# 1. ÖLÇÜ ALETLERİ

## 1.1. Ölçmenin Önemi

Ölçme, bugün gündelik hayatımızda çokça kullandığımız bir işlem olup uzunluğu metre, ağırlığı kilogram, sıcaklığı santigrat ve sıvı hacimlerini litre ile ölçmekteyiz. Herhangi bir uzunluk miktarı ölçülürken dünyada herkes tarafından kabul edilen 1 metrelik uzunluğun ölçülecek uzunluk içerisinde ne kadar bulunduğunun karşılaştırılması yapılır. Diğer tüm ölçme işlemlerinde mantık aynıdır. Günlük hayatta ölçüm yapmak ve herhangi bir büyüklüğü, o büyüklüğün birimi ile karşılaştırmak işlemi ile farkında olarak veya olmadan çoğu kez karşılaşıp ölçme yapmadan birçok işlemlerimizi sonuçlandıramamaktayız. Alacağımız ürünü standart birimi ile karşılaştırıp miktarını ve fiyatını tespit etme ihtiyacı, ölçme işlemini zorunlu kılan bir faktördür. Elektriksel büyüklüklerinin ölçülmesi, yani kendi birimi ile karşılaştırmasını da zorunlu kılan faktörler mevcuttur. Bunlar: Harcanan elektrik enerjisini ölçmek, alıcının çalışma standartlarına uygun elektriksel büyüklükler ile çalışıp çalışmadığını kontrol ederek sürekli ve kesintisiz çalışmayı sağlamak, ölçülen elektriksel büyüklüğün değerine göre istenmeyen durumlar için önlem almak, elektrik ve elektronik elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapmak, devre veya devrelerde arıza tespiti yapmak ve enerji olup olmadığını kontrol etmek bu zorunluluğu meydana getiren faktörlerden bazılarıdır.

Fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinde, her büyüklük için bir ölçü birimi kullanıldığı gibi, elektriksel büyüklüklerin ölçülmesinde de elektriksel birimler kullanılır.

## 1.2. Elektriksel Ölçü Aletlerinin Tanıtılması

**Resim 1.2: Tipik elektrik ölçü aleti**

Elektriksel büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılan ölçü aletleri çok çeşitli tip ve modellerde olmasına karşılık, (Resim 1.2) 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.

### 1.2.1. Yapısına Göre Ölçü Aletleri

Yapısına göre elektriksel ölçü aletleri, kendi aralarında ikiye ayrılır. Bunlar analog ölçü aletleri ve dijital ölçü aletleridir. Şimdi bunları sırası ile inceleyelim.

- **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. Resim 1.3'te bazı analog ölçü aletleri görülmektedir. Analog ölçü aletlerinin yapısı ve kullanım şekli ilerideki konularda ayrıntılı olarak işlenecektir.

**Resim 1.3: Analog ölçü aletleri**

- **Dijital Ölçü Aletleri**

Ölçtüğü değeri dijital bir gösterge de 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 (Resim 1.4).

**Resim 1.4: Dijital ölçü aletleri**

## 1.2.2. Ölçtüğü Büyüklüğü Gösterme Şekline Göre

Ölçtüğü büyüklüğü kişiye çeşitli şekillerde yansıtan ölçü aletleri kendi aralarında üçe ayrılır. Bunlar; gösteren ölçü aletleri, kaydedici ölçü aletleri, toplayıcı ölçü aletleridir.

- **Gösteren Ölçü Aletleri**

Bu ölçü aletleri ölçtükleri elektriksel büyüklüğün o andaki değeri skalasından veya göstergesinden gösteren, başka bir ölçüme geçildiğinde eski değeri kaybedip yeni ölçüm değerini gösteren ölçü aletleridir (Resim 1.5). 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.

**Resim 1.5: Gösteren ölçü aletlerine örnekler**

- **Kaydedicili Ölçü Aletleri**

Kaydedici ölçü aletleri, ölçülen büyüklüğün değerini zamana bağlı olarak grafik kağıdı üzerine çizerek kayıt ederler (Resim 1.6). Bu ölçü aletlerinde geriye dönük ölçülen değerlerin okunması ve incelenmesi mümkündür. Bu tip ölçü aletleri genellikle elektrik santrallerinde üretilen enerjinin takibi için kullanılır.

**Resim 1.6: Kaydedicili ölçü aletlerine örnekler**

- **Toplayıcı Ölçü Aletleri**

Toplayıcı ölçü aletleri, ölçtükleri elektriksel büyüklük değerini zamana bağlı olarak toplarlar (Resim 1.7). Bu ölçü aletlerinin ekranında okunan değer, ölçüme başladığı andan itibaren ölçtüğü değerdir. Yani ölçtüğü değeri bir önceki değerin üstüne ilave ederek ölçüm yaparlar. Enerji kesildiğinde ölçülen değer sıfırlanmaz. Elektrik sayaçları bu tip ölçü aletlerine verilebilecek en iyi örneklerden biridir.

**Resim 1.7: Toplayıcı ölçü aletlerine en iyi örnek sayaçlardır**

### 1.2.3. Kullanım Yerlerine Göre Ölçü Aletleri

Kulanım şekline göre ölçü aletleri taşınabilir ve pano tipi olmak üzere ikiye ayrılır. Şimdi bunları sırası ile açıklayalım.

- **Taşınabilir 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 (Resim 1.8). 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.

**Resim 1.8: Taşınabilir ölçü aletleri**

- **Pano Tipi Ölçü Aletleri**

Bu tür ölçü aletleri sanayide, fabrikalarda ve atölyelerde, elektriki büyüklüklerin sık sık kontrol edilmesi istenen yerlerde kullanılır. Pano veya tablo üzerine özel montaj

malzemeleri kullanılarak sabitlenen bu ölçü aletleri dik çalışacak şekilde tasarlanır (Resim 1.9). Günlük ölçümlerde ve deney masalarında kullanım için uygun değildir. Pano tipi ölçü aletleri sipariş edilirken gösterme şekli ne olursa olsun 3 ayrı ölçüde imal edilirler. Bu ölçüler 72x72, 96x96, 144x144 mm şeklindir. Bu boyutlar arasında teknik olarak bir farklılık olamayıp görünüş ve okuma kolaylığı dikkat alınarak seçim yapılır.

**Resim 1. 9: Pano tipi ölçü aletleri**

## 1.3. Çeşitli Elektriksel Ölçü Aleti Tanımları

Elektrik elektronik alanında en çok kullanılan ölçü aletleri aşağıda belirtilmiştir. Bu ölçü aletlerinin tamamının dijital ve analog modelleri mevcuttur. Bu ölçü aletleri ve ölçtüğü büyüklüklere kısaca değinelim;

- **Ampermetre:** Doğru veya alternatif akım devrelerinde alıcının çektiği akımı ölçen ölçü aleti olup devreye seri bağlanır. Ampermetreler (A) harfi ile belirtilir.

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

- **Lcrmetre:** 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.

- **Wattmetre:** Doğru ve alternatif akım devrelerinde alıcıların çektikleri elektriksel gücü ölçen aletleridir. Wattmetreler akım ve gerilim bobinlerine sahip olup akım bobini devreye seri, gerilim bobini devreye paralel bağlanır. Güç hesaplamalarda (P) harfi ile ifade edilir.

- **Frekansmetre:** Alternatif akım devrelerinde elektrik enerjisinin frekansını ölçen aletlerdir. Frekansmetreler devreye paralel bağlanır ve (Hz) şeklinde ifade edilir.

- **Multimetre:** Elektrik veya elektronik devrelerinde akım, gerilim, direnç, frekans endüktans ve kapasite ölçümü yapar. Bunların yanı sıra elektronik elemanların sağlamlık kontrolü ve uç tespiti işlemleri yapabilen tümleşik ölçü aletleridir.

- **Osilaskop:** Elektrik ve elektronik devrelerinde akım ve gerilimin değeri, frekans ve faz farkı ölçümlerini dijital veya analog ekranda grafiksel olarak gösteren aletlerdir.

- **Elektrik Sayacı:** Elektrik devrelerinde alıcıların harcadığı elektrik enerjisini, yani harcanan güç ile zaman çarpımını ölçen ölçü aletleridir. sayaçlarda akım ve gerilim bobini olmak üzere iki bobin bulunur. Akım bobini devreye seri, gerilim bobine devreye paralel bağlanır.

## 1.4. Ölçü Aletlerine Ait Terimler

### 1.4.1. Doğruluk Derecesi

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 ölçü aletinin üzerine yazılarak belirtilir. Belirtilen bu hata miktarının ölçü aletinin ölçme sınırının aşılmadığı sürece geçerli olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca 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. Ölçü aletleri doğruluk derecesine göre 0,1-0,2-0,5-1-1,5-2,5 olmak üzere altı sınıfa ayrılır. 0,1 ve 0,2 sınıfına dahil olan ölçü aletlerinin hata yüzdesi az olup yaptıkları ölçümlerin doğruluğu yüksektir. 1,5 ve 2,5 sınıfına dahil olan ölçü aletlerinde ise hata yüzdesi fazla olup yaptıkları ölçümlerin doğruluğu, yani gerçek değerle ölçülen değer arasındaki fark daha fazladır.

0,5 sınıfı bir voltmetrenin son skala taksimatı 1000 volttur. Bu ölçü aletinin yapabileceği en büyük ölçüm hatasını bulacak olursak:

%0,5x1000=0,005x1000=5 volt

yani 0,5 sınıfı, bu ölçü aletinin 1000 volt değerinden 5 volta kadar fazla ya da 5 volta kadar az bir değer gösterebileceğini ifade eder.

### 1.4.2. Duyarlılık

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 sapar. Dijital ölçü aletlerinde duyarlılık, 380,1 volt yerine 380,18 volt olarak ifade eden ölçü aleti daha hassastır. Çünkü daha küçük büyüklük değişimlerini ifade edebilmektedir.

### 1.4.3. Sabite

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.

**Sabite:**
K= Aletin ölçme sınırı/ Alet skalasındaki bölüntü sayısı olarak ifade edilir.

### 1.4.4. Ölçme Sınırı

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

### 1.4.5. Ölçme Alanı

Bir ölçü aletinin skalasında gösterdiği en küçük değer ile en büyük değer arasında kalan kısım ölçü aletinin ölçme alanını verir. Örneğin, bir ampermetrenin skala taksimatındaki en küçük değer sıfır, en büyük değer 5 A ise bu ampermetrenin ölçme alanı (0 - 5 A) olarak ifade edilir. Bir voltmetrenin skala taksimatındaki en küçük değer -10 mV en büyük değer +10 mV ise bu voltmetrenin ölçme alanı (-10 + 10 mV ) olarak ifade edilir.

### 1.4.6. Ölçü Aletlerinin Enerji Sarfiyatı

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 aletleri ölçüm için bağlantı yapılan noktadan enerji sağlarken dijital ölçü aletleri güç sarfiyatını kendi içerisinde bulunan pilden sağlarlar, şebekeden beslenen dijital ölçü aletlerinde (pano tipi) ise sarfiyat ölçülen değere göre değişmez, sabittir.

### 1.4.7. Ölçü Aleti Şeçimi ve Kullanımı

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 yüzden bir elektriksel büyüklüğün ölçümü yapılmadan önce doğru ve uygun ölçü aleti seçilmelidir. Seçim yapılırken aşağıda belirtilen özellikler ve ölçülecek büyüklük ve ölçü aleti için uygun olmalıdır.

- Ø Ölçü aleti, ölçüm yapılacak elektrik enerjisi çeşidine uygun olmalıdır. (AC-DC) Ölçü aleti hem AC hem DC' de ölçüm yapabiliyorsa mutlaka doğru kısım seçilmelidir.

- Ø Ölçü aletinin ölçme sınırı ve ölçme alanı ölçülecek büyüklüğe uygun olmalıdır. Hiçbir koşul altında ölçü aleti ile ölçme sınırını aşan ölçüm yapılmamalıdır. Bu hem ölçü aleti hem de ölçüm yapan için sakıncalar oluşturabilir.

