bobini sonra bağlanır. Böylece ölçme hatası en aza indirilmiş olur.

Akım bobini önce bağlı devrede hata, voltmetrenin sarfiyatı kadar fazladır. Akım bobini sonra bağlı devrede hata, akım bobininin sarfiyatı kadar fazladır. Hassas ölmelerde,

ampermetre ve voltmetre bobininin bu fazla güçleri tespit edilip wattmetrenin gösterdiği değerden çıkarılır. Kaba ölçmelerde buna gerek yoktur. Wattmetre ile güç ölçmede ampermetre-voltmetre metoduna göre sadece okuma hatası yarıya iner, diğer hatalar aynen mevcuttur.

Küçük güçlü ölçme yapılacak wattmetrelerde akım veya gerilim bobininde harcanan enerjinin ölçü aletinde görülmemesi için kompanze edilmiş wattmetre kullanılır.



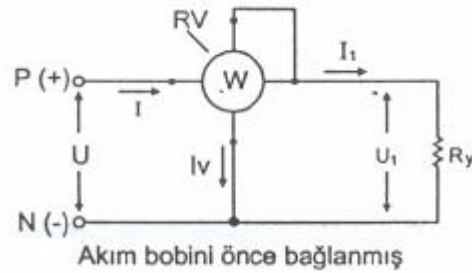
### Kompanzasyon bobini

Kompanzasyon bobininin özellikleri,

- 1- Akım bobini ile spir sayısı aynıdır.
- 2- Akım bobini ile birbirine ters olarak sarılır.
- 3- İnce spirlidir.
- 4- Gerilim bobinine seri bağlanır.

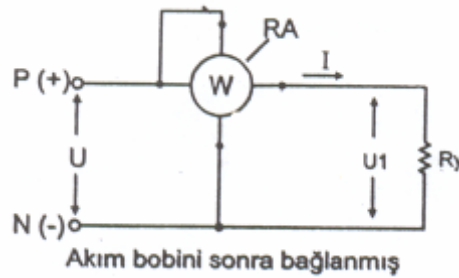
**1- AKIM BOBİNİ ÖNCE, GERİLİM BOBİNİ SONRA BAĞLAMA:** Wattmetrede okunan güç, alıcının gücü ile gerilim bobinindeki güç kaybı ( $P_V = R_V \cdot I^2$ ) toplamına eşittir. Duyarlı ölçme için, ölçülen güçten gerilim bobininde kaybolan gücü çıkarmak gerekir. Büyük güçlü, yüksek akımlı devrelerde bu bağlantı kullanılır.

$$P = U \cdot I_y + \frac{U^2}{R_v}$$



**2- AKIM BOBİNİ SONRA, GERİLİM BOBİNİ ÖNCE BAĞLAMA:** Wattmetrede okunan güç, alıcının gücü ile akım bobinindeki güç kaybı  $P_A = R_A \cdot I_A^2$  toplamına eşittir. Duyarlı ölçme için, ölçülen güçten akım bobininde kaybolan gücü çıkarmak gerekir. Küçük güçlü, yüksek gerilimli devrelerde bu bağlantı kullanılır.

$$P = U_y \cdot I + R_A \cdot I_A^2$$



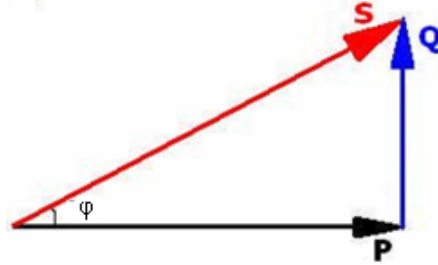
## ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ ÖLÇMEK

Alternatif akım devrelerinde çalışan alıcılar omik, endüktif ve kapasitif özellikte olabilirler. Bu alıcıların çektikleri akım ve gerilimleri arasındaki faz farkının da göz önüne alınması gerekir. Bu nedenle alternatif akımda güç,

Bir fazlı alternatif akım devrelerinde güç,  $P = U.I \cos\phi$

Üç fazlı alternatif akım devrelerinde güç,  $P = \sqrt{3} .U.I.\cos\phi$

Alternatif akım devrelerinde sadece aktif güç değil, reaktif ve görünür güç de harcanır.



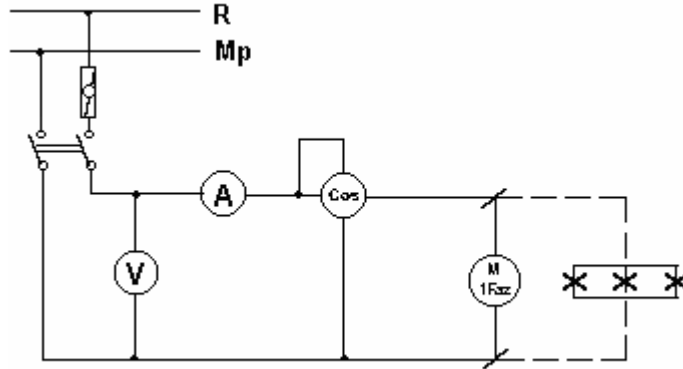
Güç üçgeni

Aktif güç,  $P = U . I . \cos\phi$  (W)

Reaktif güç,  $Q = U . I . \sin\phi$  (VAR)

Görünür güç,  $S = U . I$  (VA)

Akımla gerilim arasındaki faz farkı fazmetre ( $\cos\phi$  metre) adı verilen ölçü aleti ile ölçülür. Alternatif akımda, herhangi bir andaki akım ve gerilim arasında bulunan zaman farkına faz farkı denir.



### Bir fazlı devrelerde ampermetre, voltmetre ve Cosφmetre yardımıyla aktif güç ölçümü

**ÖRNEK:** Devrede ampermetreden okunan değer 4 A'yi, voltmetreden okunan değer 220 V'u ve kosinüsfiyemreden okunan değer 0,6'yı göstermektedir. Buna göre alıcının aktif gücünü bulunuz.

$$U = 220 \text{ V}$$

$$I = 4 \text{ A}$$

$$\cos\phi = 0,6$$

$$P = U.I.\cos\phi = 220 . 4 . 0,6 = 528 \text{ W}$$

**ÖRNEK:** Bir fazlı bir asenkron motor yüklü çalışmasında devreden 20 A akım çekmektedir. Şebeke gerilimi 220 V,  $\cos\phi = 0,8$  olduğuna göre motorun görünür ve aktif güçlerini bulunuz.

$$U = 220 \text{ V}$$

$$I = 20 \text{ A}$$

$$\cos\phi = 0,8$$

$$S = U.I = 220 . 20 = 4400 \text{ VA}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 220 \cdot 20 \cdot 0,8 = 3520 \text{ W}$$

**ÖRNEK:**  $U = 220 \text{ V}$ ,  $I = 20 \text{ A}$ ,  $\cos\varphi = 0,80$  olduğuna göre, motorun görünür, aktif ve reaktif güçlerini bulunuz.

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 20 = 4400 \text{ VA}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 220 \cdot 20 \cdot 0,80 = 3520 \text{ W}$$

$$\cos\varphi = 0,8 \text{ ise } \varphi = 36,8^\circ$$

$$\sin 36,8 = 0,6$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 220 \cdot 20 \cdot 0,6 = 2640 \text{ VAR}$$

Güç üçgeninden yararlanarak hesaplayalım;

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{4400^2 - 3520^2} = 2640 \text{ VAR}$$

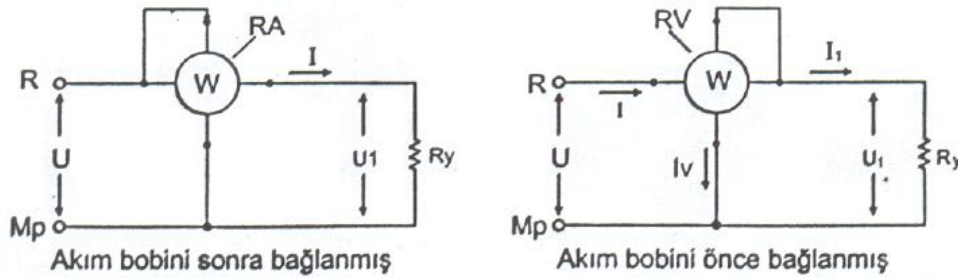
Alternatif akım devrelerinde, akım ve gerilim arasındaki faz farkı ölçülmeden gücün ölçülmesi, ancak wattmetrelerle mümkündür. Wattmetre ampermetre, voltmetre ve  $\cos\varphi$  metrenin yaptığı ölçmeyi tek başına yapar.

Aktif gücün görünür güce oranı güç faktörünü (güç katsayısını- $\cos\varphi$ ) verir. Güç faktörü,

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

Wattmetrelerle alternatif akım devresinde güç ölçülürken akım ve gerilim bobinlerinden geçen akım aynı polaritede (yönde) değilse, ibre ters yönde sapar, yani wattmetre negatif güç ölçmeye çalışır. Bu durumda akım veya gerilim bobininin bağlantı uçlarından birinin yeri değiştirilir. Uygulamada akım bobininin uçlarını kendi aralarında değiştirmek daha pratiktir.

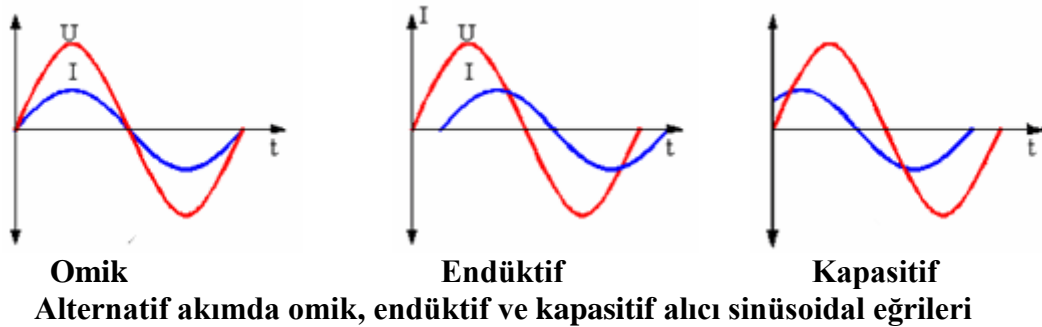
Bir fazlı alternatif akım devrelerinde wattmetre, doğru akım devrelerinde olduğu gibi bağlanır.



Akımla gerilim arasında faz farkı yok ise, yani akımla gerilim aynı fazda ise buna omik yük denir. (Akkor telli lambalar, ütü, elektrik sobaları gibi). Omik devrelerin güçleri, doğru akım devrelerinde olduğu gibi ölçülebilir. Aynı fazdaki akım ve gerilimin oluşturduğu güç,  $\cos\varphi = 1$  olduğundan  $P = U \cdot I$  formülüyle hesaplanır.

Omik bir devrenin gücü, doğru ve alternatif akımda aynıdır.

Herhangi bir omik yüke, önce doğru gerilim ve sonra aynı büyüklükte alternatif gerilim uygulandığında, güçlerinde ve çalışma özelliklerinde bir değişme olmaz. Devreden geçen akım şiddeti aynı olduğundan, wattmetre her iki akımda da aynı gücü gösterir.



