

ÖLÇÜ VE CİHAZ PRENSİPLERİ

1. GİRİŞ

Ölçme herhangi bir fiziksel büyüklüğü insanın anlayabileceği şekle dönüştürme işlemidir. Bu dönüşüm sonucu elde edilen bilgiler çeşitli şekillerde olmakta beraber, bunların hepsi değişik birimli sayılarla ifade edilebilir. O halde herhangi bir fiziksel büyüklük sayılarla ifade edilirse ölçülmüş olur.

Fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinde çok değişik metotlar kullanılır. Bazı fiziksel büyüklükler yalnız mekanik yöntemler ile ölçülürken, bazıları elektrik bazıları ise elektronik yöntem ve cihazlar ile ölçülür. Ölçü cihazları içinde en gelişmiş olanı elektronik cihazlardır. Yapıları daha karmaşık olmasına rağmen, bazı üstünlükleri vardır. Bunların duyarlılıkları yüksek olup, çok küçük genlikli işaretleri ölçebilirler. Giriş dirençleri çok büyük olduğundan, ölçülen nesneye tesirleri (yükleme etkileri) azdır. Ayrıca, elektronik cihazlarla ölçülen büyüklüklerin uzak mesafelere taşınması ve uzaktan izlenmesi mümkündür.

Bu bölümde, ölçme esnasında gerekli olan temel prensipler ile ölçü cihazlarının temel karakteristikleri ve cihaz tasarım kuralları üzerinde durulacaktır.

2. 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 veya temel birimler cinsinden ifade edilir.

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 (System International d'Unite, S.I) olarak bilinir. Uluslararası sistem (SI) dışında çeşitli ülkelerin kullandığı özel birim sistemleri hala kullanılmaktadır. Uluslararası sistemin belirlediği yedi temel birim vardır. Bunlar;

Temel birimler

Büyüklük	Birim adı
Uzunluk	Metre (m)
Kütle	Kilogram (Kg)
Zaman	Saniye (s)
Sıcaklık	Kelvin (K)
Elektrik akımı	Amper (A)
Işık şiddeti	Candela (cd)
Madde miktarı	Mol (mol)

Şeklinde özetlenir. Bu temel birimlerin çarpım ve bölümü ile elde edilen yeni birimlere türetilmiş birimler denir.

Aşağıda çok kullanılan bazı türetilmiş mekanik ve elektriksel büyüklükler ile yardımcı birimler gösterilmiştir.

BÜYÜKLÜK	BİRİM ADI	AÇIKLAMA	BOYUT ANALİZİ
Alan	Metrekare	m x m	m ²
İvme	Metre/s ²		m x s ⁻²
Kuvvet	Newton	Kütle x ivme	kg x m x s ⁻²
İş,enerji,ısı miktarı	Joule(j)	Newton x metre	kg x m ² x s ⁻²
Güç, ısı akışı	Watt(W)	Joule / s	kg x m ² x s ⁻³
Elektrik yükü	Coulomb (C)	Amper x s	A x s
Gerilim,e.m.k.	Volt (V)	Joule / coulomb	kg x m ² x s ⁻² x A ⁻¹
Elektrik alan şiddeti		Volt x metre	kg x m x s ⁻² x A ⁻¹
Magnetomotor kuvvet	amper		A
Elektriksel direnç	Ohm (Ω)	V / A	kg x m ² x s ⁻³ x A ⁻²
Elektriksel Kapasite	Farad (F)	Coulomb x V	kg ⁻¹ x m ⁻² x s ⁴ x A ²
Elektriksel self	Henry (H)	V _{xs} / A	kg x m ² x s ⁻² x A ⁻²
Manyetik akı	Weber (Wb)	Volt x s	kg x m ² x s ⁻² x A ⁻¹
Manyetik akı yoğunluğu	Tesla	Wb / m ²	kg x s ⁻² x A ⁻¹
Manyetik alan şiddeti		Amper / metre	A / m
Aydınlık (ışık akısı)	Lümen (Lm)		
Parlaklık		Candele / m ²	Cd / m ²
Aydınlatma şiddeti	Lüks (Ls)	Lümen / m ²	
Frekans	Hertz (Hz)	I / periyot	s ⁻¹
Açısal frekans veya hız	Radyan/s	I / açısal hız	rad / s

Yardımcı birimler

Düzlemsel açı	radyan(rad)		rad
Katı açı	steradian		sr

NOT: Isı enerjisi ile elektrik enerjisi arasında; Q(kalori)= 0.239I² Rt (Joule)bağıntısı vardır. Burada;Q-Kalori olarak ısı enerjisini, I-Amper olarak akan akımı,R- Ω olarak direnci ve t-saniye olarak zamanı gösterir.

Uygulamada temel veya türetilmiş birimlerin kendileri kullanıldığı gibi, alt veya üst katlarında kullanılabilir. Bu dönüşümde kullanılacak çarpanlar ve isimleri aşağıda belirtilmiştir.