- Ø Ölçüme başlamadan önce, ölçü aleti kademe seçimi gerektiriyorsa mutlaka yapılmalıdır. Aksi takdirde kademe seçiminin yanlış yapılmasından kaynaklanan arızalar ile karşılaşılabilir.

- Ölçü aletinin hassasiyeti yapılacak ölçüme uygun olmalıdır. Örneğin; bir transistörün çekeceği akım ölçülürken kullanılan ampermetre ile bir elektrik motorunun çektiği akım ölçülürken kullanılacak ölçü aletinin sahip olması gereken hassasiyet farklıdır.

## 1.5. Analog Ölçü Aletleri

Analog ölçü aletlerinin tanımından daha önce bahsetmiştik, şimdi bu ölçü aletlerinin ortak özelliklerine ve yapılarına değinelim.

### 1.5.1. Analog Ölçü Aletlerinin Ortak Özellikleri

Analog ölçü aletlerinin çok çeşitli yapı ve çalışma prensibine sahip olanları bulunmakla birlikte bunların hepsinde de ortak olan özellikler bulunmaktadır.

#### 1.5.1.1. Çalıştırma (Saptırma) Kuvveti

Ölçü aleti devreye bağlandığında aletin ibresi bulunduğu yerden ileriye doğru sapar. Sapmayı gerçekleştiren bu kuvvete **çalıştırma kuvveti** denir. Saptırma kuvvetini elektrik akımı meydana getirir. Saptırma kuvveti, ölçü aletinin ibresini skala taksimatı üzerinde hareket ettiren kuvvettir. Çalıştırma kuvveti, ölçü aletinin hareketli kısmında meydana gelen sürtünme kuvvetini yenip ölçüm miktarına göre skalada gerekli sapmayı gerçekleştirecek kadar olmalıdır. Bu yüzden ölçü aletinin hareketli mekanizmasındaki sürtünme kuvveti çok az olmalıdır. Saptırma kuvveti, aletin hareketli kısmının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Ölçü aleti ne kadar küçük ise çalıştırma kuvvetini meydana getirecek akım miktarı o kadar azalır. Bu sayede aletin ölçüm yaparken harcadığı enerji de o kadar küçülmüş olur.

#### 1.5.1.2. Kontrol Kuvveti

Çalıştırma kuvvetine karşı koyan başka bir kuvvet bulunmazsa herhangi bir değer ölçüldüğünde meydana gelecek çalıştırma kuvveti sürtünmeyi yendikten sonra ibrenin sona kadar sapmasına neden olur. Bu sebepten dolayı ölçü aletlerinde kontrol kuvveti ile çalıştırma kuvveti sınırlandırılır. Çalıştırma ve kontrol kuvvetinin birbirine eşit olduğu anda ibre, ölçülen değerin ifade edildiği noktada durmuş olur.

Ölçü aletlerinde kontrol kuvveti iki şekilde sağlanır.

**Şekil 1.1: Kontrol yayı ve karşı ağırlıkla kontrol kuvveti**

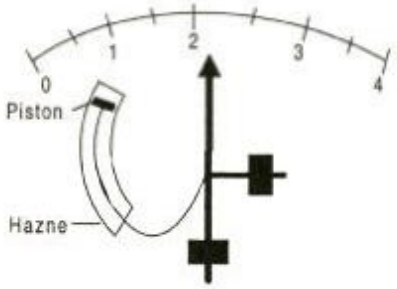
- **Yay ile Kontrol Kuvveti:** Genel olarak spiral şeklinde sarılmış yaylar kullanılır. Spiral yayın bir ucu hareketli kısma; bir ucu ise sabit kısma tutturulur. Çalıştırma kuvvetinin etkisi ile hareketli kısım dönünce yay kurulur ve yayın sıkışması ile meydana gelen kuvvet ibreyi frenler, aynı zamanda yayda meydana gelen bu kuvvet ölçme işlemi tamamlandığında ibrenin sıfıra dönmesini sağlar. Kontrol yayları ibrenin dönme yönüne ters olacak şekilde monte edilirler.

- **Karşı Ağırlık ile Kontrol Kuvveti:** Ölçü aletlerinin bazılarında kontrol kuvveti küçük ağırlıklar ile sağlanır. Bu ağırlıklar genellikle ibrenin arka kısmına doğru ve birbirine dik gelecek şekilde yerleştirilir. İbre sıfır konumunda iken ağırlıkların hiçbir etkisi yoktur, çalıştırma kuvveti ile ibre saptığında denge noktası değişen ağırlıklar kontrol kuvveti görevi yaparlar. Bu teknikte kontrol kuvveti sapma açısı ile doğru orantılı olduğundan sapma az iken kontrol kuvveti az, sapma çok iken kontrol kuvveti çoktur. Bu yüzden logaritmik skala taksimatına sahip ölçü aletlerinde daha çok kullanılır. Bu ağırlıklar vidalı yapılarak kalibrasyon için ağırlıkların açılarının ayarlanması ve ölçü aletlerinde meydana gelen ölçme hatalarının azaltılması sağlanır.

#### 1.5.1.3. Amortisör Kuvveti

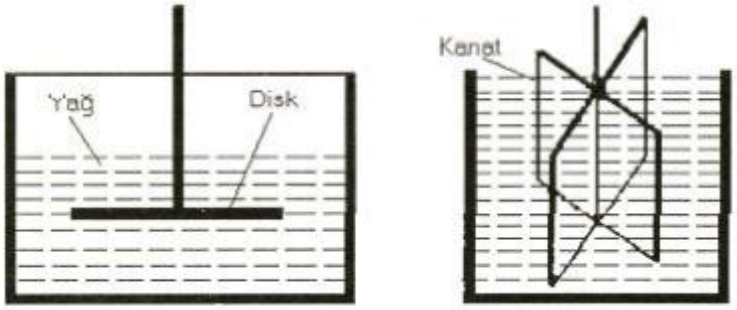
Herhangi bir elektriksel büyüklük ölçüldüğünde ölçü aletinin ibresi meydana gelen çalıştırma kuvveti etkisi ile sapar. Bu esnada meydana gelen kontrol kuvveti bu sapmayı engellemek için devreye girdiğinden, ibre bir süre bu iki kuvvet arasında gidip gelir. Bu durum ibrenin salınım yaparak ölçme süresinin uzamasına ve zaman kaybına neden olur. Bunun önüne geçmek için ölçü aletlerinde ibreyi frenleyen ve salınım yapmasını önleyen amortisör kuvvetleri oluşturulur. Amortisör kuvveti ibre hareket ederken kendini gösterip hareket bittiğinde etkisi ortadan kalkan bir kuvvet olup değişik şekillerde oluşturulur.

- Havalı amortisör
- Sıvılı amortisör
- Elektromanyetik amortisör
- **Havalı Amortisör:** Bu amortisör sisteminde ibre, bir manivela kolu ile pistona bağlıdır. Pistonun bir ucu ölçü aletinin hareketli kısmına yani ibreye bağlanmıştır. İbrenin hareketi pistonu hareketlendirir ve piston içerisinde sıkışarak basıncı yükselen hava ibrenin hareketine ilave bir direnç göstererek ibre hareketini sınırlandırır. Böylece aşırı sapmayı ve salınımı önler.

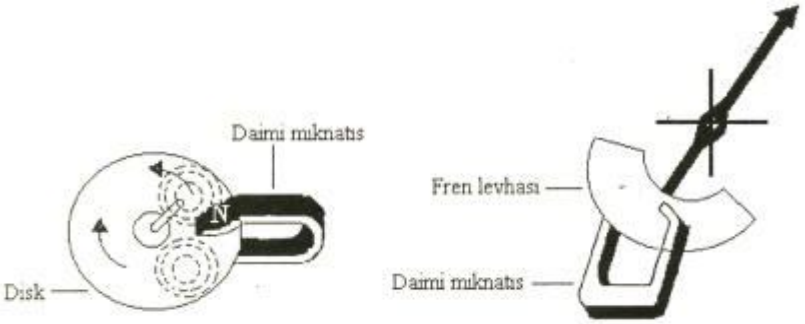



**Şekil 1.2: Havalı amortisör**

- **Sıvılı Amortisör:** Çalışma prensibi olarak havalı amortisör sistemine benzer. Aletin miline dişli veya kanat takılmıştır. Diskin yağ içerisinde dönmesi esnasında bir sürtünme oluşur. Böylece ibrenin sapma hızı yavaşlamış olur. Amortisörün güçlü olması istenirse kanatlı tipler tercih edilir. Sıvılı amortisörün en büyük sakıncası dik kullanma mecburiyeti ve yağ sızdırma tehlikesidir.




**Şekil 1.3: Dik ve kanatlı tip sıvılı amortisör**




**Şekil 1.4: Elektromanyetik amortisör**

- **Elektromanyetik Amortisör:** Bu amortisör şeklinde daimi mıknatıs kutupları arasında döndürülen bir disk üzerinde oluşan fukolt akımlarının, kendini meydana getiren sebebe karşı koyma etkisine dayanır. Disk, manyetik kuvvet çizgileri içerisinde hareket ederken kuvvet çizgilerinin diski kesmesi sonucu disk üzerinde manyetik alan oluşur. Lens kanuna göre oluşan bu alanın yönü diski frenleyecek yöndedir. Bu amortisör sistemi manyetik alandan etkilendiğinden manyetik alanın bulunduğu ortamlarda kullanılamaz.

#### 1.5.1.4. Atalet Momenti

Ölçü aleti ölçüm yapılacak noktaya bağlandığı anda, ölçülen büyüklüğün etkisi ile ölçü aletinin hareketli kısmı ani bir hareketlenme kazanır ve çoğu zaman ibre göstermesi gereken değerden ileriye doğru sapar. İşte bu ilk anda meydana gelen momente atalet momenti denir. Atalet momenti, daha sonra amortisör ve kontrol kuvveti tarafından dengelenir ve ibre, göstermesi gereken değerde kalır. İbrenin dengelendiği ve göstermesi gereken değerde kaldığı bu kuvvet değeri de çalıştırma kuvveti olarak nitelendirilir.

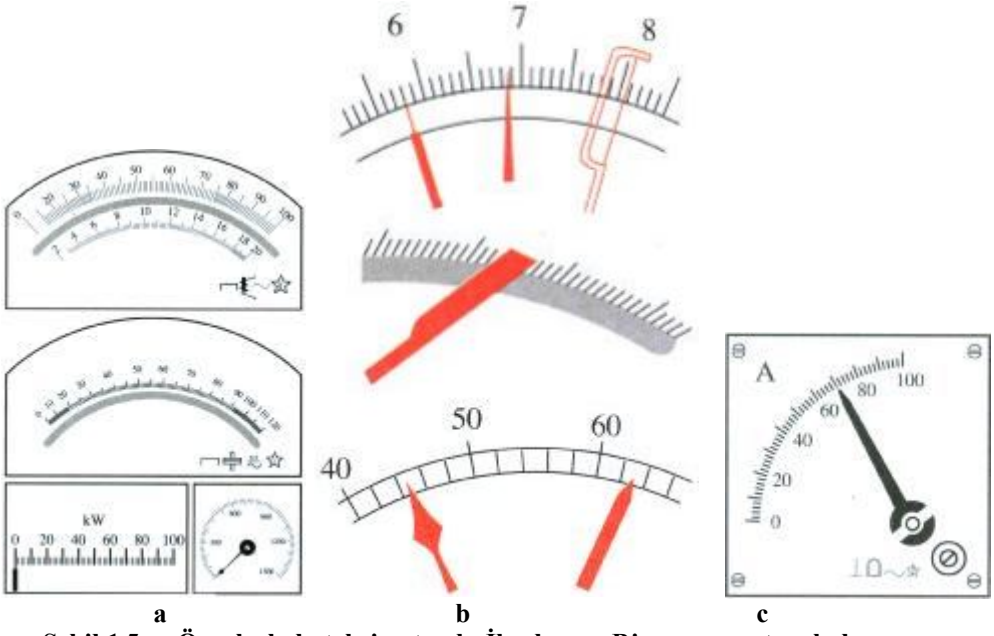
### 1.5.2. Analog Ölçü Aletlerinin Mekanik Kısımları

Analog ölçü aletlerinin mekanik kısımları genel olarak; daimi mıknatıslılar skala taksimatı ve ibreler, sıfır ayar vidası ve ibrelerden oluşmaktadır.