Omik devreye uygulanan alternatif gerilim ile devreden geçen akımın vektör ve eğrilerinden, aralarında açı farkı olmadığı, aynı noktadan başladıkları ve aynı anda maksimum değerlerini aldıkları görülür. İlk yarım periyotta akım ve gerilim (+) değerinde olduğundan, bunların çarpımları da (+) dır. İkinci yarım periyoddaki akım ve gerilim (-) değerinde olduğundan, bunların çarpımları yine (+) dır. Bu değerler zaman eksenine taşındığında, gücün daima (+) olduğu görülür. O halde, omik devrelerde güç, akım ve gerilimin etkin değerlerinin çarpımına eşittir.

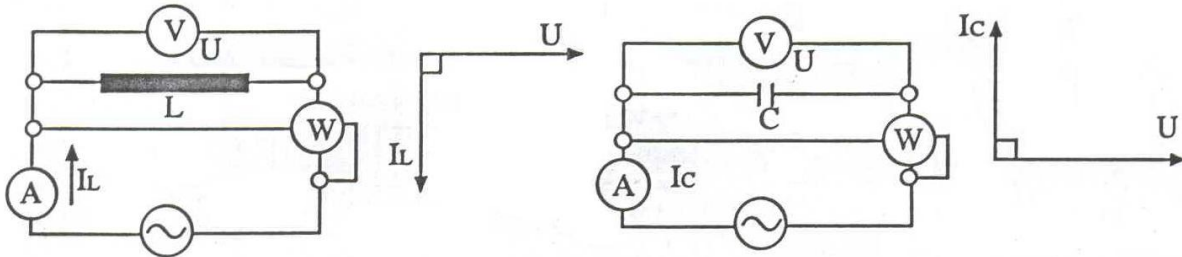
Alternatif akım ortalama değere göre değil, daha çok akımın ısı etkisine göre tarif edilir ve buna etkin (efektif) değer denir. 1 A lik etkin alternatif akımın belli bir dirençte, belli bir zaman süresinde meydana getirdiği ısı, aynı şartlar altında 1 A lik doğru akımın meydana getirdiği ısıya eşittir.

Alternatif akım devresinde saf endüktif yük (çeşitli bobinler, kontaktör bobinleri) bulunduğu gibi, saf kapasitif yükler de (kompanzasyon panoları, çeşitli kondansatörler ) vardır. Ancak uygulamada en çok endüktif yükler (Transformatörler, asenkron motorlar gibi) kullanılır.

Kondansatörler elektrik enerjisini elektrik yükü olarak, bobinler ise manyetik alan olarak depolayan elemanlardır. Bu nedenle saf bir bobin (self) veya saf bir kondansatörde güç kaybı olmaz. Yani devrede saf bir self veya kapasite bulunması durumunda aktif güç değişmez. Pratikte saf endüktif ve saf kapasitif yük yoktur. Bu elemanların şarj ve deşarjlarında az da olsa bir güç kaybı olur.

Endüktif reaktans  $X_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

Kapasitif reaktans  $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$



a) Saf bobinli devrede akım gerilimden  $90^\circ$  geridedir. b) Saf kondansatörlü devrede akım gerilimden  $90^\circ$  ileridedir.

Endüktif ve kapasitif devrelerde akımla gerilim arasında  $\phi$  açısı kadar bir faz farkı vardır. Saf bobinli ve saf kondansatörlü devrelerde bu açı  $90^\circ$  dir. Kapasite akımı gerilimden  $90^\circ$  ileride, self akımı ise gerilimden  $90^\circ$  geridedir. Omik devrelerde akım ve gerilim aynı fazdadır.

Alternatif akım devresine bobinli veya kondansatörlü bir yük bağlandığında devrenin gücü,  $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$  formülü ile hesaplanır. Wattmetre bu aktif gücü ölçer. Bu formül bir fazlı alternatif akım devrelerinde gücün hesaplanmasına aittir. Üç fazlı alternatif akım devrelerinde toplam güç,  $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$  formülü ile hesaplanır.

Saf bobinli ve saf kondansatörlü devrelerde  $\phi = 90^\circ$  olduğundan  $\cos 90^\circ = 0$ ,  $P = U \cdot I \cdot \cos\phi = 0$  olur. Bu tip devrelerde, devreden akım geçmesine rağmen wattmetre  $P = 0$  değerini gösterir. Bu değerler, saf bobinli ve kondansatörlü devrelerin aktif güç çekmediğini, ancak körgüç adı verilen zahiri güç çektiğini gösterir. Wattmetre reaktif güç ölçmez, sadece aktif güç ölçer.

Alternatif akım devrelerinde güç katsayısı etkilidir. Akım ve gerilim aynı anda (+) veya (-) ise, güç (+) dır. Akım ve gerilimden herhangi biri (+), diğeri (-) ise, güç (-) dir. (-) durumdaki taralı güç, (+) kısımdan çıkarılırsa geriye aktif güç kalır.

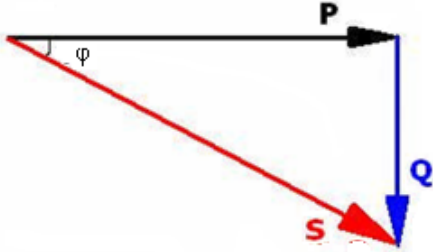
Aktif güce iş gören güç adı da verilir, P ile gösterilir, birimi watttır. Reaktif güce kör güç (zahiri güç) adı da verilir, Q ile gösterilir, birimi Volt- Amper- Reaktif (VAR) dır. Alıcının

şebekeden çektiği güce ise görünür güç adı verilir, S ile gösterilir, birimi Volt- Amper (VA) dir. Aktif ve reaktif güçlerin vektöriyel toplamına eşittir.

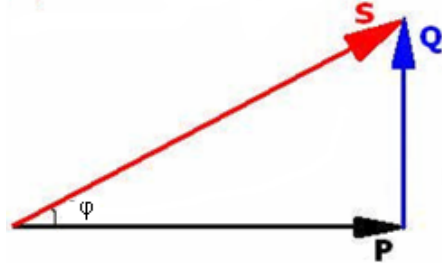
$$S = P + Q$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



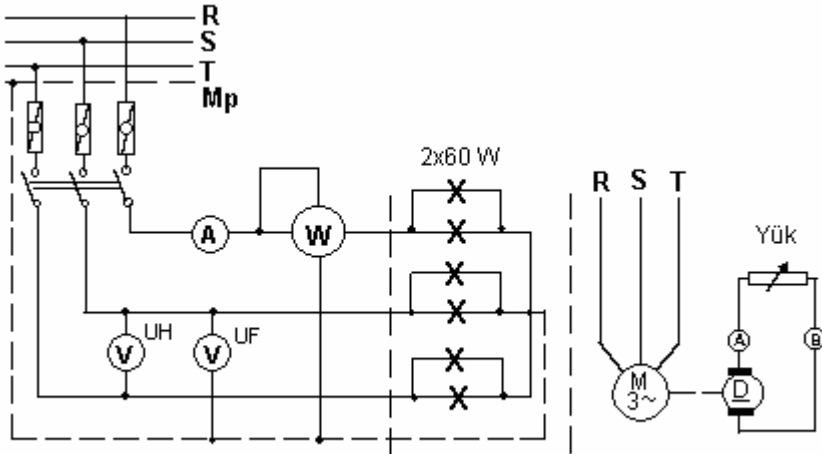
**Bobinli devrede güç vektörü**



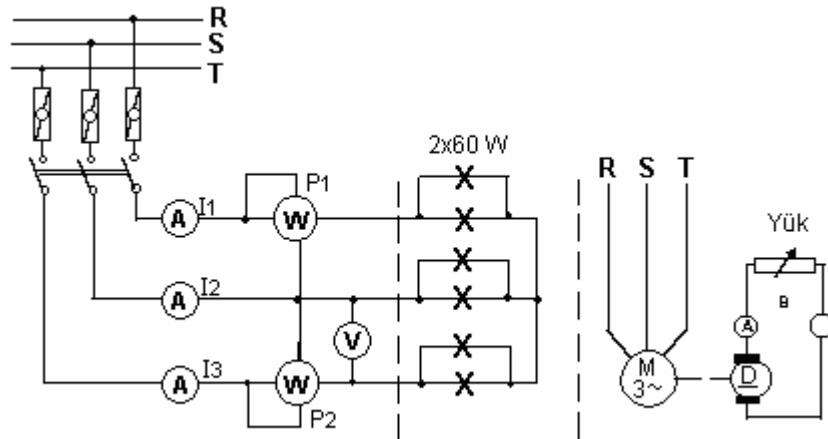
**Kondansatörlü devrede güç vektörü**

Devrenin direncinde watt olarak sarf edilen aktif güç ile empedanstaki watsız gücün bileşkesi yani vektöriyel toplamı, volt-amper olarak görünür gücü verir. Elektrik santralleri alıcıların sarf ettikleri bu görünür gücü üretirler.

Bobinli devrenin gücü, wattmetrenin gösterdiği değerdir. Bobinli devrede akım gerilimden φ açısı kadar geridedir.



**Dengeli üç fazlı sistemde bir fazlı wattmetre ile güç ölçme**



**Dengeli üç fazlı sistemde iki wattmetre ile güç ölçme**

**Örnek:** Transformatör bobininin aktif gücü wattmetreden okunan güç  $P = 330 \text{ W}$  dir.

$U = 220 \text{ V}$  ve  $I = 3 \text{ A}$

$S = U.I = 220.3 = 660 \text{ VA}$

Bir fazlı devrelerde güç,

$$P = U.I \cdot \cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{P}{U.I} = \frac{330}{220.3} = 0,5 \quad \varphi = 60^\circ$$

**Örnek:** Transformatör aktif gücü  $P = 100 \text{ W}$ 'dır.  $U = 100 \text{ V}$ ,  $I = 2 \text{ A}$  olduğuna göre görünür gücü ve güç katsayısını hesaplayınız.

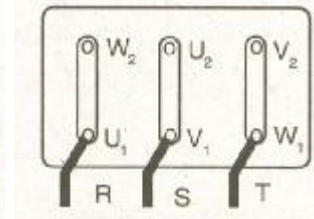
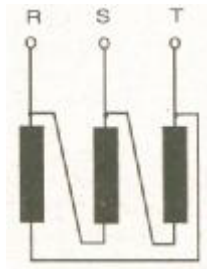
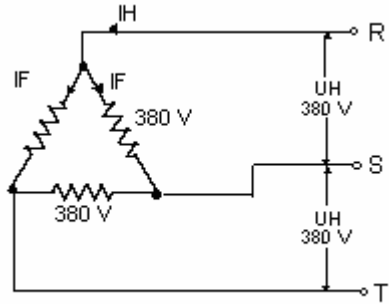
$S = U.I = 100.2 = 200 \text{ VA}$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{100}{200} = 0,5 \quad \varphi = 60^\circ$$

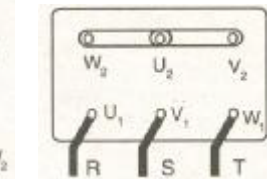
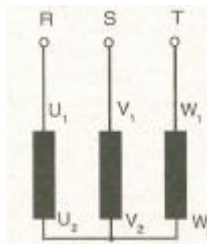
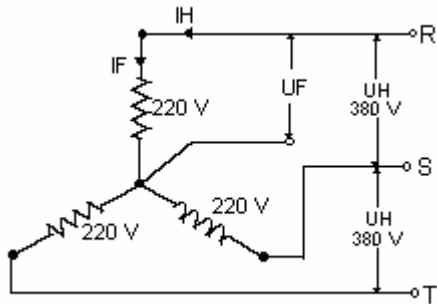
Wattmetrenin gösterdiği değer, devrenin gücü olarak alınır.

$P = U. I. \cos\varphi = 100.2.0,5 = 100 \text{ W}$  olarak yine aynı değer bulunur.

Üç fazlı devrede yükün bağlantı şekli genellikle yıldız veya üçgen şeklindedir. Faz gerilimi (Faz-nötr)  $220 \text{ V}$ , Hat gerilimi (faz-faz) ise  $380 \text{ V}$ 'dur. Fazlar arasında  $120^\circ$ 'şer derecelik faz farkı vardır.



**Üçgen bağlantı**



**Yıldız bağlantı**

## REAKTİF GÜÇ ÖLÇÜMÜ VE VARMETRELER

Üretilen elektrik enerjisinin ekonomik olması için, santralden en küçük alıcıya kadar dağıtımını en az kayıpla yapılmalıdır. Elektrik enerjisine olan ihtiyacın sürekli artması, enerji üretiminin pahalılaşması, taşınan enerjinin ucuz ve hakiki iş gören aktif enerji olmasını zorunlu kılmaktadır. Şebekeye bağlı motor, transformator, flüoresan lamba gibi alıcılar manyetik alanlarının oluşması için, bağlı oldukları şebekeden reaktif akım çekerler.

Santralde üretilen enerji, aktif ve reaktif akım adı altında en küçük alıcıya kadar beraber akmakta, iş yapmayan, motorda manyetik alan elde etmeye yarayan reaktif akım havai hatda, trafoda, tablo, şalter ve kabloda gereksiz kayıplar meydana getirmektedir. Bu kayıplar yok

edilirse, trafo daha fazla alıcıyı besleyecek kapasiteye sahip olacak, devreyi açıp kapatan şalterler gereksiz yere büyük seçilmeyecek, tesiste kullanılan kablo kesiti küçülecektir. Bunun sonucu daha az yatırımla fabrika veya atölyeye enerji verme imkanı elde edilecektir. Elektrik işletmesi tarafından uygulanan tarifeler yönünden de her dönem daha az elektrik enerjisi ödemesi yapılacaktır.

Görüldüğü gibi, daha ilk bakışta reaktif akımın santralden alıcıya kadar taşınması, büyük ekonomik kayıp olarak görülmektedir. İşte bu reaktif enerjinin santral yerine, motora en yakın bir yerden kondansatör tesisleri veya aşırı uyartımlı senkron motorlar ile azaltılması ve böylece tesisin aynı işi, daha az akımla karşılaması mümkündür.

Santralleri, transformatörleri ve enerji nakil hatlarını reaktif yükten kurtarmak için alıcıların güç katsayısını mümkün olduğunca yüksek ( $\phi$  açısının küçük) tutmak gerekir. Bu olaya güç katsayısının düzeltilmesi veya reaktif güç kompanzasyonu da denir. Günümüzde en çok merkezi kompanzasyon sistemi kullanılmaktadır.

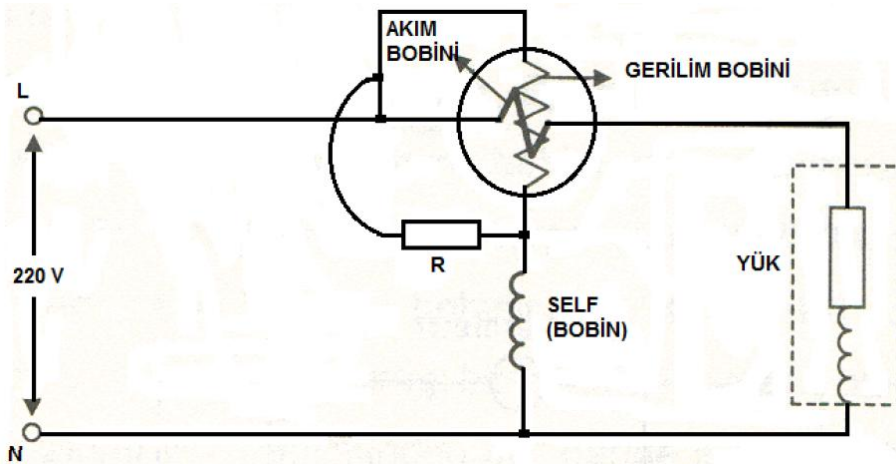
### **VARMETRELER (REAKTİFMETRELER)**

Wattmetre ile devrenin iş gören gücü (faydalı güç, aktif güç, wattlı güç) ölçülür. Başka bir ifadeyle alternatif akımın ortalama gücü yani akımla gerilimin aynı fazda olan kısmının çarpımı ölçülür.



### **Analog ve Dijital VAR metreler**

Alternatif akımın bobinli ve kondansatörlü devrelerinde kör güç (iş yapmayan güç) adı verilen reaktif güç de vardır.  $90^\circ$  faz farklı olan devrelerdeki güce reaktif güç denir, Q ile gösterilir, birimi volt-amper-reaktif (VAR) dir. Bin katına kilo-volt-amper-reaktif (kVAR) denir. Reaktif güç varmetrelerle ölçülür. Varmetrelerin kadranı doğrudan doğruya VAR cinsinden bölümlendirilmiş olup, reaktif gücü doğrudan gösterirler.



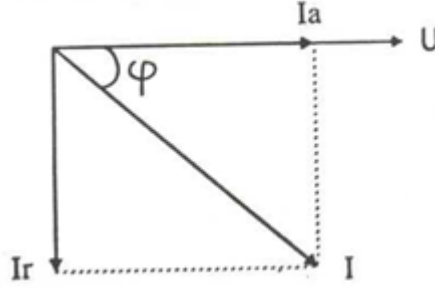
### **VARmetre**

Devrede yalnız endüktif alıcılar varsa endüktif VAR, yalnız kapasitif alıcılar varsa kapasitif



VAR denir.

Reaktif güç gerilime  $90^\circ$  dik olan akımın  $I_r$  bileşenini oluşturmaktadır. Alıcının saf endüktif veya saf kapasitif olduğu durumda devreden aktif güç çekilmez. Yani akımın sadece reaktif bileşeni olup, aktif bileşeni olmadığından aktif güç çekmezler.



### Akımın aktif ve reaktif bileşenleri

$$\cos\varphi = \frac{I_a}{I} \Rightarrow I_a = I \cdot \cos\varphi \text{ (Akımın aktif bileşeni)}$$

$$\sin\varphi = \frac{I_r}{I} \Rightarrow I_r = I \cdot \sin\varphi \text{ (Akımın reaktif bileşeni)}$$

### 1 fazlı devrede;

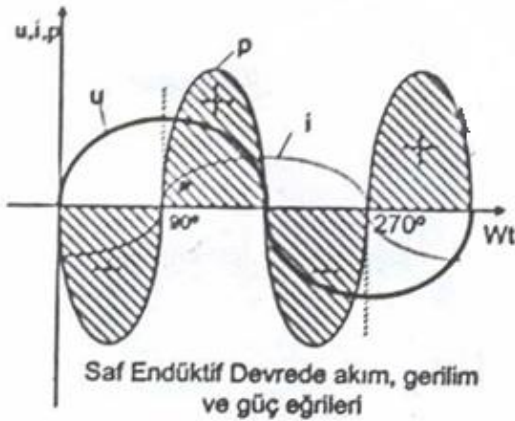
$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ (Aktif güç)}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ (Reaktif güç)}$$

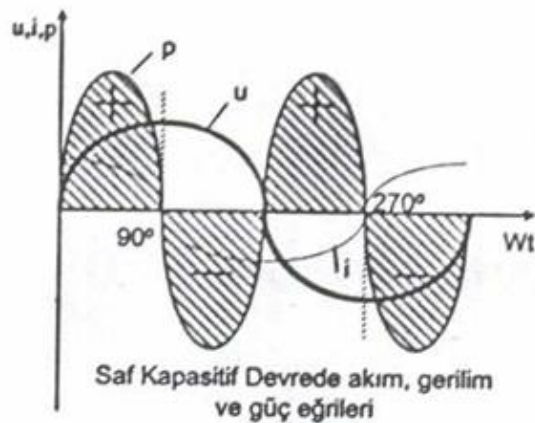
### 3 fazlı, üç iletkenli dengeli sistemde;

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ (Aktif güç)}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ (Reaktif güç)}$$



Saf Endüktif Devrede akım, gerilim ve güç eğrileri



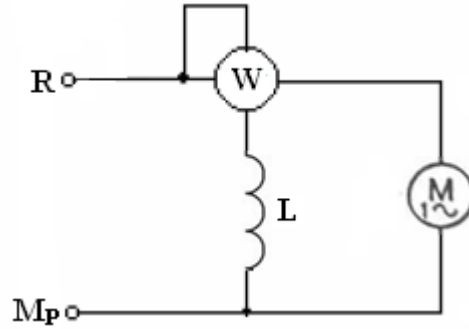
Saf Kapasitif Devrede akım, gerilim ve güç eğrileri

### Saf endüktif ve kapasitif devrede akım, gerilim ve güç eğrileri

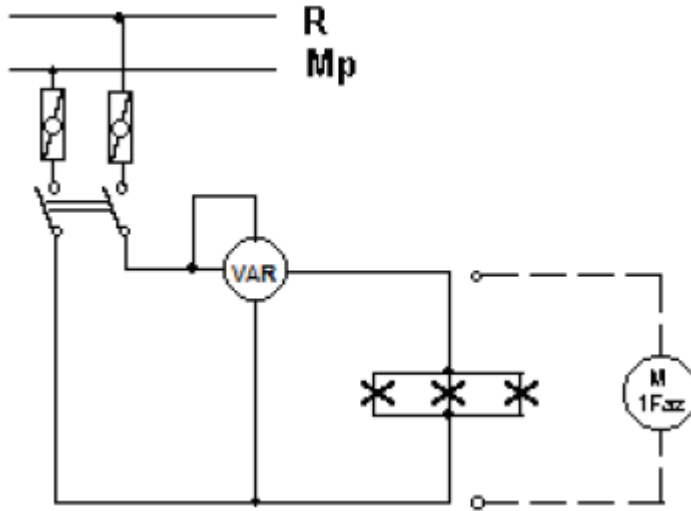
Saf endüktif bir bobinin ve saf kapasitif bir kondansatörün akım, gerilim ve güç eğrileri incelendiğinde, eksenin üzerindeki pozitif enerji, eksenin altındaki negatif güce eşittir. Bobin ve kondansatörün ikisinde de kaynaktan alınan enerji kaynağa geri verilmektedir. Akım ve gerilim arasında  $90^\circ$  lik ( $\varphi = 90^\circ$ ) faz farkı olduğundan  $\cos\varphi = 0$  olur. Bu durumda çekilen aktif güç sıfır olur. Fakat bobin ve kondansatör şebekeden güç çekip, tekrar gücü geri verir. Bu güce reaktif güç denir. Bu duruma akım watsızdır denir. Watsız bir akımın, devredeki aktif güce bir etkisi olmadığı gibi, ayrıca devrede büyük bir ısı kaybı meydana getirirler. Elektrik enerjisi tüketen yerlerin sayaçları hiçbir şey göstermezler çünkü aktif güç sıfırdır. Bu durum, böyle devreler için bir yük oluşturduğundan, ölçülüp bilinmesi gerekir.

Bu iş görmeyen watsız gücü ölçen varmetreler wattmetreler gibi bir veya üç fazlı olarak

yapılırlar. Yalnız wattmetreler aktif gücü gösterdiklerinden, wattmetrelerle reaktif gücü ölçmek için gerilim suni olarak  $90^0$  kaydırılır. Yani dönen bobin içerisinde geçen akım, gerilime göre  $90^0$  geri duruma getirilir. Bunun için hareketli bobin olan gerilim bobinine seri olarak bir bobin bağlanır.