#### 1.5.2.1. Daimi Mıknatıslar

Elektrik ölçü aletlerinde kullanılan mıknatıslar çok yer kaplamakta ve ağırlık yapmaktadır. Bu nedenle ölçü aletlerinde kullanılacak mıknatısların küçük ebatta ve hafif olması ölçü aletlerinin ağırlığının azalmasına sebep olmaktadır. Daimi mıknatıs yapımında genellikle volframlı çelikler, kobaltlı çelikler ve alüminyum nikelli çelikler kullanılır. Alüminyum nikelli çelikten yapılan daimi mıknatıslar daha kuvvetli bir manyetik alan oluşturur.

#### 1.5.2.2. Skala Taksimatı ve İbreler




a b c

**Şekil 1.5: a-Örnek skala taksimatı, b- İbreler, c- Bir ampermetre skalası**

Analog ölçü aletlerinde, ölçülen büyüklüğü bir ibre ve kadran taksimatı belirler. Ölçülen büyüklüğün miktarı kadar sapma yapan ibre, skala üzerinde bir yerde durur. İbrenin kendisinin ya da ucundaki ince kısmının skaladaki değerle tam çakıştığı yer o andaki ölçülen büyüklüğün değeridir. Skala levhaları genellikle alüminyum, sac, çinko veya presbant kağıttan yapılırlar ve üzeri beyaz boya ile boyanarak okunacak değerler siyah yazı veya işaretler ile taksimatlandırılır.

Okuma hatasını azaltmak amacı ile ibre ve skala taksimat çizgilerinin mümkün olduğu kadar ince (0,08 mm) olması gerekir. Taksimat çizgilerinin altına şerit halinde bir ayna yerleştirilir. Bu ayna ibrenin kendisi ile görüntüsünün üst üste getirilerek ibreye tam karşıdan bakılmasını ve okuma hatasının azaltılmasını sağlar.

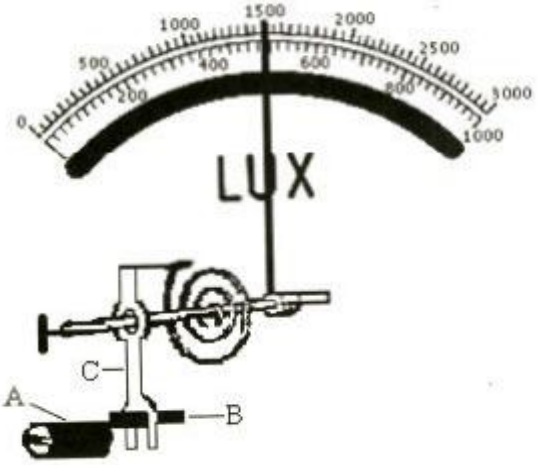
Analog ölçü aletlerinin birçoğunda tek bir skala olmasına karşılık birden fazla kademe kullanılarak aynı büyüklüğün farklı değerlerinin veya farklı farklı büyüklüklerin ölçülmesi sağlanır. Her skala taksimatının ölçtüğü değerler üzerine, büyüklüklerin cinsi de yanına yazılmıştır. Analog ölçü aletlerinde ibrenin gösterdiği değer kademe anahtarının bulunduğu konuma göre değişik çarpanlar ile çarpılır.

Analog ölçü aletlerinin skala taksimatında genellikle aşağıda belirtilen bilgilere yer verilir:

- Ø Ölçü aletini yapan firmanın adı ve firmanın amblemi
- Ø Elektrik akımının hangi cinsinde kullanılacağı (AC-DC)
- Ø Aletin ölçüm yapılırken bulunması gereken duruş şekli
- Ø Aletin duyarlılığı
- Ø Ölçü aletinin yalıtkanlık kontrolünün kaç volt ile yapıldığı
- Ø Ölçü aletinin sembolü
- Ø Ölçme hatası
- Ø Üretim ve seri numarası
- Ø Kullanım frekansı

**1.5.2.3. Sıfır Ayar Vidası ve Kalibrasyon**

Analog ölçü aletlerinin, uzun zaman kullanılmasından ve ani yüklenmesinden dolayı kontrol yayı özelliğini az da olsa kaybeder. Aletin sarsılması ve eğikliği de sıfır ayarını bozabilir. Böyle durumlarda, ölçme sonunda gösterge tam sıfır noktasına gelmez. Bunun için ölçü aletine sıfır ayar vidası ilave edilmiştir.




**Şekil 1.6: Sıfır ayar vidası**

Sıfır ayar vidası, ölçü aletinin dış muhafazasının ön cephesi üzerine konmuş olup genellikle skala taksimatın hemen altındadır. A ayar vidasının alt ucunda ise eksantrik B pimi mevcuttur. Bu pim, C ayar manivelasının kanallı kısmına geçirilmiş olduğundan A ayar vidasını bir tornavida ile sağa sola çevirmekle gösterge sıfır noktasına getirilir. C ayar manivelası döndüğü yerden izole edilmiştir. Ayar vidası ile yapılmış iyi bir ayar, mevcut gösterge bölümleri toplamının %6-12 arasında olmalıdır. Analog ölçü aletlerinin sıfır ayarı; ölçmeye geçmeden önce mutlaka kontrol edilmeli, gerekiyorsa düzeltilmelidir. Şayet aletin sıfır ayarı, hareketli sistemin dengesizliğinden dolayı bozulmuşsa bu hatayı, sıfır ayar vidası düzeltmez.

## 1.6. Dijital Ölçü Aletlerinin Genel Tanımı

Analog ölçü aletleri ile yapılan ölçümde ibre sapmasıyla ibrenin skala taksimatı üzerinde gösterdiği değer ölçülen değerdir. Ölçülen değerin okunması sırasında okuma tekniğini yeterince bilmemekten kaynaklanan okuma hatası yapılabilir. Ancak, günümüzde üretilen dijital ölçü aletleri ile yapılan ölçümlerde daha kolay sonuç alınabilmekte ve okuma hatasından kaynaklanan hatalar söz konusu olmamaktadır. Dijital ölçü aletleri, ölçtüğü değeri ayrıntılı olarak ast ve üst katlarını belirterek sayısal olarak ölçebilmektedir. Dijital ölçü aletleri aynen analog ölçü aletlerinde olduğu gibi tek büyüklüğü ölçmek için ampermetre, voltmetre, wattmetre vb. şeklinde yapılmaktadır. Aynı zamanda birden fazla büyüklüğü ölçmek ve değişik test işlemlerini yapmak için de dijital multimetreler yapılmaktadır. Dijital multimetreler ile akım, gerilim, direnç ve endüktans ölçümlerinin yanı sıra frekans, diyot kontrol, sıcaklık, transistör $\alpha$ ya da akım kazancı vb. değerler de ölçen dijital ölçü aletleri üretilmektedir. Bu yüzden bu ölçü aletlerine, çok sayıda büyüklük ölçtüğünden **multimetre** denmektedir. Günümüzde dijital multimetrelerde ölçülecek büyüklüğe uygun kademe seçme şartı ortadan kalkmıştır. Bu multimetreler ile akım ölçülecekse kademe anahtarı akım bölümüne getirildiğinde multimetre mikro amper seviyesinden amper seviyesine kadar olan akım değerlerinin hepsini kademe seçimi yapmadan ölçebilmektedir.

Analog ve dijital ölçü aletlerinin birbirlerine göre bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Analog ölçü aletleri ölçtüğü değeri hemen gösterirken dijital ölçü aletlerinde bu süre biraz uzamaktadır. Analog ölçü aletlerinde özellikle küçük değerlerde kademe küçültülerek daha hassas ölçüm yapılabilirken dijital ölçü aletlerinde hassasiyet değişmez, yani analog ölçü aletleri ile daha hassas ölçümler yapılabilir. Analog ölçü aletlerinin yapısı basit, tamiri kolayken dijital ölçü aletlerinin yapısı daha karmaşıktır. Buna karşılık analog ölçü aletlerinde ibrenin gösterdiği değer ile kademe anahtarının konumuna göre hesaplama gerekebilir. Dijital ölçü aletlerinde okuma hatası yapmak mümkün değildir. Çünkü, ölçüm değeri direkt olarak okunan değerdir. Manyetik alandan etkilenmez. Ölçme hataları analoglara göre daha azdır.

Analog ölçü aletlerinin skalası üzerinde bulunabilecek semboller ve anlamları aşağıdaki tabloda verilmiştir.(Tablo 1.1).

| 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 | 1,5 / 2 | Alet doğru akımda % 1,5<br>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<br>(bir ölçme sistemli) |
| 8 | | Elektrodinamik çapraz bobinli ölçü aleti (demirsiz) | 29 | | Üç fazlı akım için<br>(iki ölçme sistemli) |
| 9 | | Elektrodinamik çapraz bobinli ölçü aleti (demirli) | 30 | | Üç fazlı akım için<br>(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<br>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 | | İndirekt ısıtılmış termo eleman | 41 | | Sıfır ayar tertibatı |
| 21 | | Redresör | 42 | | Çalışma tertibatına dikkat ediniz |

**Tablo 1.1: Ölçü aletlerinin özelliklerini belirten semboller**

Ölçü aletlerine ait semboller tablosu aşağıda belirtilmiştir.

| ELEKTRİK ÖLÇÜ ALETLERİNİN GÖSTERME ŞEKLİNE GÖRE SEMBOLLERİ | | | |
|---|---|---|---|
| Şekli | Anlamı | Şekli | Anlamı |
| | Göstergeli ölçü aleti (genel) | Lx | Lüksmetre |
| | Yazıcı ölçü aleti (genel) | Ω | Ommetre |
| | Sayıcı ölçü aleti (genel) | A.V. Ω | Avometre |
| | Gerilim bobini ölçer | F | Frekansmetre |
| | Akım bobini ölçer | n | Turmetre (takometre) |
| | Uç çıkartılmış alet | W | Kaydedici vatmetre |
| | Göstergesi bir yönlü ölçü aleti | U(t) | Osiloskop |
| | Göstergesi ortada iki yönlü ölçü aleti | Ω | Sıfır ayarlı omik direnç ölçme köprüsü |
| 10001 | Sayıcı (numaralı)ölçü aleti | | Kaydedici ölçü aleti |
| A | Göstergeli ampermetre | | Noktalayıcı ölçü aleti |
| V | D.A ve A.A voltmetresi | kwh | Bir fazlı alternatif akım sayacı |
| 0 | Alternatif akım sıfır aleti | kwh 3 | 3 telli 3fazlı aktif sayaç |
| V | Çift voltmetre | kvarh | 3 telli 3fazlı reaktif sayaç |
| ΔU | Fark voltmetresi | Wh | 1 kutuplu 1 fazlı çift tarifeli sayaç |
| W | Göstergeli vatmetre | kwh 3/mp | 4 telli 3fazlı aktif sayaç |
| cos φ | Göstergeli kosinüsfimetre | Ah | Amper-saat metre |
| | Senkronoskop | G | Gausmetre |

**Tablo 1.2: Ölçü aletleri sembolleri**

# 2. DİRENÇ ÖLÇME

## 2.1. Direnç ve İletken

En basit ifade ile direnç elektrik akımına karşı gösterilen zorluk olarak ifade edilebilir. Direnci teknik olarak tanımlayacak olursak: 1 mm2 kesitinde, 106,3 cm boyunda cıva silindirin 0°C' deki direncine 1 ohm (Ω) denir. Bir elektrik devresine gerilim uygulandığında, alıcıdan akım geçmektedir. Geçen akımı sınırlayan etken ise alıcının direncidir. Buradan şu sonuca varabiliriz. Eğer iletkenin direnci fazla ise geçen akım miktarı az, iletkenin direnci az ise geçen akım miktarı fazladır.