**Wattmetreye L bobini ilave edilerek VARmetre yapılması**



**Varmetrenin devreye bağlanması**

Bir ve üç fazlı devrelerde reaktif güç ölçmek amacı ile varmetreler wattmetreler gibi devreye bağlanır. 3 fazlı dengeli sistemde, bir hattın reaktif gücü ölçülüp üç ile çarpılarak toplam güç bulunur.

## GÜÇ FAKTÖRÜ

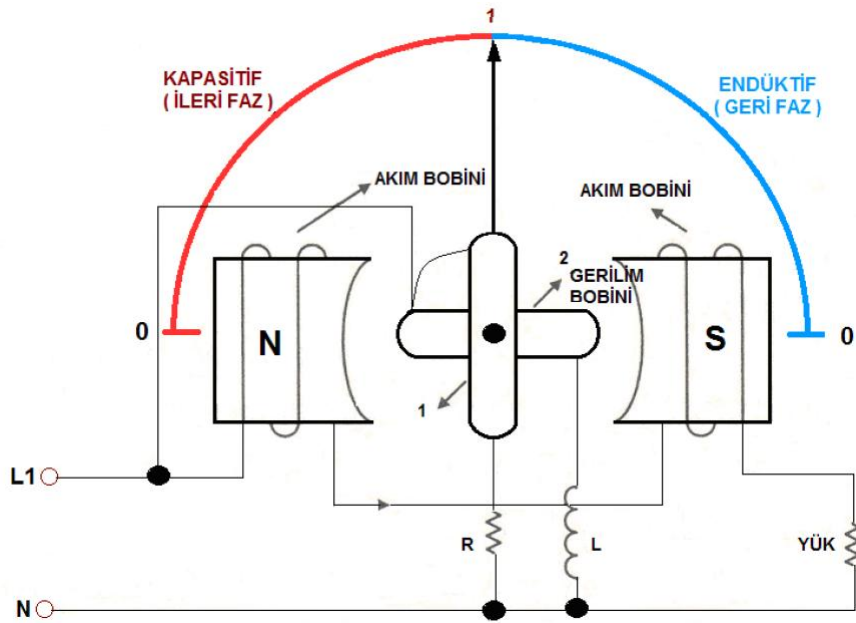
Alternatif akım devrelerinde devre omik ise, akım ile gerilim aynı fazdadır, devre endüktif veya kapasitif ise akım ile gerilim arasında faz farkı vardır. Bu fark açı ile gösterilir. Akımla gerilim arasındaki açıya faz farkı, bu açının Cosinüsüne güç katsayısı (güç faktörü) denir ve  $\cos\phi$  ile gösterilir  $\cos\phi = 0-1$  arasındadır.

Sanayi tesislerinde aktif enerji yanında reaktif enerji de çekilmektedir. Reaktif enerji yararlanılmayan, fakat harcanan bir enerjidir. Bu güç kaybının önlenmesi için güç faktörünün ölçülmesi gerekir. Güç faktörü direkt veya endirekt metotlarla ölçülebilir.

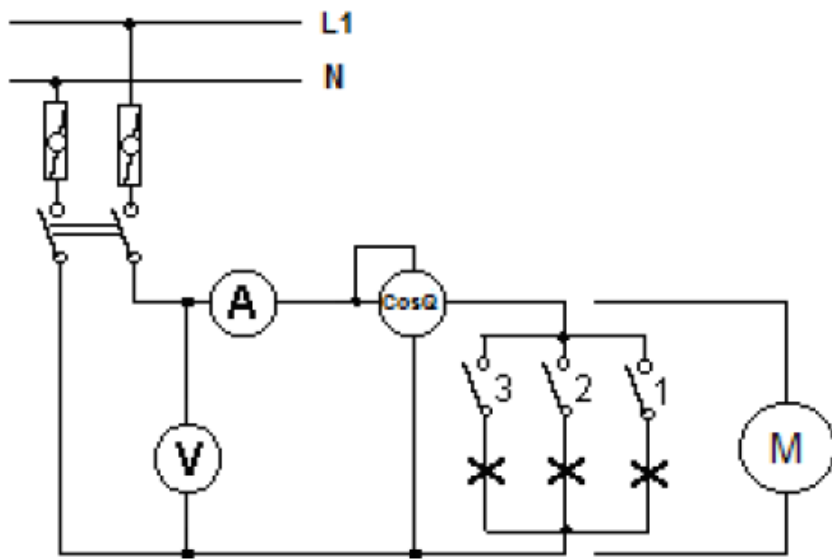
**1- DİREKT METOT:** Güç katsayısını doğrudan doğruya ölçen aletlere  $\cos\phi$ metre (fazmetre) denir. Kullandıkları devrelere göre bir ve üç fazlı olarak yapılırlar. Yapısı wattmetreye benzer, akım ve gerilim bobinleri vardır, devreye wattmetre gibi bağlanırlar.  $\cos\phi$ metrenin kadranı sıfır merkezlidir, yani sıfırı ortadadır. Skalanın sağ tarafı endüktif yük durumunu, sol tarafı kapasitif yük durumunu gösterir. Uygulamada en çok elektrodinamik ve dijital tip  $\cos\phi$ metreler kullanılır.



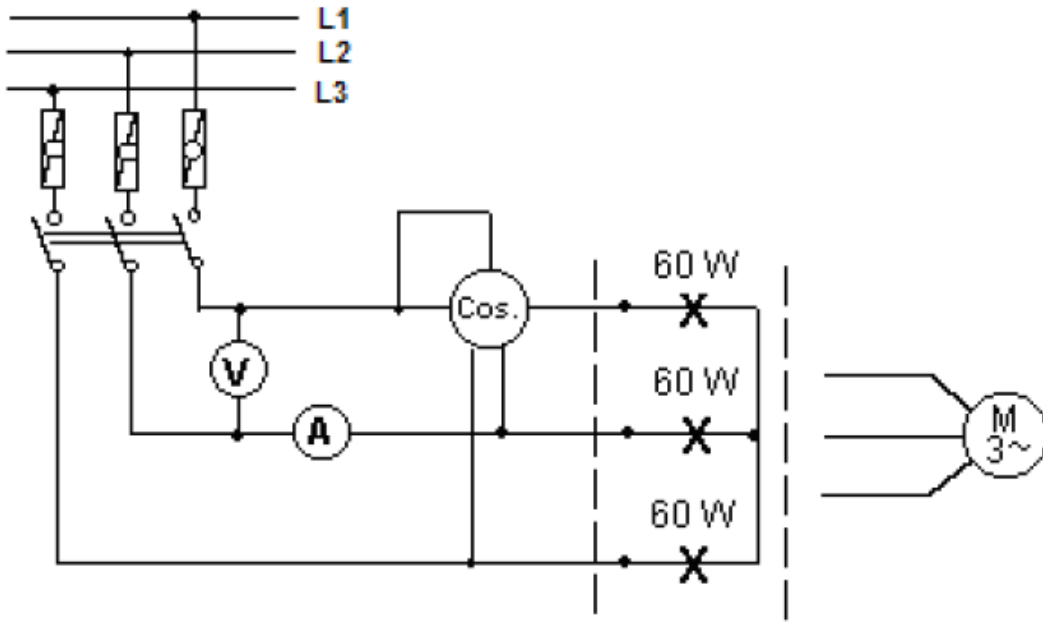
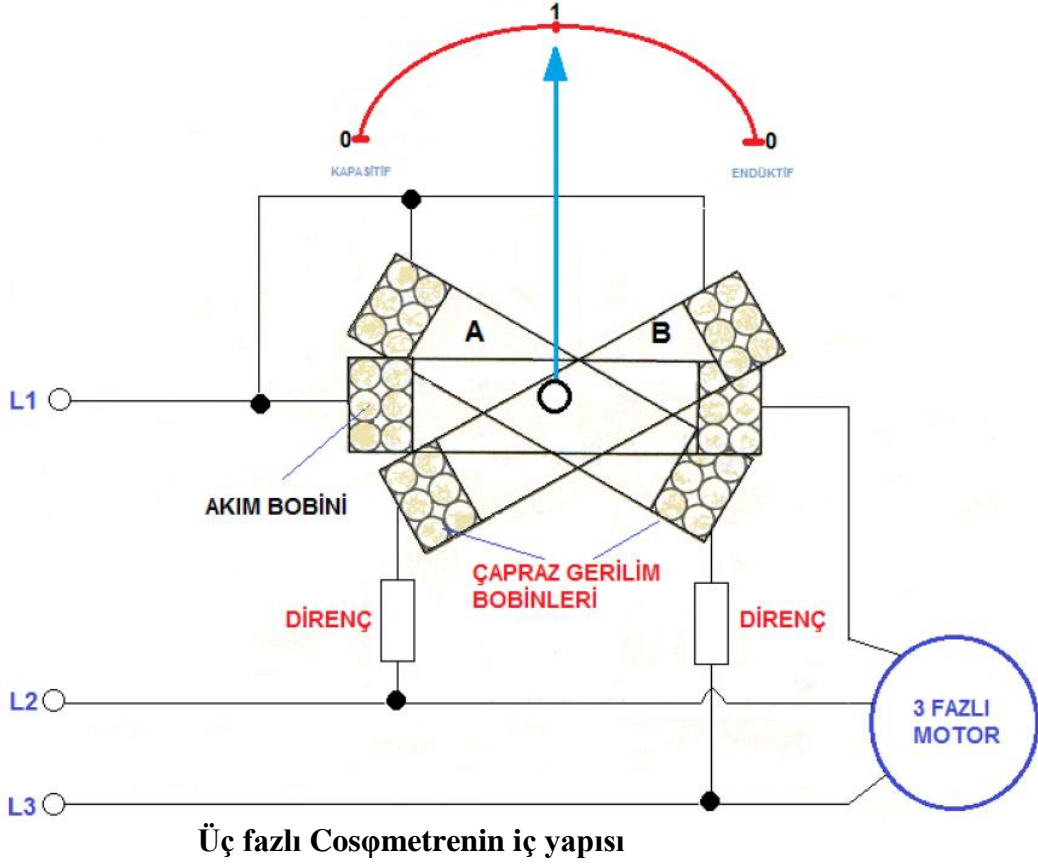
**Dijital ve Analog Cosφmetreler**



**Bir fazlı Cosφmetrenin iç yapısı**



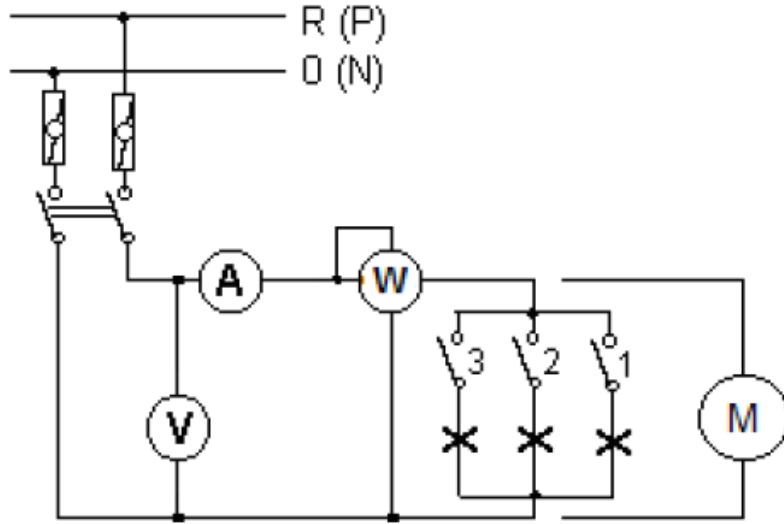
**Bir fazlı Cosφmetrenin devreye bağlantısı**