Direnç birimlerinin ast katları pek kullanılmamakta olup ohm ve üst katları kullanılmaktadır. Bunlar: **Ohm (Ω)< Kiloohm (kW) <megaohm (MW) <Gigaohm (GW)**

## 2.2. İletken Direncini Etkileyen Faktörler

Bir iletkenin direnci **"R"** (ohm), iletkenin boyu **"l "** (metre), kesiti **"S"** (mm²) ve iletkenin yapıldığı malzemenin öz direnci olan **"φ"**(Ω.mm²/m) ya bağlıdır. Direncin, boy kesit ve öz dirençle arasındaki bağıntıyı veren formül:

$R = \frac{\rho . l}{S}$ dur. Burada $K = \frac{1}{\rho}$ olduğundan, formül $R = \frac{l}{K.S}$ ohm (Ω) şeklinde de ifade edilebilir.

- R: İletken direnci, ohm (Ω)
- l: İletkenin boyu, metre (m)
- S: İletkenin kesiti (mm²)
- K: İletkenin yapıldığı malzemenin öz iletkenliği (m/Ω.mm²)
- φ: iletkenin yapıldığı malzemenin öz direnci (Ω.mm²/m)

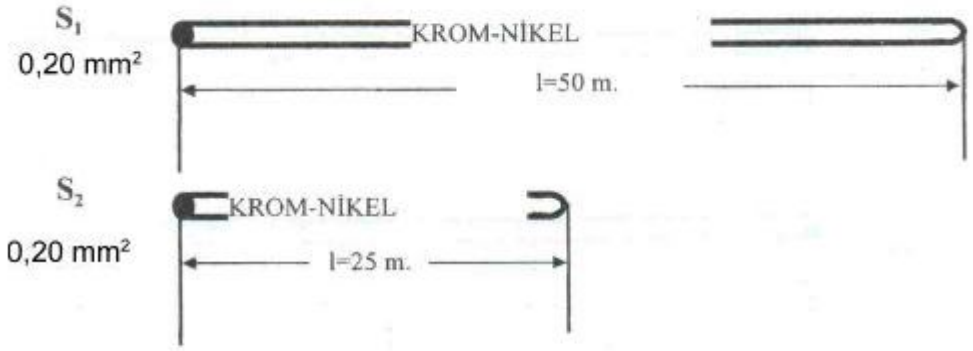
**Özdirenç:** Birim uzunluk (1 metre) ve birim kesitteki ($1mm^2$) iletkenin direncine özdirenç denir. Özdirenç "φ" ile gösterilir.

**Öziletkenlik:** Özdirencin tersine öziletkenlik denir. "K" harfi ile gösterilir.
Yukarıdaki formülde görüldüğü gibi:

- İletkenin boyu uzadıkça direnci de artar, boyu kısaldıkça direnci azalır. Özetle boy ile direnç doğru orantılıdır.
- İletkenin kesiti artıkça direnci azalır, kesit azaldıkça direnç artar. Özetle kesit ile direnç ters orantılıdır.
- Özdirenç iletkenin iletkenlik kalitesini gösterir. İletkenin yapıldığı metalin özdirenç değeri küçük ise direnç küçük, özdirenç değeri büyük ise direnç değeri büyüktür. Özetle özdirenç ile direnç doğru orantılıdır.

### 2.2.1. Direnç Değerinin İletkenin Boyu ile Değişimi

Bu değerlendirmede; kesitleri ve cinslerinin aynı, boyları farklı iki iletkenin direnç değerindeki boy farkından kaynaklanan değer bulunarak, iletken boyunun değişimi ile direnç değerinde oluşan fark incelenecektir.




**Şekil 2.1: Kesit ve cinsleri aynı, boyları farklı iki iletken**

$S_1$=0,20 mm² $S_2$=0,20 mm²

$I_1$=50 m $I_2$=25 m

$\varphi$=1,1 $\varphi_2$=1,1

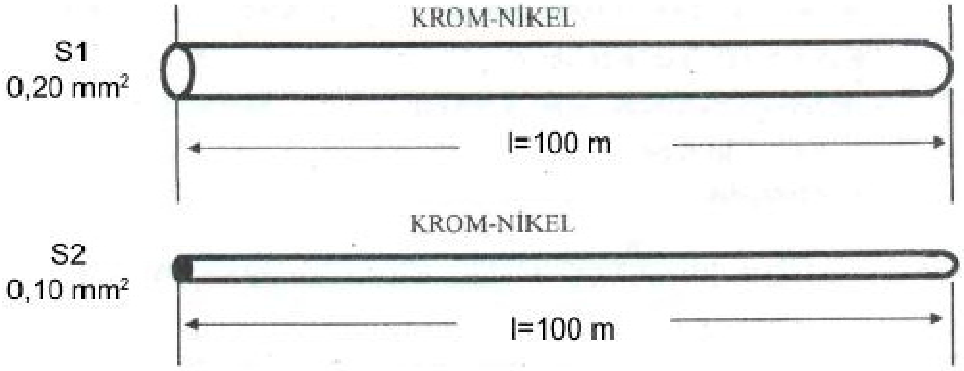
$R_1$= ? $R_2$= ?

$$R1 \quad \frac{\rho . l1}{S1} \quad \frac{1,1.50}{0,20} \quad \frac{55}{0,2} \quad 275 \qquad R2 \quad \frac{\rho . l2}{S2} \quad \frac{1,1.25}{0,20} \quad \frac{27,5}{0,2} \quad 137,5$$

Bu sonuç bize gösteriyor ki uzunluk ile direnç değeri arasında doğru orantı vardır. Kesiti ve cinsi değişmeyen bir iletkenin uzunluğu artarsa direnç değeri artar ($R_1$), kısalırsa direnç değeri azalır ($R_2$).

### 2.2.2. Direnç Değerinin İletkenin Kesiti ile Değişimi

Bu değerlendirmede; boyları ve cinsleri aynı, kesitleri farklı iki iletkenin direnç değerindeki kesitlerine göre bulunup kesitin değişimi ile direnç değerinde oluşan fark incelenecektir.




**Şekil 2.2: Boyları ve cinsleri aynı, kesitleri farklı iki iletken**

$S_1$=0,20 mm² $S_2$=0,10 mm²

$I_1$=100 m $I_2$=100 m

$\varphi_1$=1,1 $\varphi_2$=1,1

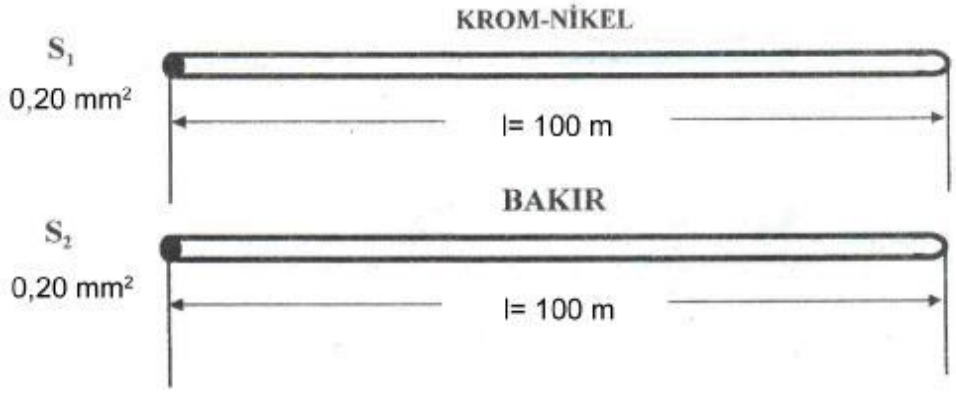
$R_1$= ? $R_2$= ?

$$R1 \quad \frac{\rho . l1}{S1} \quad \frac{1{,}1.100}{0{,}20} \quad \frac{110}{0{,}2} \quad 550 \qquad R2 \quad \frac{\rho . l2}{S2} \quad \frac{1{,}1.100}{0{,}10} \quad \frac{110}{0{,}1} \quad 1100$$

Bu sonuç bize gösteriyor ki kesit ile direnç değeri arasında ters orantı vardır. Boyu ve cinsi değişmeyen bir iletkenin kesiti artarsa direnç değeri azalır ($R_1$), kesit azalırsa direnç değeri artar ($R_2$).

### 2.2.3. Direnç Değerinin İletkenin Cinsi ile Değişimi

Bu değerlendirmede; boyları ve kesitleri aynı, cinsleri (özdirençleri) farklı iki iletkenin özdirençlerine göre direnç değerleri bulunarak özdirenç değişimi ile direnç değerinde oluşan fark incelenecektir.




**Şekil 2.3: Kesit ve cinsleri aynı, boyları farklı iki iletken**

$S_1$=0,20 mm² $S_2$=0,20 mm²

$I_1$=100 m $I_2$=100 m

φ=0,0178 (Bakır) φ=1,1 (Krom-Nikel)

$R_1$= ? $R_2$= ?

$$R1 \quad \frac{\varphi . l1}{S1} \quad \frac{1,1.100}{0,20} \quad \frac{110}{0,20} \quad 550 \qquad R2 \quad \frac{\varphi . l2}{S2} \quad \frac{0,0178.100}{0,20} \quad \frac{1,78}{0,2} \quad 8,9$$

Bu sonuç bize gösteriyor ki iletkenin özdirenci ile direnç değeri arasında doğru orantı vardır. Boyu ve kesiti aynı olan iletkenlerden, özdirenci büyük olanın direnç değeri büyük ($R_1$), özdirenci küçük olanın direnç değeri küçüktür ($R_2$).

Tablo 2.1 de çeşitli iletkenler özdirençleri ve öziletkenlikleri verilmiştir.

| İLETKEN CİNSİ | ÖZDİRENCİ(φ) Ω.mm²/m | ÖZİLETKENLİK(K) |
|---|---|---|
| BAKIR | 0,0178 | 56 |
| ALÜMİNYUM | 0,0285 | 35 |
| KROM-NİKEL | 1,1 | 0,91 |
| GÜMÜŞ | 0.016 | 62,5 |
| ÇİNKO | 0,063 | 16 |

**Tablo 2.1: Bazı iletkenlerin özdirenç ve öziletkenlikleri**

### 2.2.4. Direncin Sıcaklıkla Değişimi

Tüm iletkenlerin dirençleri sıcaklık ile belirli bir miktar değişir. Bu değişim bazı metallerde direncin artması yönünde olurken bazı iletkenlerde de direnç değerinin azalması yönünde olur. Direncin, sıcaklık faktöründen dolayı değişmesi büyük akım değeri ile çalışan devrelerde çok önemli değildir. Ancak özellikle elektronik devrelerde dikkate alınmalı ve dirençlerin sıcaklıktan dolayı değerindeki değişmeye bağlı olarak akımda da belirli bir miktar değişiklik olduğu unutulmamalıdır.

## 2.3. Direnç Değerinin Ölçülmesi

### 2.3.1. Ohmmetre ile Direnç Ölçümü

Direnç değerini ölçen ölçü aletlerine **ohmmetre** denir. Yalnız direnç ölçen ohmmetreler bulunduğu gibi bu işlem, birden fazla büyüklüğü ölçebilen, bu yüzden daha pratik kullanım imkanı sağlayan avometreler ile de yapılmaktadır. Ohmmetreler yapı olarak akım ölçen, döner bobinli ölçü aletleridir. Bu ölçü aletlerinin skalası akım değil de direnç (Ω) ölçecek şekilde taksimatlandırılmıştır. Ohmmetreler direnç ölçmenin yanında elektrik elektronik devrelerinde açık ve kapalı devre kontrollerinde de sıkça kullanılmaktadır. Ohmmetreler ölçüm yapmak için mutlaka kendine ait bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu gereksinim genellikle 9 V veya 1,5 V' luk pillerin seri bağlanması ile giderilir.

**Ohmmetre veya avometreler ile kesinlikle enerji altında direnç ölçümü yapılmaz.**

Ohmmetreler veya avometreler çalışan bir cihazda ölçüm yapılırken problarının ikisinin de elle tutulmamasına dikkat edilmelidir. Bu direncin yanında vücut direncinin ölçülmesine özellikle de büyük değerli dirençlerin ölçülmesinde, değerin yanlış belirlenmesine neden olur.

### 2.3.2. Analog Ohmmetre ile Ölçme

Her şeyden önce analog ohmmetre ile ölçüme başlamadan önce sıfır ayarı yapılmalıdır. Tüm ölçü aletlerinde olduğu gibi ohmmetreler ile ölçüm yapılırken analog ohmmetrelerde büyüklüğün tespiti için: **Kademe anahtarının bulunduğu konum ile skaladan okunan değer çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri tespit edilir.** Örneğin, kademe anahtarı X100 kademesinde iken skalada okunan değer 100 ile çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri bulunur. Bununla ilgili bazı örnekler Tablo 2.2'de verilmiştir.

**Resim 2.1:Avometre ile direnç ölçümü**

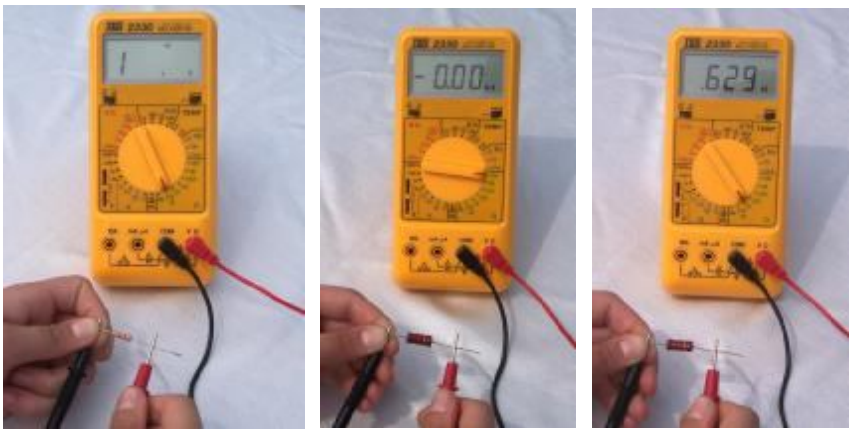
Kademe seçiminin doğru ve uygun yapılması ölçmedeki hata oranını azaltan en önemli faktörlerden biridir. Ölçme için kademe anahtarının konumu belirlenirken direnç değerine göre kademe tayin edildikten sonra ölçme yapılır. Sapma miktarı az ise kademe küçültülür.

| Skalada okunan değer | Kademe anahtarının konumu | Ölçülen büyüklüğün değeri |
|---|---|---|
| 20 | X1 | 20 Ω |
| 50 | X10 | 500 Ω |
| 120 | X100 | 1200Ω/1,2 KΩ |
| 47 | X1K | 47 KΩ |
| 2K | X10K | 20 MΩ |

**Tablo 2.2: Skalada okunan değer ve kademe anahtarının konumuna göre ölçülen büyüklüğün değeri**

### 2.3.3. Dijital Ohmmetre ile Ölçme

Dijital ohmmetrelerle ölçüm sonucunu tayin etmek daha kolaydır. Ancak, dijital ohmmetre veya avometreler ile direnç ölçümü yapılırken hatasız bir ölçüm yapabilmek için dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Günümüzde kademe anahtarı 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)

**Resim 2.2: Dijital avometrede doğru kademe seçimi**

630 Ω'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 Ω'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 (Resim 2.2.a), seçilen kademe çok büyükse 0 ifadesi okunacaktır (Resim 2.2.b). Değer ekranında 0 ifadesi gördüğünüzde kademe anahtarını küçültmeniz, 1 ifadesi gördüğünüzde büyütmeniz gerektiğini unutmayın. **Direnç ölçümünde, okunan değerde hassasiyet arttırılmak isteniyorsa (0,190 KΩ yerine, 199 Ω gibi) kademe küçültülerek bu hassasiyet arttırılabilir.**

# 3. ENDÜKTANS ÖLÇME

## 3.1. Bobinin Endüktansı

Bobinler iletken tellerin yan yana veya üst üste sarılmasıyla elde edilen devre elemanlarıdır. Bobinlerin, elektrik akımının değişimine karşı gösterdikleri tepkiye endüktans denir. Endüktans, L harfi ile sembolize edilir ve birimi henry (H)'dir. Uygulamada daha çok endüktans biriminin alt katları olan µH(Mikro Henri) ve mH (Mili Henri) kullanılır. 1 H= 103 mH=106 µH dir. Bir bobinin endüktif reaktansını (XL) bulabilmek için endüktans değeri bilinmelidir.

**Resim 3.1: Bobinler**

Bobinler DC ile beslenen bir devrede çalışırken akıma sadece **omik direnç** gösterirler. Yani, bobinin yapıldığı metalin akıma karşı gösterdiği zorluk söz konusudur. AC ile beslenen bir devrede ise bobinin akıma gösterdiği direnç artar. Artışın sebebi bobin etrafında oluşan değişken manyetik alanın akıma karşı ilave bir karşı koyma (direnç) etkisi oluşturmasıdır. AC sinyalin frekansı yükseldikçe oluşan manyetik alanın değişim hızı da artacağından bobinin akıma gösterdiği direnç de yükselir. Bu nedenle bobinler, dirençleri frekansla birlikte yükselen eleman olarak nitelendirilebilir. Bobinlerin sarıldığı kısma karkas, mandren ya da makara; iletkenin karkas üzerinde bir tur yapmasına ise sipir, tur ya da sarım adı verilir. Bobinlerde çoğunlukla dış yüzeyi izoleli (vernikli) bakır tel kullanılır.

## 3.2. Endüktansı Etkileyen Faktörler

Uygulamada kullanılan bir bobinin endüktansı çeşitli faktörlere göre azalmakta ya da artmaktadır. Bunlar:

- Sarım sayısı
- Nüvenin cinsi
- Sarımlar arası aralık
- Tel kesiti
- Bobinin biçimi
- Sargı katı sayısı
- Bobinin çapı
- Sargı tipi
- Uygulanan AC gerilimin frekansıdır.

Bobine doğru gerilim uygulandığında, geçen akıma bobinin ( R ) omik direnci karşı koyarken aynı bobine alternatif gerilim uygulandığında, alternatif akıma gösterilen direnç daha büyük olur. Alternatif akımdaki bobinin bu direnci ($X_L$) ile ifade edilir ve endüktif direnç olarak tanımlanır.

Endüktif reaktans:

$$X_L=2.\pi.f.L$$

formülü ile hesaplanır.

Burada:

**XL**=Endüktif reaktans (Ω)
**f**= Frekans (Hz)
**L**= Endüktanstır (Henry)

**Örnek:** 1 Henry'lik bir bobinin frekansı 50 Hz olan şebeke hattı üzerinde çalışmaktadır. Bu bobinin endüktif reaktansını ve doğru gerilim uygulandığındaki endüktif reaktansını bulunuz.

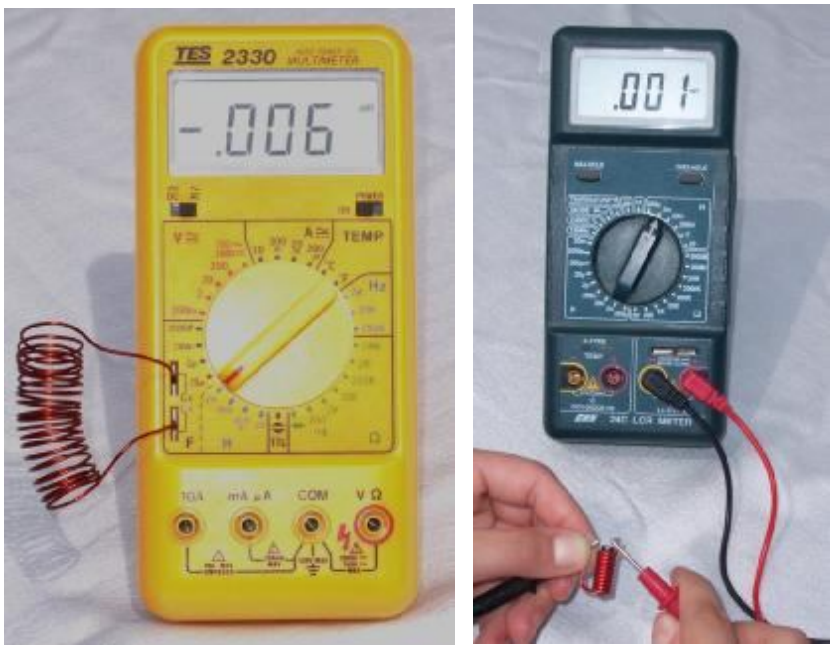
**XL= 2.π.f.L**=2.3,14.50.1=314 Ω : *Alternatif akımdaki endüktif reaktansı*

**XL= 2.π.f.L**=2.3,14.0.1= 0 Ω : *Doğru akımdaki endüktif reaktansı*

Buradan da görüldüğü gibi bobinlerin alternatif akıma karşı gösterdikleri zorluk doğru akımda olduğundan çok daha fazladır. Çünkü alternatif akımda zamana karşı değişim söz konusudur. Bobinlerin hepsi endüktansa sahip olduklarından, endüktansın etkisi ile alternatif akımın değişimine karşı koymaya çalışır. Bu durum endüktif reaktansı oluşturur. Doğru akımda frekans değerinin 0 olmasıyla akım değerinde herhangi bir değişiklik olmaz. Dolayısıyla endüktansın akım değişimi ile karşılaşmadığı için karşı koyacak bir sebebi kalmamıştır ve endüktif reaktans değeri doğru akımda sıfırdır.

## 3.3. Endüktans Değerinin Ölçülmesi

Endüktans değeri de aynen direnç değerinde olduğu gibi kesinlikle enerji altında olmadan Lcrmetre veya endüktans ölçme özelliğine sahip avometreler ile yapılabilmektedir. Endüktans ölçerken aynen direnç ölçümündeki teknikler uygulanmaktadır. Lcrmetre olmadığı durumda endüktans ölçme özelliğine sahip avometre ile aynen Lcrmetre de olduğu gibi ölçüm yapılabilir. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken husus, bu özelliğe sahip avometrelerde endüktansı ölçülecek bobin, problara değil Lx olarak gösterilen bağlantı noktasına bağlanmalıdır (Resim 3.2).




**Resim 3.2: Avometre ve Lcrmetre ile endüktans ölçme**

### 3.3.1. Lcrmetre ile Endüktans Değerinin Ölçülmesi

Lcrmetreler 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.

**Lcrmetre ile bobinin endüktansını (L) ölçtüğünüzü, endüktansında alternatif akımın değişimine karşı gösterilen zorluk olduğunu unutmayın.**

# 4. KAPASİTE ÖLÇME

## 4.1. Kondansatör Kapasitesi

İki iletken levha arasına bir yalıtkan malzeme konularak yapılan elektronik devre elamanlarına **kondansatör** denir. Kondansatörler elektrik enerjisini depo etmek için kullanılır ve her kondansatörün depo ettiği enerji miktarı farklılık gösterir. Kondansatörlerin depo edecekleri enerji miktarını kapasitesi belirler. Tanım olarak, kondansatörün elektrik enerjisini depo edebilme özelliğine **kapasite** denir. Kapasite "C" harfi ile ifade edilir ve birimine **Farad(F)** denir. Uygulamada farad büyük bir değer olduğundan daha çok ast katları kullanılır. Bunlar, pikofarad (pF), nanofarad (nF), mikrofarad (mF), milifarad (mF) şeklindedir.

$$\mathbf{1\ F = 10^3\ mF = 10^6\ \mu F = 10^9\ nF = 10^{12}\ pF}$$

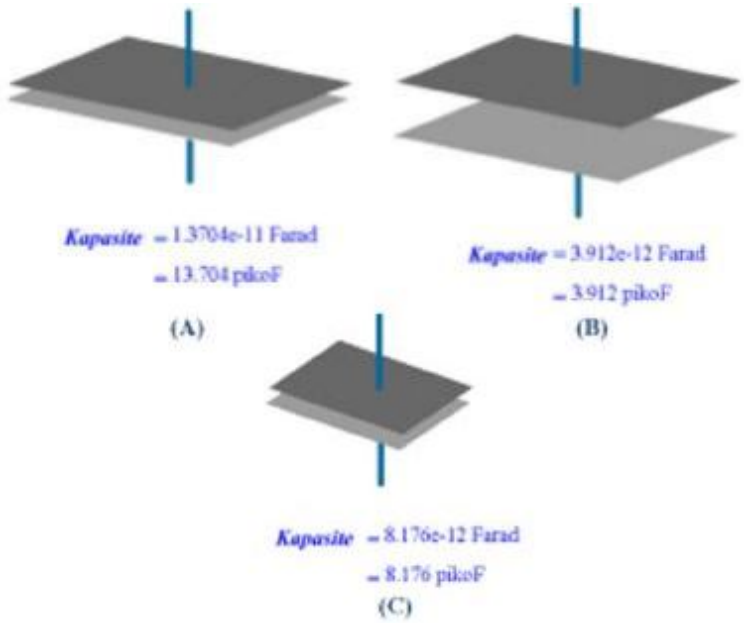
şeklinde kademelendirilir.