## 2- ENDİREKT METOT (AMPERMETRE-VOLTMETRE VE WATTMETRE METODU)

a) 1 fazlı devrelerde,

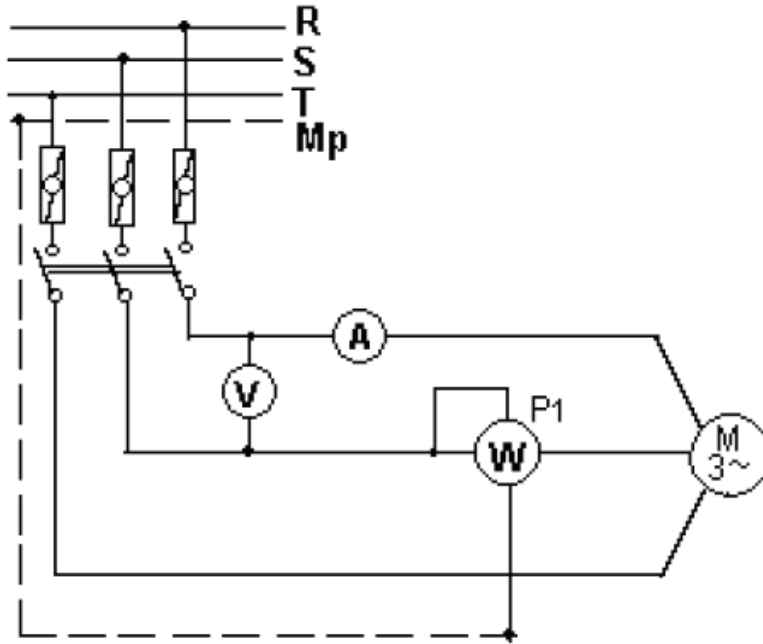
$$P = U.I.\cos\varphi \quad \Rightarrow \quad \cos\varphi = \frac{P}{U.I}$$



Ampermetre, voltmetre ve wattmetre yardımıyla güç katsayısı ölçme

b) 3 fazlı devrelerde,

$$P_T = 3.P = \sqrt{3} \cdot U.I \cdot \cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U.I}$$



Dengeli 3 fazlı sistemde A- V- W ile  $\cos \varphi$  bulunması

### SAYAÇLAR

Birim zamanda harcanan güce iş denir. Aboneler tarafından tüketilen elektrik enerjisini ölçen aletlere elektrik sayacı veya kısaca sayaç denir.

Elektrik enerjisi = Güç x Zaman şeklinde ölçülür.

$$W = P \cdot t \text{ (Wh)}$$

Elektrik sayaçları abonenin harcadıkları elektrik enerjisini kilowatt saat (kWh) olarak ölçer. Pratikte elektrik işi birimi olarak kilovat-saat (kWh) kullanılır. Ölçü aletleri elektrik akımının etkisi ile belli bir açı kadar sapma yaparak ölçtüğü değeri gösterir. Elektrik sayaçlarında ise, dönen sistem sürekli olarak dönmekte, dönme hareketi bir dişli aracılığı ile numaratóre (sayıcıya) iletilip, harcanan enerji toplanarak numaratórede ölçülmektedir. Burada aletin

dönme hızı, harcanan elektrik gücü ile doğru orantılıdır. Bu aletlerde karşı koyma momenti yerine, hareketli sistemin hızıyla orantılı olan frenleyici moment kullanılır. Frenleyici moment, hareketli sistemle aynı mil üzerine tesbit edilen Al diskin daimi mıknatıs kutupları arasında dönmesiyle sağlanır.

Elektrik sayaçları, harcanan elektrik enerjisini kWh cinsinden ölçen ve kaydeden, bir ve üç fazlı alternatif akım devrelerinde kullanılan indüksiyon tipi ve elektronik tip olarak üretilen ölçü aletleridir. Günümüzde elektronik elektrik sayaçları olarak isimlendirilen elektrik sayaçları, günün farklı saatlerinde ve hafta sonları farklı ücretlendirme yapabildiklerinden kullanımı zorunlu koşulmuştur. Analog sayaçlarda akım ve gerilim bobini mevcut olup sayaca bağlı devreden akım geçtiğinde oluşan manyetik alan sayaç içerisindeki alüminyum diskin dönmelerini sağlar. Diskteki hareket bağlı olduğu bir numaratóre aktarılır, böylece harcanan elektrik enerjisi miktarı numaratór ile ifade edilir. Elektronik sayaçlarda ölçülen iş dijital bir ekrandan okunur. Bu sayaçlarda ölçülen değer, tarih, gerçek zaman saati dönüşümlü olarak dijital ekranda ifade edilir. Elektronik sayaçlar farklı tarifeler üzerinden ücretlendirme yapmanın yanında optik port vasıtası ile okuma kolaylığı sağlamaktadır. Kalibrasyona analog sayaçlara göre daha az ihtiyaç göstermektedir.

Yapılışlarına göre;

- 1- Elektromotorlu sayaçlar
- 2- Elektronik kartlı sayaçlar
- 3- Sarkaçlı sayaçlar
- 4- Elektrolitik sayaçlar

Uygulamada sarkaçlı ve elektrolitik sayaçların kullanma sahası yoktur. Sayaçlar elektromotorlu ve elektronik kartlı sayaçlar şeklinde yapılmaktadır. Günümüzde şehir şebekesi sistemlerinde alternatif akım sayaçları kullanıldığından, doğru akım sayaçlarının uygulamada kullanım alanları çok azalmıştır.



### **Elektronik ve elektromekanik sayaçlar**

Sayaçlar;

- 1- Doğru akım sayaçları
- 2- Alternatif akım sayaçları (indüksiyon sayaçları)
- 3- Özel sayaçlar, olarak sınıflandırılır.

#### **1- DOĞRU AKIM SAYAÇLARI**

Günümüzde doğru akımda enerji ölçüm işi, yerini tamamen alternatif akım sayaçlarına bırakmış ve böylece doğru akım sayaçlarının uygulama alanı kalmamıştır. Doğru akım sayaçları iki çeşittir.

- a) Manyeto-motor sayaçlar
- b) Elektrodinamik sayaçlar

#### **2- ALTERNATİF AKIM SAYAÇLARI**

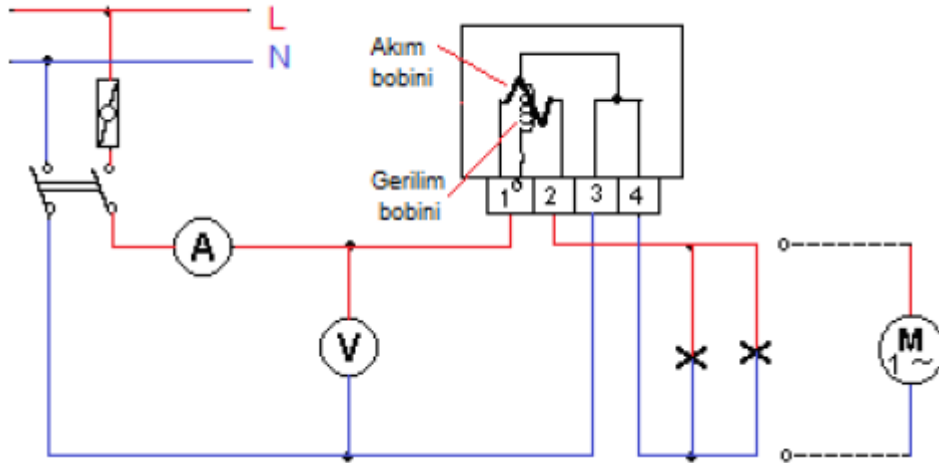
Elektrik işini kilovat-saat (kWh) cinsinden kaydeden, yalnız alternatif akım devrelerinde kullanılan indüksiyon tipi sayaçlardır. Bir ve üç fazlı olmak üzere iki şekilde imal edilirler.

Alternatif akım devrelerinden, aktif enerji ile birlikte reaktif enerji de çekildiğinden, aktif

enerjinin yanında reaktif enerjinin de ölçülmesi istenebilir. Bu durumda aktif enerji aktif sayaçlarla, reaktif enerji reaktif sayaçlarla ölçülür. Ayrıca yüksek gerilimli veya yüksek akımlı alternatif akım devrelerinde ölçü transformatörleri bağlanarak ölçme yapan sayaçlar da vardır. Bunlara redüktörlü sayaç denir. Buna göre alternatif akım sayaçları üç ana grupta toplanır.

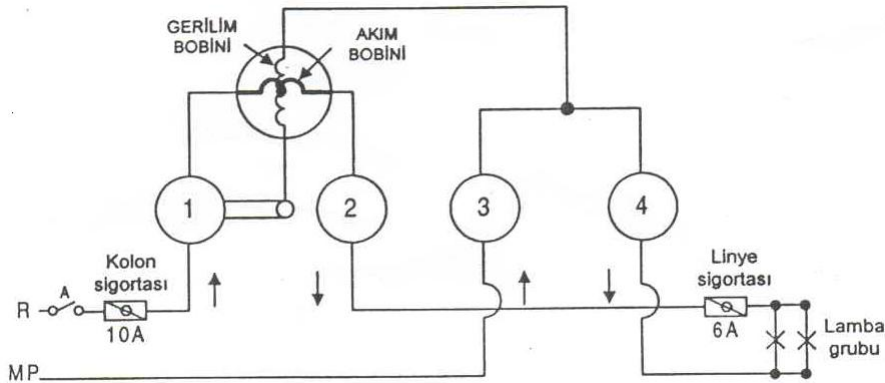
- a) Aktif sayaçlar
- b) Reaktif sayaçlar
- c) Redüktörlü sayaçlar

**a) AKTİF SAYAÇLAR:** Bu sayaçlar indüksiyon prensibine göre çalıştırlarından 1 ve 3 fazlı indüksiyon sayaçları olarak iki şekilde imal edilirler. Alıcıların aktif güçlerini ölçerler.