## 4.2. Kapasiteyi Etkileyen Faktörler

Kondansatörlerde kapasiteyi etkileyen, faktörler yapısı ile ilgili özellikleridir. Bunlar:

- Kondansatör plakalarının yüzey alanına
- Plakalar arası mesafeye
- Araya konan yalıtkan malzemenin cinsine bağlıdır.

Kondansatör kapasitesi (sığası), plakaların yüzey alanı ve plakalar arasındaki mesafeyle ilişkilidir. Ayrıca plakalar arasındaki yalıtkan maddenin yalıtkanlık özelliği de kondansatörün sığasını etkiler. Şekil 4.1'de kondansatör yüzeyinin ve plakalar arası mesafenin kapasiteye etkisi gösterilmiştir.




**Şekil 4.1: Kondansatör kapasitesini etkileyen faktörler**

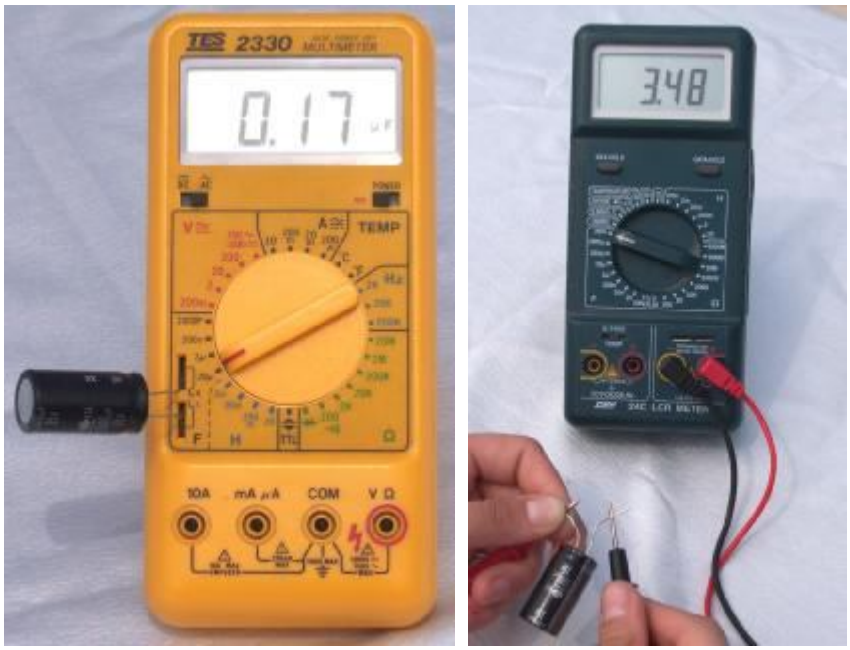
Şekil 4.1'de görüldüğü gibi levhaların yüzeyi büyüdüğünde kapasite artar. Levhalar arasındaki boşluk artarsa kapasite azalır. Son olarak levhalar arasındaki yalıtkan maddenin dielektrik kat sayısı ile kapasite doğru orantılıdır. Kondansatörlerde kapasite arttıkça kondansatörün fiziksel boyutları da artar.

## 4.3. Kapasitesinin Ölçülmesi

Kondansatör kapasitesi değişik ölçü aletleri ve teknikler ile ölçülebilir. Bunlardan en pratik olan yöntem Lcrmetre ya da kapasite ölçümü yapabilen avometre kullanmaktır. Ayrıca sadece kapasite ölçümü yapan kapasite metrelerde bulunmaktadır (Resim 4.1.b). Bu ölçü aletlerin hepsinde de kademe seçimi ve ölçme tekniği aynı olup direnç ve endüktans ölçümünde olduğu gibi uygun kademe seçimi yapılır. Kondansatör uçları Lcrmetrede problarına ya da ölçüm noktasına, avometrelerde yalnız ölçüm noktasına bağlandıktan sonra değer ekranından sonuç okunur.

### 4.3.1. LCR Metre ile Kapasite Ölçümü

Lcrmetrelerde 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.




a) b)

**Resim 4.1: Avometre ve Lcrmetre ile kapasite ölçümü**

# 5. AKIM ÖLÇME

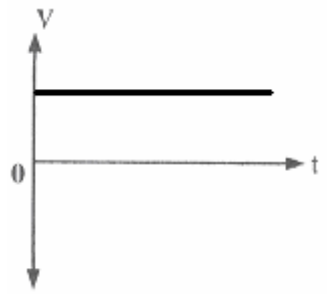
## 5.1. Elektrik Akımı ve Tanımı

Birim zamanda, bir yönde meydana gelen elektron hareketine **elektrik akımı** denir. Elektrik akımı, iletkenlere uygulanan potansiyel farkın iletken atomunun son yörüngesindeki elektronları kendi yörüngesinden koparıp bir yönde ötelemesi ile meydana gelir. Elektrik akımı "**I**" harfi ile gösterilir. Akım şiddeti **ampermetre** ile ölçülür.

## 5.2. Doğru ve Alternatif Akım

### 5.2.1. Doğru Akım

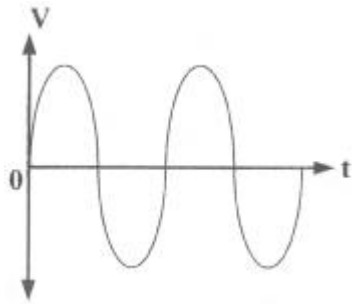
Yönü ve şiddeti zamana göre değişmeyen akıma doğru akım (DC) denir. Doğru akımın üretilmesi ve iletilmesi alternatif akıma göre daha zor olduğundan çok yaygın kullanılmamaktadır. Aküler, piller, DC dinamoları, DC kaynaklarına birer örnek olarak verilebilir.




**Şekil 5.1: Doğru akım**

### 5.2.2. 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.



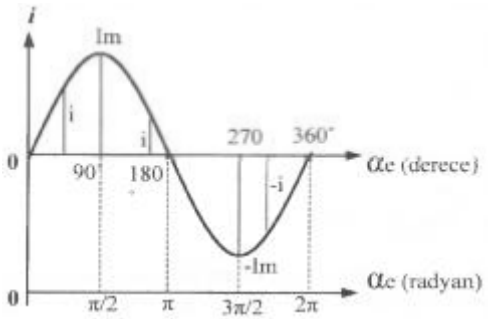

**Şekil 5.2: Alternatif akım elektrik enerjisi**

#### 5.2.2.1. Ani Değer

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

#### 5.2.2.2. Maksimum Değer

Alternatif akım eğrisinde akım veya gerilim değerinin aldığı en büyük değere maksimum değer denir. Akım ve gerilimin maksimum değeri "Im" ve "Vm" 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 değer maksimum değerin iki katıdır.

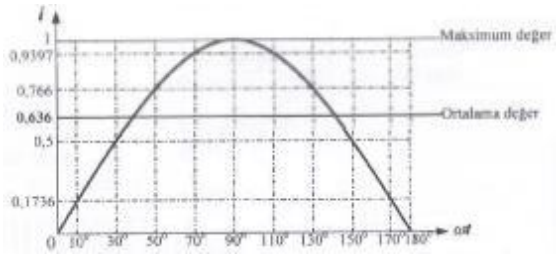



**Şekil 5.3: Ani ve maksimum değer**

### 5.2.2.3. 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 Iort ve Vort ile gösterilir. Şekilde verilen sinyalin ortalama değeri:

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

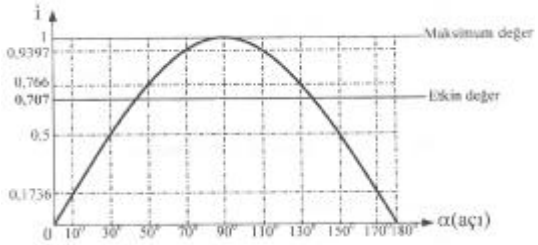



**Şekil 5.4: Ortalama değer**

### 5.2.2.4. 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 "rsm" şeklinde de ifade edilir.

$\mathbf{I=0,707.I_m}$, $\mathbf{V=0,707.V_m}$ formülü ile bulunur.




**Şekil 5.5: Etkin değer**

## 5.3. Ampermetre Yapısı ve Çeşitleri

Elektrik akım şiddetini ölçmede kullanılan ölçü aletlerine **ampermetre** denir. Ampermetrelerin elektrik devrelerindeki sembolü, daire içinde "**A**" ile ifade edilir. Ampermetreler devreye seri bağlanır, çünkü alıcı veya alıcılardan geçecek akımın ölçülebilmesi için akımın tamamının ampermetreden geçmesi gerekmektedir. Ampermetreler devreye seri bağlandıklarından, ölçüm yaptıkları devrelerde bir yük gibi akımı sınırlandırıcı etki yapmamaları gerekmektedir. Bu yüzden ampermetrelerin iç dirençleri çok küçüktür (0-1 Ω) ve yanlışlıkla paralel bağlanmaları durumunda üzerinden çok büyük akım geçeceğinden kısa sürede kullanılmaz hale gelebilirler.

**Resim 5.1: a-Dijital pano tipi ampermetre b-Analog ampermetre c- Pens ampermetre**

Akım şiddetini ölçen bu aletler dijital, analog ve pens ampermetreler olarak çeşitlere sahiptir. Ampermetreler ölçülecek değere göre mA seviyesinden kA seviyesine kadar ölçme alanına sahip olarak imal edilmektedirler. Ölçülecek akımın DC veya AC olmasına göre, DC ampermetresi veya AC ampermetresi kullanılmalıdır.

## 5.4. Ampermetreyi Devreye Bağlama ve Akım Ölçme

Akım ölçme işlemi yapılmadan önceki en önemli nokta ölçüm yapılacak akıma uygun ampermetre seçmektir. Ampermetre seçimi yapılırken aşağıda belirtilen hususlara kesinlikle dikkat edilmelidir:

**Ampermetreler devreye seri bağlanır.**

- Akım çeşidine uygun(AC-DC) ampermetre seçilmelidir.
- Ampermetrenin ölçme sınırı, ölçülecek akım değerinden mutlaka büyük olmalıdır.
- Alternatif akım ölçmelerinde ampermetreye bağlanan giriş ve çıkış uçları farklılık göstermezken doğru akımda "+" ve "–" uçlar doğru bağlanmalıdır. Aksi takdirde analog ölçü aletlerinde ibre ters sapar dijital ölçü aletlerinde değer önünde negatif ifadesi görünür.
- Ölçülecek akım değerine uygun hassasiyete sahip ampermetre seçilmelidir. µA seviyesindeki akım, amper seviyesinde ölçüm yapan bir ampermetre ile ölçülemez.
- Ampermetre ölçüm yapılacak noktaya, alıcının veya devrenin çektiği akımın tamamı üzerinden geçecek şekilde, yani seri bağlanmalıdır.

Enerji altında hiçbir şekilde ampermetre bağlantısı yapılmamalı ve mevcut bağlantıya müdahale edilmemelidir.

## 5.5. Akım Trafosu Kullanarak Akım Ölçme

Endüstride birçok tesiste AC elektrik enerjisi kullanılır. Bu tesislerin koruma ve kontrol devrelerinde ölçü aletleri ve röleleri vardır. Bu durum yüksek gerilim ve büyük akımların ölçülmesini zorunlu kılmaktadır, bu işlemin direkt olarak yapılması çok zor ve tehlikelidir. Çünkü ölçü aletlerinin yüksek gerilime ve büyük akım değerlerine dayanacak şekilde yapılması mümkün değildir. Bu gibi devrelerde belirli standartlarda yapılmış, ucuz ve küçük yapılı ölçü aletleri ve kontrol cihazlarının yüksek gerilim ve büyük akımlı hatlara bağlanmasını sağlayan transformatörler kullanılır. Bu transformatörlere **ölçü transformatörleri** denir. Ölçü transformatörlerinin sekonderuçlarına ampermetre, voltmetre, wattmetre, sayaç ve koruma röleleri bağlanır. Ölçü transformatörleri iki kısma ayrılır:

- **Akım transformatörleri**
- **Gerilim transformatörleri**

Gerilim transformatörleri çok yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanıldığından burada değinilmeyecektir.

### 5.5.1. Akım Transformatörleri

Büyük değerli akımların ölçülmesinde akım transformatörleri kullanılır. Akım transformatörlerinin primer sargısından ölçülecek akım sekonder sargısından ise ölçü aleti akımı geçer. Örneğin, 100/5 dönüştürme oranına sahip bir transformatörün primer sargısından 100 A akım geçerken sekonder sargısından ve sekonder sargısına bağlı ölçü aletinden 5 A akım geçer. Dijital ampermetrelerde 5 A'lik sekonder akımı ölçü aletinden geçtiğinde, ölçü aletine girilen akım transformatörü oranı 100/5 olarak ayarlanmış ise ölçü aleti gösterge ekranında 100 A akım değeri gösterir. Burada akım transformatörünün görevi büyük değerli akımı ölçü aletini tehlikeye sokmayacak değere düşürerek güvenli ölçme sağlamaktır. Akım transformatörlerinin primer uçları K-L, sekonder uçları k-l olarak gösterilir. Akım transformatörleri, hassasiyet sınıfı ve dönüştürme oranlarına göre seçilerek kullanılır. Akım transformatörlerinde sekonder sargı uçları açık bırakılmamalıdır. Bu durum akım trafosunun yanarak kullanılmaz hale gelmesine neden olabilir. 1000 A kadar akım transformatörleri aşağıda verilmiştir:

10-15-20-30-50-75-100-150-200-300-400-600-800-1000 / 5 şeklindedir.

**Resim 5.2: Akım transformatörleri**

Akım transformatörünün primeri, akım değeri ölçülecek enerji hattına; sekonder uçları da ölçü aleti uçlarına bağlanmalıdır. Ayrıca sekonder sargı uçlarından birinin mutlaka topraklaması gerekir.

## 5.6. Pens Ampermetreler

Pens ampermetreler dijital ve analog olmak üzere çeşitli tipte, değişik özelliklere sahip olacak şekilde üretilmektedir. Pens ampermetreler, akım ölçme işlemini daha pratik hale getirmek için ampermetre ve akım trafosu aynı gövde içerisinde birleştirilerek oluşturulmuş ölçü aletleridir. Aletin gövdesinden dışarı doğru açılan demir nüvesi, pens gibi açılıp kapanacak şekilde yapılmıştır. Böylece akımı ölçülecek iletken kesilmeden pens içerisine alınır. Pens içerisindeki iletken tek sipirlik primer sargı görevi görerek etrafında oluşan manyetik alan pens şeklindeki nüveden geçerek alet içerisindeki sekonder sargıda bir gerilim meydana getirir ve akım değeri bu şekilde tespit edilir. Pens ampermetrelerde pens içerisine yalnız akımı ölçülecek iletken alınmalıdır. Pens içerisinde birden fazla iletken alınırsa ölçülen akım değeri şu şekilde yorumlanmalıdır. İletkenlerden aynı yönde akım geçiyor ise ölçülen değer bu akımların toplamına, zıt yönlü akım geçiyor ise farkına eşittir.

# 6. GERİLİM ÖLÇME

## 6.1. Gerilimin Tanımı

Bir elektrik devresinde akımın geçişini sağlayan etki olup iki nokta arasındaki potansiyel fark olarak ifade edilir. (**V**) harfi ile gösterilir. Gerilim birimi **volttur**.

## 6.2. Voltmetrenin Yapısı ve Tanımı

Elektrik devrelerinde gerilim ölçmeye yarayan ölçü aletlerine **voltmetre** denir. Voltmetreler devreye paralel bağlanır ve "**V**" harfi ile gösterilirler. Voltmetreler devreye paralel olarak bağlandıklarından kaynağın veya devrenin gerilimini düşürecek kadar akım çekmemelidirler. Bu da voltmetrelerin iç direncinin yüksek olmasını gerektirir. Elektrik devrelerinde voltmetrenin yanlışlıkla seri bağlanması durumunda iç direnci çok fazla olduğundan kaynak geriliminin büyük bir kısmı voltmetre üzerinde düşeceğinden alıcı düzgün olarak çalışmaz. Eğer alıcı yüksek akımlı ise bu durumda voltmetre seri bağlanacak olursa yanarak kullanılmaz hale gelebilir.

**Resim 6.1: a-Dijital pano tipi voltmetre** **b-Analog voltmetre**

## 6.3. Voltmetreyi Devreye Bağlamak ve Gerilim Ölçmek

Gerilim ölçme işleminde en önemli noktalardan biri yapılacak gerilim ölçümüne uygun voltmetre seçmektir. bu seçimim doğru yapılması, ölçümün doğruluğu, ölçüm yapan kişinin ve ölçü aletinin güvenliği için önemlidir. Voltmetre seçimi yapılırken aşağıda belirtilen hususlara kesinlikle dikkat edilmelidir:

**Voltmetreler devreye paralel bağlanır**.

- Gerilim çeşidine uygun(AC-DC) voltmetre seçilmelidir.
- Gerilimin ölçme sınırı ölçülecek gerilimin değerinden mutlaka büyük olmalıdır.
- Alternatif gerilim ölçmelerinde voltmetreye bağlanan giriş ve çıkış uçları farklılık göstermezken doğru akımda "+" ve "–" uçlar doğru bağlanmalıdır. Aksi takdirde analog ölçü aletlerinde ibre ters sapar, dijital ölçü aletlerinde gerilim değeri önünde (—) ifadesi görünür.
- Ölçülecek gerilim değerine uygun hassasiyet ve yapıya sahip voltmetre seçilmelidir. 10 mV'luk gerilim, kV seviyesinde ölçüm yapan voltmetre ile ölçülemez.
- Voltmetre gerilimi ölçülecek kaynak veya alıcının uçlarına bağlanmalıdır.
- Enerji altında, sabit voltmetrelerin bağlantısı yapılmamalı ve yapılmış bağlantıya müdahale edilmemelidir. Ancak taşınabilir ve problar vasıtası ile ölçüm yapılabilecek voltmetreler ile gerekli önlemler alındıktan sonra ölçüm yapılabilir.

# 7. AVOMETRELER

## 7.1. Ölçme İlkesi ve Kullanma Tekniği

Akım, gerilim ve direnç değerini ölçen aletlere **avometre** denir. Avometrelerin analog ve dijital tipleri mevcut olup analog olanları yapı olarak döner bobinli ölçü aletleridir. Avometre ile direnç değeri ölçülmeden önce sıfır ayarı yapılmalı ve daha sonra ölçüme geçilmelidir. Dijital avometrelerin özellikle son zamanda çıkan modelleri akım, gerilim, direnç yanında kapasite, endüktans, frekans, sıcaklık değerlerini ölçmek ile birlikte transistörlerin uç tespitlerini de yapabilmektedir. Avometrelerin genellikle 2, 3, 4 prob bağlantı soketi bulunmaktadır. Soket sayısı arttıkça aletin özellikleri de artmaktadır. Ölçme sırasında kolaylık sağlaması için siyah prob COM soketine, kırmızı prob ise ölçüm çeşidine göre uygun sokete bağlanır.

**Resim 7.1: Analog ve dijital avometreler**

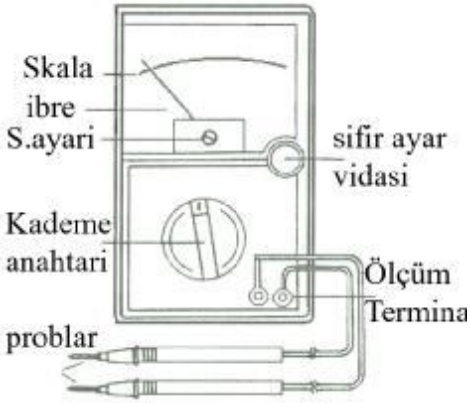
**Avometre ile ölçüm yapılırken aşağıda belirtilen noktalara dikkat etmek gerekir:**

- Ölçülecek büyüklüğün cinsine göre AC veya DC seçimi yapılmalıdır.
- Ölçülecek büyüklük avometrenin ölçme sınırından büyük olmamalıdır.

- Kademe anahtarı en doğru ölçme için ölçülecek büyüklüğe en yakın, ama küçük olmayan kademeye getirilmelidir.
- Ölçülecek büyüklüğün değeri net olarak bilinmiyorsa kademe anahtarı en büyük değere getirilmelidir.
- Avometre, ölçülecek büyüklüğün gerektirdiği bağlantı şekline göre bağlanmalıdır.
- DC ölçmelerinde ibre ters sapar ise uçlar ters çevrilmelidir.
- Ölçü aletinin ibresi çok az sapıyor veya değer ekranında “0” ibaresi varsa kademe küçültülür.
- Değer ekranında “1” ibaresi varsa kademe büyültülmelidir.
- Ölçmede kolaylık sağlamak için kırmızı prob ölçme için uygun sokete, siyah prob ise COM (ortak) soketine bağlanmalıdır.
- Yüksek değerli akım ölçümü yapılırken (10-20 A) siyah prob COM soketine, kırmızı prob yüksek akım soketine bağlanır.

## 7.2. Analog Avometre ile Ölçüm Yapmak

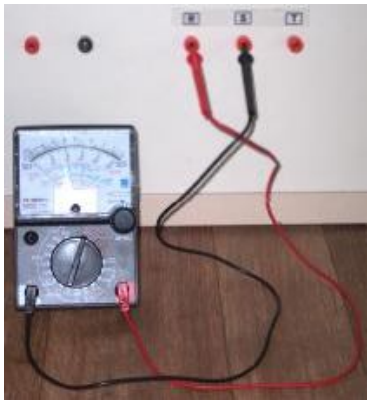
Analog veya dijital avometre ile ölçüm yapmak birbirinden farklı teknikler gerektirmez. Aradaki fark yalnızca kademe seçimi ve analog avometrelerde skalanın tek olmasından kaynaklanan okuma zorluğudur. Şekil 7.1.b'de görüldüğü gibi tek skalada birden fazla taksimatlandırma yapılmış, her taksimatın yanına hangi büyüklüğün ölçülmesinde kullanılacağı belirtilmiştir. Ölçülecek büyüklük uygun kademe seçildikten sonra yalnız ait olduğu skala taksimatından okunmalıdır (Ω,V,A gibi). Ayrıca aşağıdaki şekilde görüldü gibi, skala taksimatının bölümlendirilmesinde aynı noktada alt alta birden fazla değer yazılmıştır. Bu değerler ölçülecek büyüklüğün kademesi değiştikçe, o kademe için skala taksimatındaki noktanın yeni değeridir. Özetle skaladaki bir nokta gerilim ölçerken kademenin biri için 250 volta, aynı nokta daha küçük bir kademe için 50 volta karşılık gelir. Bu durum ölçülen büyüklüğün kademeye göre hangi taksimattan ve hangi değer ile ölçüleceğinin doğru tespit edilmesini gerektirir.