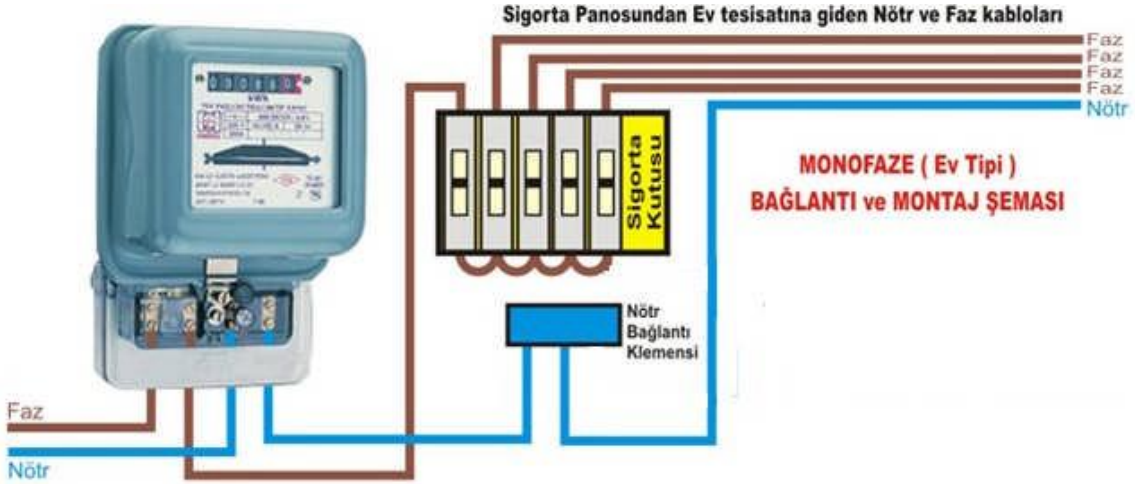
**1 fazlı indüksiyonlu ( elektromekanik) aktif sayacın devre bağlantısı**

Sayacın gerilim bobini sürekli devreye bağlı olduğundan üzerinden sürekli akım geçer. Alıcılar çalıştırıldığında çekilen akım da sayacın akım bobininden geçer. Akım ve gerilim bobininden geçen akımların oluşturdukları manyetik alanların birbiri ile 90'lik bir açı farkı vardır. Gerilim bobini ile akım bobini arasında 90'lik bir açı farkı oluşturmak için nüvede hava aralıklı bir manyetik şönt bulunur. Buna kısaca faz açısı ayar sistemi denir. Gerilim ve akım bobinlerinin meydana getirdikleri değişken manyetik akılar, Al disk üzerinde manyetik endüksiyon yoluyla emk endükler ve disk üzerinde bir akım dolaşır. Bu akımın oluşturduğu manyetik alan kendini oluşturan manyetik alanlara zıt olduğundan Al diskte döndürme momenti oluşur ve disk döner.



**Bir fazlı sayacın bağlantı şeması**

Gerilim bobini ince telden çok spirli olarak sarılıp devreye paralel, akım bobini kalın telden az spirli olarak sarılıp devreye seri bağlanır.



Sayacın diski, saat mekanizmasını çalıştırarak harcanan enerjiyi kaydeder. Bir sayaçta akım bobini ne kadar omik, gerilim bobini de ne kadar endüktif özellikte ise, sayaç o kadar doğru ölçme yapar. Sayacın gerilim bobin ucu çıkartılırsa, diskte dönme momenti oluşmaz. Sayaçlarda diskin dönüş yönü soldan sağa doğrudur. Bu durum sayaç üzerinde bir okla işaretlenmiştir. Sayacın çalıştığını daha iyi görebilmek için, disk kenarına kırmızı bir işaret konulmuştur. Bu işaret aynı zamanda devir sayısını saymaya da yarar. Sayaçlar bir taraftan wattmetre gibi gücü sürekli ölçerken, diğer taraftan bunun zamana göre integralini alarak kaydeder ve yapılan işi ölçmüş olur. Sayaçlar 10 seneden fazla olmamak üzere kontrol edilmelidir.

Her sayacın etiketinde bulunan değerler,

İmalatçı firmanın adı

Seri numarası

Nominal gerilimi

Nominal akımı

Sayaç sabitesi (K)



**1 fazlı ve 3 fazlı elektronik elektrik sayacıları**

Son yıllarda üretilen elektronik sayaçlar çok fonksiyonlu sayaçlar olup, aktif tüketim, reaktif

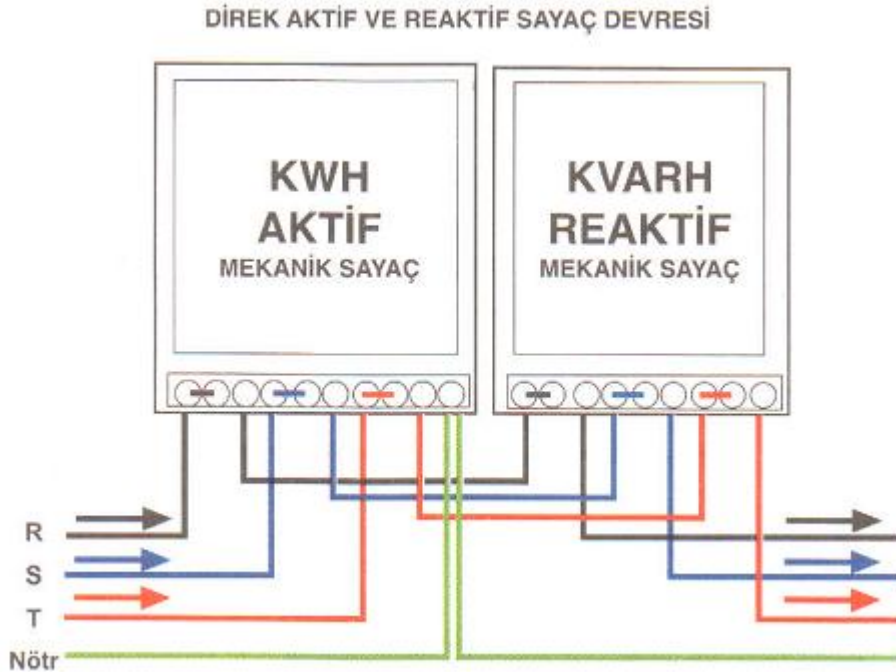


tüketim, tarifeli tüketim, akıllı kart ile ön ödemeli tüketim, tüm bilgileri bilgisayara aktarabilme, hatta bu bilgileri modem aracılığıyla başka bir yere gönderilme gibi birçok özelliğe sahiptirler.

**b) REAKTİF SAYAÇLAR:** Kurulu gücü 40 kW'tan büyük olan işletmelerde aktif enerji ile birlikte reaktif enerji de tüketilir. Bu enerji tüketilen fakat işe yaramayan bir enerji olduğundan, elektrik işletmesi çekilen aktif enerjinin ancak üçte biri kadar reaktif enerji çekilmesine izin verir. Bu da ancak tesisin kompanze (devreye paralel kondansatör bağlanması) edilmesiyle mümkündür.

İşletmelerde çekilen reaktif gücü ölçen aletlere reaktif sayaç denir. Yapıları aktif sayaçlara benzer. Aralarındaki fark, aktif sayacın gerilim bobinine uygulanan gerilimin akıma göre  $90^0$  kaydırılması gerekir.

Ev ve küçük iş yerlerinde çalıştırılan endüktif özellikteki alıcılar da reaktif enerji çekerler, fakat çok küçük olduğundan, bu aboneler için reaktif enerji sayacı istenmez. Bu nedenle reaktif sayaçlar sadece üç fazlı olarak yapılırlar.



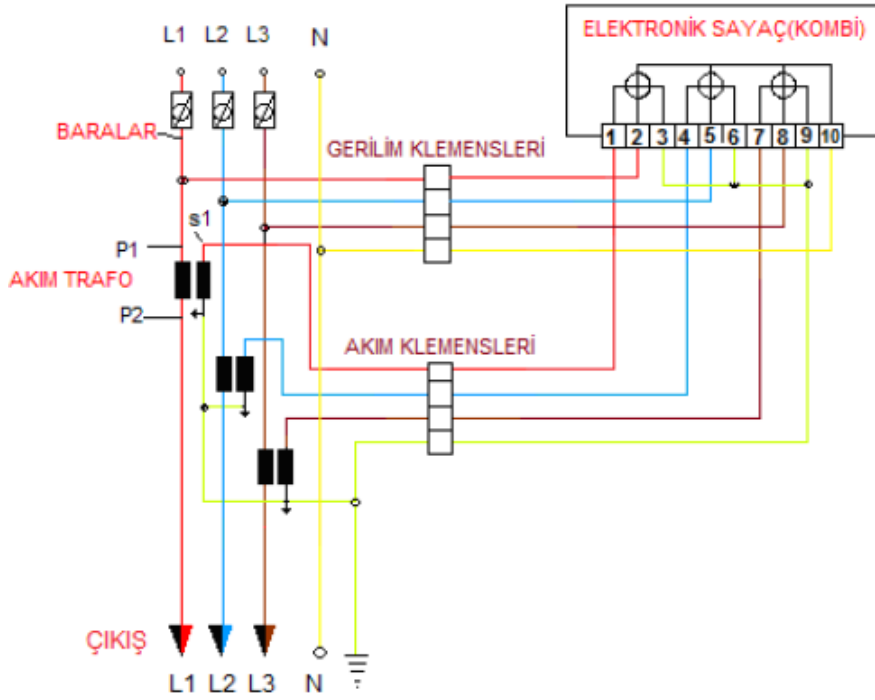
**c) REDÜKTÖRLÜ (ÖLÇÜ TRAFOLU) SAYAÇLAR:** Sayaçların ölçeceği akımlar ve gerilimler büyük olduğunda, devrelere ölçü trafoları ile bağlanırlar. Ölçü transformatörleri ile kullandıklarında sayacın gösterdiği değer, trafonun dönüştürme oranı ile çarpılır. Örneğin, akım transformatörünün dönüştürme oranı  $n_i$ , gerilim transformatörünün dönüştürme oranı  $n_u$ , sayaçta okunan değer de K ise ölçülen enerji (A),

$$A = K \cdot n_i \cdot n_u \text{ olur.}$$

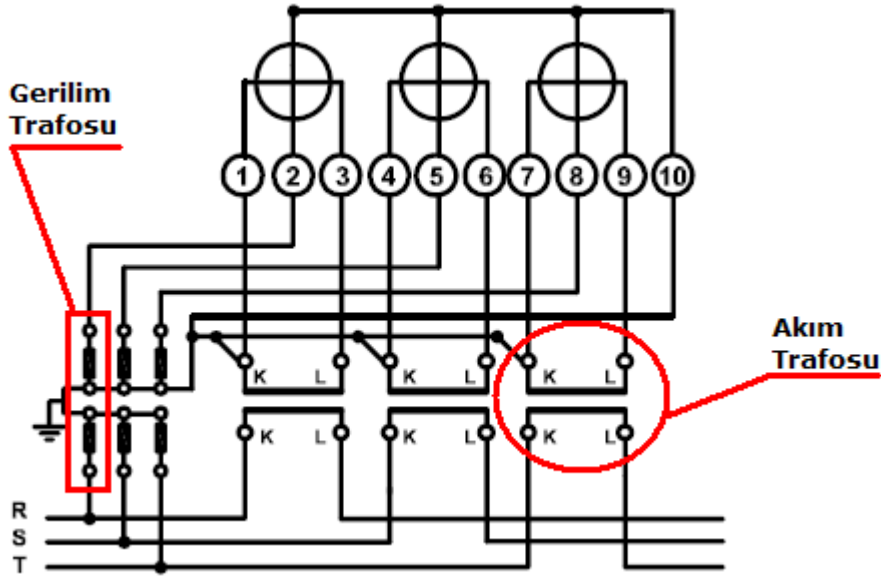
Alçak gerilim şebekelerinde, büyük akım çeken tesislerde akım bobinine, bir ölçü transformatörünün sekonder uçları bağlanır. Bu tip yerler için sayacın akım bobini 5 A'lık ve gerilim bobini de şebekeye doğrudan doğruya bağlanacak şekilde düzenlenmiştir.

Yüksek gerilimli tesislerde güç sarfiyatını ölçmek için sayaçlar ölçü transformatörleri ile birlikte bağlanır. Böylece yüksek gerilimin değeri sayaç için uygun bir seviyeye düşürüldüğü gibi aynı zamanda sayaç, yüksek gerilim devresinden de yalıtılmış olur.

Hem büyük akım hem de büyük gerilim ölçülmesi gerektiğinde akım ve gerilim trafoları birlikte devreye bağlanır. Böylece yüksek değerli akım ve gerilim ölçülmesi sağlanmış olur.