**Şekil 7.1: a-Prob bağlantısı**

**b- Analog avometre skalası**

Analog ölçü aletlerinde seçilen kademe ile okunan değer arasında sonuca ulaşmak için işlem yapmak gerekebilir. AC 1000 V kademesinde alternatif gerilim ölçülecek bir avometrede ibre 4 rakamının üzerinde durmuş ise ölçülen büyüklüğün değeri skalanın en son değeri 10 yerine 1000 V kabul edildiğinde 4 değerinin de 400 V olması gerektiği orantı ile hesaplanarak bulunur. Direnç ölçümü yapılırken ise X100 kademe seçiminde ibre Ω skalasında 10 rakamını gösteriyorsa sonuç 10X100 = 1000 Ω = 1KΩ şeklinde tespit edilir.



**Resim 7.2: Analog avometre ile gerilim ölçme**

## 7.3. Dijital Avometre ile Ölçüm Yapmak

**Resim 7.3: a-Dijital avometre** **b-Tekli kademeye sahip avometre**

Dijital avometreler ile ölçüm yapmak daha kolaydır. Ancak bazı değerlerin ölçülmesinde analog avometrelerdeki kadar hassas ölçüm yapılamaz. Dijital avometreler ile ölçüm yapılırken değer ekranında görünen değer, ölçülen değerin kendisidir; ayrıca hesaplama işlemi yapılmasını gerektirmez. Dijital avometrelerde direnç, endüktans ve kapasite ölçümü aynen Lcrmetreler de olduğu gibi yapılır. Akım ve gerilim ölçerken, AC-DC seçimi kademe anahtarı ile uygun kademe seçimi yapılırken bazı avometrelerde ayrı bir komütatör anahtar aracılığı ile yapılmaktadır (Resim 7.3.a). Ölçüm yapılırken bu seçim unutulmamalıdır. Dijital avometrelerin bazılarında ölçülecek A, Ω, V kısımları tek kademelidir. Bu avometrelerde yanız ölçüm yapılacak kademenin seçilmesi yeterlidir (Resim7.3.b).

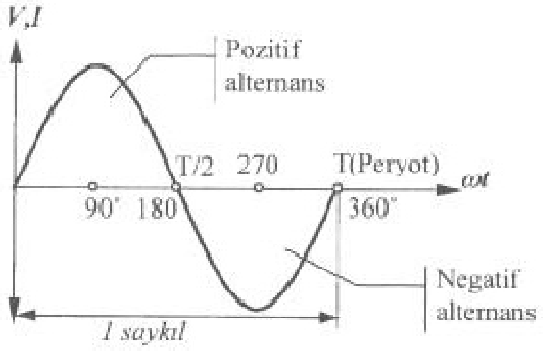
Avometreler ile direnç endüktans ve kapasite ölçümü aynen Lcrmetreler de olduğu gibi yapılır. Bu bölümde bu ölçümler ile uygulama yapılmayacaktır. Bilgi tekrarı için Öğrenme Faaliyeti 1-2-3'e bakınız.

# 8. FREKANS ÖLÇME

## 8.1. Frekansın Tanımı

Frekans, yönü ve şiddeti değişen alternatif akım için geçerli bir terimdir. Doğru akımda yön ve şiddette bir değişme olmadığı için frekansta sıfırdır. Burada alternatif akımın yapısını inceleyerek frekans tanımına geçelim.

- **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 bulundukları bölgelere göre pozitif ve negatif olarak adlandırılır.
- **Peryot:** Bir saykılın tamamlanması için geçen zamana **peryot** denir. "**T**" harfi ile gösterilir. Bu tanımlar şekil 8.1'deki sinüsoydal eğri üzerinde gösterilmiştir.




**Şekil 8.1: Sinüsoidal eğri üzerinde, değerlerin gösterilmesi**

- **Frekans:** Bir saniyede oluşan saykıl sayısına **frekans** denir. "**f**" harfi ile gösterilir. Frekansın birimi hertz'dir. AC 'nın frekansı, gerilimi üreten alternatörün devir sayısı ve kutup sayısına bağlıdır. Dünyada genelde ülkelerin şebeke frekansları 50 veya 60 Hz olup ülkemizdeki frekans değeri 50 Hz'dir. 50 hz lık frekans, 1 saniyede 50 saykılın oluşması anlamına gelir (Şekil 8.2).

AC'da frekansının değişmesi, bobin ve kondansatörlerin endüktif ve kapasitif reaktanslarının değişmesine, alternatif akım motorlarının devir sayılarının değişmesine neden olmaktadır.

Peryodu bilinen bir alternatif akımın frekansı, $f \quad \frac{1}{T}$ formülü ile hesaplanabildiği gibi frekansmetre ile direkt olarak da ölçülebilir.

**Örnek:** Peryodu 0,01 saniye olan alternatif akımın frekans değerini hesaplayınız.

$f \quad \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}01}$ 100 Hz, olarak frekans değeri hesaplanır.

## 8.2. Frekans Metrenin Yapısı ve Çeşitleri

Elektrik devrelerinde frekans, frekansmetreler ile ölçülür. Frekansmetreler devreye paralel bağlanır ve frekansmetrenin gösterdiği değer bir saniyedeki saykıl sayısıdır. 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. Resim 8.1'de çeşitli frekansmetreler görülmektedir.

**Resim 8.1: Frekansmetreler**

# 9. İŞ VE GÜÇ ÖLÇME

## 9.1. Güç Ölçme

Elektrik enerjisi ile çalışan alıcıya elektrik enerjisi uygulandığında ısı, ışık, hareket vb. şekilde iş elde edilir. Elektrik enerjisi bir iş yaptırdığına göre bir güce sahiptir. Buradan da görüldüğü gibi birim zamanda yapılan işe **güç** denir. Gücün birimi watt'tır. Bu güç devreye uygulanan gerilim ve çekilen akımla doğru orantılıdır. Elektriksel güç:

**P = V x I** şeklinde ifade edilir.

P= Elektriksel güç (watt), V= Gerilim (Volt), I= Akım (Amper)

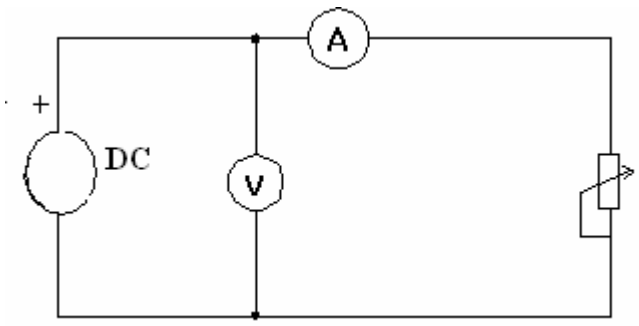
**Örnek:** 220 volt gerilimle çalışan bir ütü 4.8 amper akım çekmektedir, bu ütünün gücünü hesaplayınız.

P= V x I = 220 x 4,8 = 1056 watt

Alıcılar genellikle standart gerilimlerde çalıştıklarından aynı gerilimle çalışan alıcılardan fazla akım çeken daha fazla güç harcayacaktır.

### 9.1.1. Ampermetre ve Voltmetre Yardımı ile Güç Ölçmek

**P = V x I** formülünde görüldüğü gibi elektrik devrelerinde akım ve gerilimin çarpımı elektriksel gücü verir. Burada elektrik devresinin çektiği gücün bulunabilmesi için akım ve gerilim değerlerinin ölçülmesi gereklidir. Ancak, alternatif akımda omik dirençlerin çektiği güç aktif, bobin ve kondansatörlerin çektiği güç reaktiftir. (Bu konu ileriki modüllerde detaylı olarak işlenecektir). Bu yüzden **P= V x I** formülü ile gücün hesaplanması, yalnız DC devrelerde ve omik dirençli AC devrelerinde mümkündür.

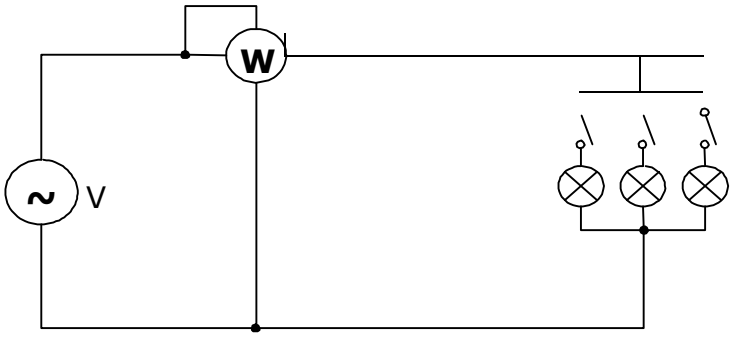



**Şekil 9.1: Ampermetre voltmetre ile güç ölçme**

### 9.1.2. Wattmetrelerin Yapısı ve Çeşitleri

Doğrudan doğruya güç ölçen aletlere **wattmetre** denir. Wattmetrelerin dijital ve analog tipleri bulunmakta olup seviye olarak genelde W ve KW seviyelerinde sınıflandırılırlar. Wattmetreler ile doğru ve alternatif akımda güç ölçülebilir. Ancak AC ve DC wattmetre seçimine, AC ve DC'de güç ölçebilen wattmetre de ise AC-DC kademe seçimine dikkat edilmelidir. Güç akım ve gerilimin çarpımına eşit olduğundan wattmetreye alıcının akım ve gerilim değerleri aynı anda girilmelidir. Bu gereksinim wattmetrenin akım

bobini güç ölçümü yapılacak devreye seri, gerilim bobini paralel olacak şekilde bağlanarak karşılanır. Wattmetrelerde küçük güç ölçülecekse akım bobininin sonra, büyük güç ölçülecek ise akım bobininin önce bağlanması ölçme hatasını azaltacaktır.




**Şekil 9.2: Wattmetre ve devreye bağlanması**

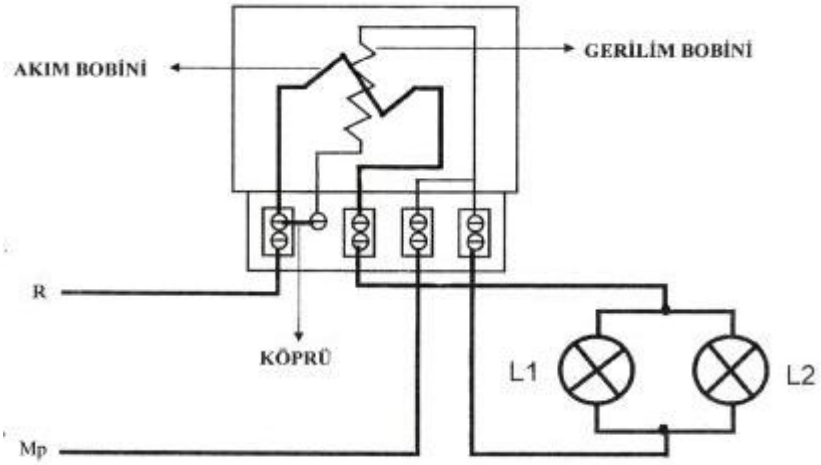
## 9.2. İş Ölçmek

Elektrik enerjisinin zaman içerisinde kullanımı işi oluşturur. $W \quad P.t$ formülü ile iş hesaplanır. Elektriksel işi ölçen aletlere elektrik sayaçları denir. Elektrik sayaçları abonenin harcadıkları elektrik enerjisini kilowatt saat (**KWh**) olarak ölçer.

### 9.2.1. Sayaçların Yapısı ve Çeşitleri

Elektrik sayaçları, harcanan elektrik enerjisini KWh cinsinden ölçen, 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 dönmesini sağlar. Diskteki hareket bağlı olduğu bir numaratöre aktarılır, böylece harcanan elektrik enerjisi miktarı numaratör 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 saylamaktadır. Kalibrasyona analog sayaçlara göre daha az ihtiyaç göstermektedir.

**Resim 9.1: Analog ve elektronik sayaçlar**




**Şekil 9.3: Sayaç bağlantı şeması**