3 fazlı akım trafolu x5 kombi (aktif- endüktif- kapasitif) sayaç bağlantısı



3 fazlı gerilim ve akım trafolu aktif sayaç bağlantısı

### DEVİR SAYISINI ÖLÇME VE TAKOMETRE ÇEŞİTLERİ

Devir, dönen bir cismin birim zamanda yaptığı tam dönüş (tur) sayısıdır. Devrinin ölçülmesi istenilen cisim de elektrik-elektronik teknolojisinde genellikle bir motor mili veya bir aracın tekerleğidir. Burada yine birim zaman söz konusu olduğu için,

$$\text{Devir} = \frac{\text{Tur}}{\text{Zaman}}$$

Bir elektrik motorunun devri için birim zaman dakikadır.



### Takometre çeşitleri

Döner makinelerin devir sayısını ölçmede kullanılan aletlere takometre (turmetre) denir. Bir takometre, devri ölçülecek motorun miline değdirilerek motorla aynı hızda dönen hareketli bir parça ve bu hareketi dakikadaki tur sayısına çeviren bir sistemden oluşur. Takometreler makinaların bir dakikadaki devir sayılarını ölçtüklerinden birimleri devir/dakika (dev/dak) dır. Bazı ölçü aletlerinde veya motor etiketlerinde dakikadaki dönüş sayısı RPM harfleriyle de ifade edilmektedir. Bu da İngilizce dakikadaki dönüş sayısı ifadesinin baş harfleridir. Makinanın miline değerek devir sayısı ölçen takometreler en çok kullanılan devir ölçme aletidir. Gösterme şekline göre takometreler analog (ibrelili) ve dijital olarak ikiye ayrılır.

#### Analog Takometreler

İbrelili takometreler ölçme kolaylığı bakımından çok kullanılan takometre tipidir. Yapı bakımından birçok çeşitleri vardır.

- 1- Kademeli (üniversal) takometreler
- 2- Saatli takometreler
- 3- Elektriksel takometreler
- 4- Dilli takometreler
- 5- Stroboskopik takometreler
- 6- Optik takometreler

Aletin uç kısmında bulunan parça plastikten yapılmış olup, devir sayısı ölçülecek makinanın miline değdirilir. Bu lastikli uçlar mildeki kaymayı önler. Bu tip takometrelerin el tipi olduğu gibi, devri ölçülecek makinanın miline montajı yapılanlar da vardır. Analog takometrelere, arabalardaki devir ölçerler ile bisikletlerde kullanılan hız göstergelerini örnek olarak gösterebiliriz.



**Analog Takometre**

### **Dijital Takometreler**

Elektro-optik takometrelerdir. Elektro-optik bir algılayıcıdan bir ışık huzmesi gönderilir. Dönen cismin üzerindeki bir noktadan periyodik olarak geri dönen ışık toplanır. Bu yansıma elektronik devre tarafından algılanır. Bu ışığın periyodu dönen cismin periyodu ile aynıdır. Frekansı gerilime çeviren devre sayesinde devir sayısı ölçülmüş olur.



**Dijital Takometre**

Ekranında makinanın devir sayısını direkt olarak gösterdiği ve herhangi bir zaman içindeki değeri belleğinde tutma özelliğinden dolayı çok kullanışlıdır.

Yapı bakımından iki grupta incelenir.

- 1-** Optikli dijital takometreler
- 2-** Ünlversal tipi dijital takometreler



**Dokunmalı tip dijital yapılı takometre**



**Optik tip dijital yapılı takometre**

### **Stroboskop**

Hızla dönen bir tekerleğe baktığımızda bazen tekerin duruyor veya geriye doğru dönüyor gibi görüldüğünü hissederiz. Bu bir göz yanılgısıdır. Buna **stroboskopik etki** denir. Bu etki kullanılarak dönen cisimlerin devir sayıları ölçülebilir.

Stroboskop, ayarlanabilir frekansta yanıp sönen bir lambadan oluşan devir ölçü aletidir. Yanıp sönen ışığı devir sayısı ölçülecek motorun miline tutularak frekansı mil duruyor gözükene kadar ayarlanır. Frekans ayarlandıkça ışığın yanıp sönmeye hızı değişecek ve bir noktada motor mili sanki dönmüyormuş gibi görünecektir. İşte bu anda stroboskopun frekansı motor devrine eşitlenmiş demektir. Stroboskop üzerindeki frekans göstergesinden o andaki değer okunarak motor devir sayısı ölçülmüş olur.

Stroboskopun bize sağladığı yarar, takometrede olduğu gibi motor miline fiziksel bir temas olmasına ihtiyaç duymamasıdır. Bazı makinelerin yanına yaklaşmak mümkün olmayabilir veya yaklaşmak tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Ayrıca makina, çok küçük güçlü ise takometreye dokunduğumuzda dönüş hızını etkilemiş oluruz ve ölçümümüz yanlış çıkar. Stroboskopik takometre ile bu tür sakıncalar giderilmiş olur.



**Stroboskop**

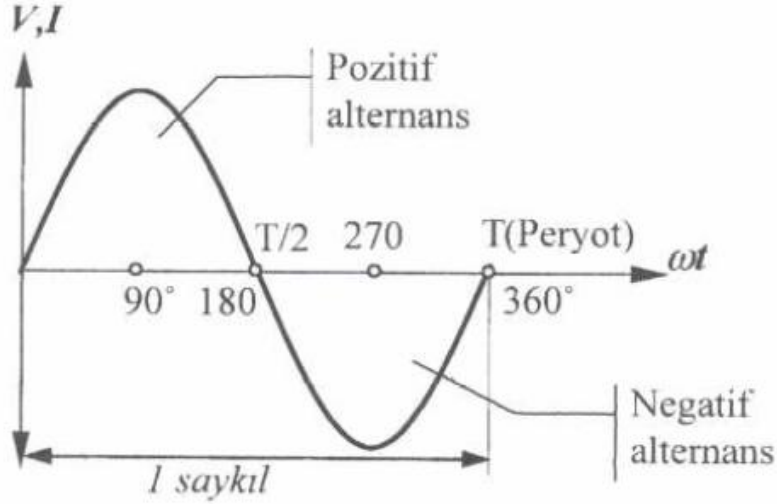
## FREKANS ÖLÇME

Frekans, yönü ve şiddeti değişen alternatif akım için geçerli bir terimdir. Doğru akımda yön ve şiddette bir değişme olmadığı için frekansta sıfırdır.

**Saykıl:** Alternatif akım veya gerilim sıfırdan başlar, maksimum değerini alır ve sıfıra döner, ters yönde de aynı işlem gerçekleşerek tekrar başlangıç noktası sıfıra döner. Akım veya gerilimin her iki yöndeki bütün değerleri almasına **saykıl** denir.

**Alternans:** Her bir yarım saykıla **alternans** denir. Gerilim veya akımın aldığı değerler buldukları bölgelere göre pozitif ve negatif olarak adlandırılır.

**Peryot:** Bir saykılın tamamlanması için geçen zamana **periyot** denir. "T" harfi ile gösterilir.

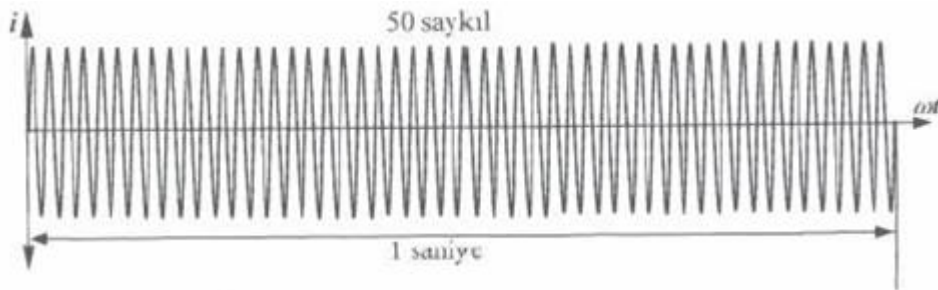


**Sinüsoidal eğri üzerinde değerlerin gösterilmesi**

**Frekans:** Bir saniyede oluşan saykıl sayısına **frekans** denir, "f" harfi ile gösterilir, birimi Hertz (Hz) veya saykıl/saniye (c/s)'dir. AC 'nın frekansı, gerilimi üreten alternatörün devir sayısı ve kutup sayısına bağlıdır.

$$f = \frac{P.n}{60} \text{ (Hz)}$$

Dünyada genelde ülkelerin şebeke frekansları 50 veya 60 Hz olup ülkemizdeki frekans değeri 50 Hz'dir. 50 Hz'lik frekans, 1 saniyede 50 saykılın oluşması anlamına gelir.



**50 Hz'lik şebekede 1 sn oluşan saykılın görünümü**

Alternatif akımla çalışan bütün cihazlar belirli bir frekans sınırı içinde çalışmak üzere imal edildiklerinden bu değerin, sabit tutulması gerekir. Aksi halde devreye bağlı bulunan cihazlar, normal çalışamazlar.

AC'da frekansının değişmesi, bobin ve kondansatörlerin endüktif ve kapasitif reaktanslarının değişmesine, alternatif akım motorlarının devir sayılarının değişmesine neden olmaktadır. İndüksiyon motorlarında döner alanın hızı, frekans ile doğru orantılı olduğundan, frekans

değiştikçe motorun devri de değişir. Devir sayısı  $n = \frac{60 \cdot f}{P}$  (d/d) olduğundan motorun devri (n), frekans (f) ile doğru, tek kutup sayısı (P) ile ters orantılıdır.

Aydınlatmada kullanılan lambaların frekansı, belli değerin altına düştüğü zaman açıkça yanıp söndüğü görülür. Bu da gözleri yorar.

Peryodu bilinen bir alternatif akımın frekansı,

$$f = \frac{1}{T}$$

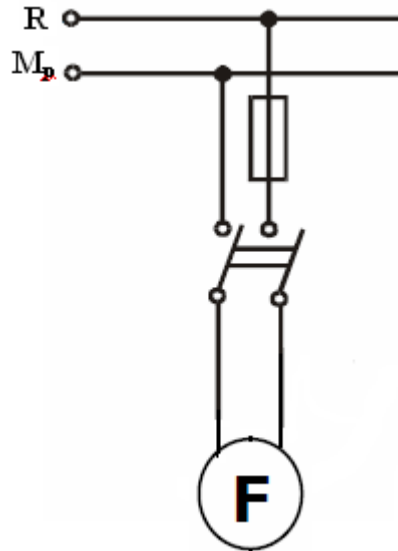
formülü ile hesaplanabildiği gibi frekansmetre ile direkt olarak da ölçülebilir.

**Örnek:** Peryodu 0,01 saniye olan alternatif akımın frekans değerini hesaplayınız.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ Hz}$$

### Frekansmetre

Alternatif akım tesislerinde devre frekansını Hertz cinsinden ölçen aletlere frekansmetre denir. Frekansmetreler devreye paralel bağlanır ve frekansmetrenin gösterdiği değer bir saniyedeki sayıklı sayıdır. Fazlararası veya faz-nötr arasına bağlanacak şekilde imal edilirler. Kullanım gerilimleri üzerine ayrıca yazılır.



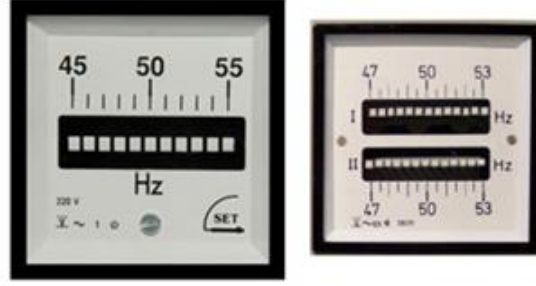
Frekansmetreler yapı olarak analog, dijital ve dilli olmak üzere sınıflara ayrılır. Analog ve dijital frekansmetrelerin yapısı diğer ölçü aletleri ile aynı olup dilli frekansmetrelerde skala ve değer ekranı yerine belirli frekans değerlerini temsil eden metal çubukların titreşimi ile frekans değeri tespit edilir.



**Analog frekansmetre**



**Dijital frekansmetre**



**Dilli frekansmetre**

### YALITKANLIK DİRENCİNİN ÖLÇÜLMESİ

Elektrikli cihazlar ve alıcılar devreye iletkenlerle bağlanırlar. Enerjinin alıcılara iletimi sırasında kaçak akım oluşmaması için, bu iletkenler kullanma yerlerine göre yalıtkan malzemelerle (kağıt, lastik, vernik, porselen) yalıtılırlar. Bir elektrik kablosunun izolasyon direnci ne kadar büyük ise, kaçak akım da o kadar küçük olur. Bu yalıtkanların elektrik akımına karşı gösterdikleri dirence yalıtkanlık direnci denir.

Yalıtkanlık direnci ölçümünde aşağıdaki hususları dikkate almalısınız.

- 1- □ Elektrik tesislerinde izin verilen kaçak akım değeri 1 mA'dir. Bunu unutmayınız.
- 2- □ Yalıtkanlık direncinin ölçülmesinde ölçüm için kullanılan gerilim en az 1000 V kullanılmalıdır. Yalıtkanlık ölçümü ne kadar yüksek gerilimle yapılırsa alınacak güvenlik tertibatları da o kadar iyi olur.
- 3- □ Ölçme için doğru akım kaynağı kullanılmalıdır.
- 4- □ Yalıtkanlık direnci ölçümünü çevre koşullarında yapmalısınız.

İyi bir yalıtım için kaçak akımın değeri, VDE normuna göre 1 mA'i geçmemelidir. Gerçekte ölçüm sınırı 30 mA'dir. Pratikte kaçak akım ölçülemez. Fakat hatların birbirine veya toprağa karşı olan direnci ohm cinsinden ölçülür. Bu değer ohm kanununa göre,

$$R = \frac{U}{I} (\Omega)$$

Bu eşitlikte akım değeri 1 mA olarak alınır.

Örneğin çalışma gerilimi 220 V olan bir tesisatta yalıtkanlık direnci,

$$I = 1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,001} = 220000 \Omega$$

Çalışma gerilimi 380 V olan bir tesisatta yalıtkanlık direnci,

$$R = \frac{U}{I} = \frac{380}{0,001} = 380000 \Omega \text{ 'dan küçük olmaması gerekir.}$$

**Yalıtkanlık direnci = Çalışma gerilimi x 1000 ( $\Omega$ )**

Ölçülen değer hesaplanan değerden küçük olmamalıdır. Yeni yapılan binalarda binanın nemli olmasından dolayı yalıtkanlık direnci küçük olabilir. Bu nedenle kuruması beklenmelidir.

Yalıtkanlık direncini doğrudan doğruya ölçen ölçü aletlerine **Meger** veya **Megaohmmetre** denir. Bunlar özel olarak üretilmiş portatif ohmmetrelerdir.

Meger, genel olarak doğru akım üreten bir generatördür. Genel olarak 100, 250, 500, 625, 1000, 1250, 2500, 500 volt DC gerilim üretebilirler.





Tanımından da anladığınız gibi megerler DC gerilim üretebilen kaynaklardır. Megerin gerilim üreten kısmından ayrı olarak ölçü aleti kısmı bulunur. Megerde üretilen gerilim ile ölçü aleti ve ölçülecek direnç bölümü beslenir. Aynen bir manyetoya benzemektedir. Megerlerde gerilim üretmek için kullanılan kol, elle ile çevrilebildiği gibi elektrik motoru ile çevrilen tipleri de bulunmaktadır. Genel olarak aletin ölçme kısmında akım bobini ve gerilim bobini görevini yapan iki bobin bulunur. Sanayide kullanılan megerler analog ve dijital olarak iki çeşittir. Ancak analog ölçü aletleri yerlerini dijital ölçü aletlerine bırakmaktadır. Genel olarak her iki çeşit meger ile ölçüm yapmak hemen hemen aynıdır.

Yüksek yalıtıklık dirençlerinin direkt olarak ölçülmesinde kullanılan megerler üç çeşittir.

- 1- Manyetolu çapraz bobinli megerler
- 2- Kolsuz megerler
- 3- Dijital megerler

Megerlerle akımı kesilmiş bir tesisatın, gerek kendi hatları arası ( $R-M_p$ ), gerekse hat ile toprak arası ( $R-T$ ,  $M_p-T$ ) dirençleri ölçülebilir.

Tesisatın, lambalar da dahil olmak üzere bütün alıcıları devreye bağlıyken megerin bir ucu toprağa, diğer ucu da akımsız tesisatın iletkenlerinden birine bağlanarak manyeto kolu çevrilir. Böylece meger tesisatın toprağa karşı olan yalıtıklık direncini gösterir. Aynı işlem diğer iletken için de tekrarlanır.

### Çalışması

1- Aletin dış bağlantı uçları (faz ile toprak) açıkken megerin manyeto kolu çevrilirse, üretilen akım, akım bobininden geçmez, devrede olan gerilim bobini üzerinden geçer. Çünkü akım bobininin uçları açıktır. Gerilim bobininin meydana getirdiği manyetik alan ölçü aletindeki bobin grubunu alan dışına iteceğinden, ölçü aleti sonsuz değer gösterir.

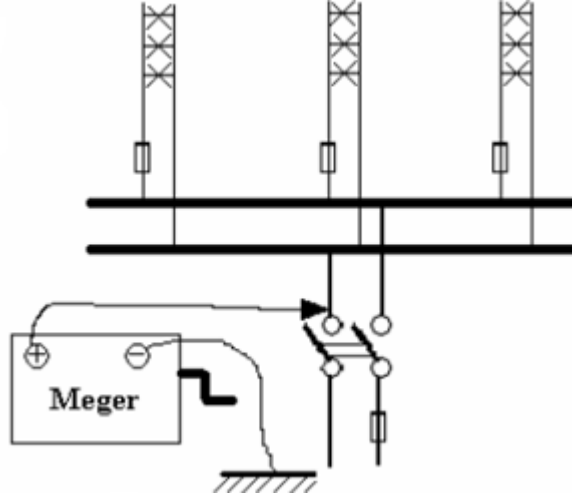
2- Aletin uçlarını kısa devre ederek manyeto kolu çevrilirse, yüksek dirençli gerilim bobininden akım geçmez. Üretilen akım, akım bobininden geçerek devresini tamamlar. Akım bobininde üretilen manyetik alan ölçü aletindeki bobin grubunu alan içine doğru çekeceğinden, ölçü aleti sıfırı gösterir.

3- Aletin uçlarına ölçülecek  $R_x$  direncini bağlayarak manyeto kolu çevrilirse, aletin hem akım hem de gerilim bobininden geçen akımın oluşturacağı manyetik alanlar zıt yönlü olduklarından, bobinlerde meydana gelen zıt momentli manyetik alanların dengelendiği oranda bir fark alan oluşarak, ölçü aletinin göstergesine bir değer olarak yansır. Dış devre direnci küçük ise, akım bobininden geçen akım büyük olur, gösterge sıfıra doğru gider. Dış devre direnci büyük ise, akım bobininden geçen akım küçük olur, gerilim bobini etkisini göstererek göstergesi sonsuza doğru yaklaşır.

### Megerle Yalıtkanlık Direncinin Ölçülmesi

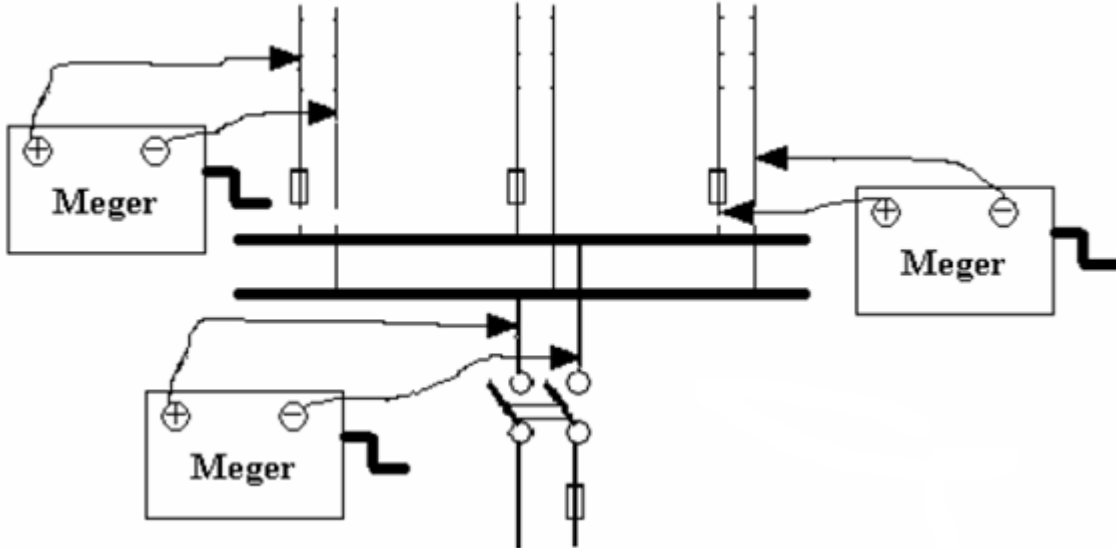
Bir tesisatın toprağa karşı yalıtkanlık direncinin ölçülmesi:

- 1- □Tesisatın enerjisini kesiniz.
- 2- □Lambalar dâhil tüm alıcıların devrede kalmasını sağlayınız.
- 3- □Megerin bir ucunu toprağa, diğer ucunu akımsız tesisatın iletkenlerinden birisine bağlayınız.
- 4- Ölçü aletinin açma kapama (on-off) düğmesi var ise düğmesini açınız.
- 5- □Manyeto kolunu çevirerek göstergeden değeri okuyunuz.
- 6- □Okuduğunuz değer tesisatınızın toprağa karşı yalıtkanlık direncidir.



Meger ile bir tesisatın yalıtkanlık direncinin ölçülmesi

### Kablolar Arası Yalıtkanlık Direncini Ölçmek



Meger ile iletkenler arası yalıtkanlık direncinin ölçülmesi

**YARARLANILAN KAYNAKLAR:**

- 1- Elektrik Elektronik Ölçmeleri ve İş Güvenliği – Mahmut NACAR
- 2- Elektrik Elektronik Ölçme Tekniği ve İş Güvenliği – Mahmut ALACACI
- 3- Elektrik Ölçme Tekniği ve Laboratuvarı - Mahmut ALACACI
- 4- Ölçme Tekniği ve Laboratuvarı – Osman SOYDAL
- 5- Elektrik Laboratuvarı 1 - Mahmut ALACACI
- 6- Elektrik Laboratuvarı Deneyleri 2 - Mahmut ALACACI
- 7- Megep ve çeşitli internet sayfaları