Birim Takısı	Çarpan	Sembol
exa	10 ¹⁸	E
peta	10 ¹⁵	P
tera	10 ¹²	T
giga	10 ⁹	G
mega	10 ⁶	M
kilo	10 ³	k
mili	10 ⁻³	m
mikro	10 ⁻⁶	μ
nano	10 ⁻⁹	n
piko	10 ⁻¹²	p
femto	10 ⁻¹⁵	f
atto	10 ⁻¹⁸	a

3. SAYILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ölçü sonuçları verilirken virgülden sonra hangi rakamların önemli olduğu veya göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu şekilde ölçü yada cihaz hassasiyeti ortaya çıkar. Mesala; bir voltmetrede 11.6 V okunmuş ise gerçek değeri 11.6 V 'a yakındır. 11.5 ile 11.7 arasındadır denilebilir. Dolayısıyla 0.1V' luk bir belirsizlik vardır. Belirsizlik birler basamağında ise ölçülen değer 10.6V ile 12.6V arasında olur.

3.1. Rakamların yuvarlanması

Virgülden sonraki bazı rakamlar atılarak yuvarlama yapıldığında; atılan rakamların ilki 5'ten büyük ise bir önceki rakam bir üst rakama çıkarılır. Aksi halde aynı kalır. (48.761 \cong 48.8, 48.741 \cong 48.7) atılan rakamların ilki 5 ve bundan sonra gelen rakam 1 ise, 5'ten önceki rakam bir üst rakama çıkarılır. 0 ise aynı değerde kalır. (48.751 \cong 48.8 ve 48.750 \cong 48.7) Benzer şekilde 58.349 sayısı 58.3 olarak ve 58.350 sayısı 58.3 olarak yuvarlaştırılır. 58.349 ve 58.350 sayıları 58.3'e daha yakın, 58.4'e daha uzaktır.

Aşağıda değişik sayıların yuvarlaştırılması yapılmıştır.

4.4489	\cong	4.4
4.5499	\cong	4.5
4.451	\cong	4.4
4.450	\cong	4.4

4. STANDARTLAR

4.1. Giriş

Tüm mühendislik uygulamalarında, belirli doğruluk limitleri içinde ve emniyetli çalışma şartları altında uzun dönemde kararlı ve ekonomik tasarımların yapılması arzu edilmektedir. Özellikle 1980' li yıllardan sonra sanayimizdeki gelişme; ileri teknolojinin kullanılması ve toplam kaliteye önem verilmesi ile sağlanmıştır. Uluslararası normlara uyulması yönünde alınmış kararlar sonucunda ölçmenin önemi artmıştır. Ürün kalitesi kadar, bu kalitenin sağlanması için gerekli olan teçhizatın kalitesi ve uygun kalibrasyonu gibi konular, bilim ve teknolojinin hızla ilerlediği günümüz şartlarında daha geniş bilgi ve daha yüksek teknik yeterliliğe ulaşmak için gereklidir.

Toplam kalite; tasarım aşamasından başlar, hammadde temini, üretim, pazarlama ve satış sonrası hizmetlere bağlıdır. Yapılan hataların önemli olmakla beraber, bunların ortadan kaldırılması daha da önemlidir. Her kademedeki kalitenin oluşmasını sağlamak ve müşterilerin isteklerini karşılamak temel hedefler arasındadır.

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte araştırma-geliştirme ve üretimde kullanılan ölçü ve kontrol cihazları kaliteyi yükselten temel unsurlar arasındadır. Daha yüksek kalite ve daha yüksek verimlilik ise; insan, malzeme, ekipman ve bilgiyi daha iyi kullanmakla elde edilebilir. Bu parametrelerin değerlendirmeleri yapılacak olan doğru ölçmeye bağlıdır. Karakteristikleri kesin olarak belirlenmiş bir referans sisteme göre yapılacak kontroller, üretim metodunun başarısını belirler. Bu nedenle yüksek doğrulukta yapılan ölçmeler modern kalite kontrolünün önemini artırır.

4.2. Standardizasyon

Standardizasyon, Uluslararası Standart organizasyonu (ISO) tarafında şöyle tarif edilmektedir:

“Standardizasyon; belirli bir faaliyetle ilgili olarak ekonomik fayda sağlamak üzere bütün ilgili tarafların yardım ve iş birliği ile belirli kurallar koyma ve bu kuralları uygulama işlemidir.”

Standardizasyon, aslında toplumun kalite ve ekonomikliliği arama çalışmalarının sonucu ortaya çıkan faaliyetlerdir. Standardizasyon, esas itibarı ile mal ve hizmet üretmekte aranacak özellikleri ortaya koymakla beraber, diğer alanlarda da (hukuk, yönetim gibi) zaman zaman kullanılmaktadır.

Standardizasyon, bütün ilgili tarafların yardımları, iştirakları ve karşılıklı işbirliği ile gerçekleştirilmeli ve genel kabul görmelidir. Standardizasyon, toplumun her kesimine genel fayda sağlaması yanında çevreyi tahrip etmeme yaşanabilir bir çevrenin muhafazası yönünden çok büyük faydaları bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını ana başlık halinde aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

4.2.1. Standardizasyon un Üreticiye Faydaları

- Üretimin belirli plan ve programa göre yapılmasını sağlamaktadır.
- Uygun kalite ve seri imalata imkan sağlar.
- Kayıp ve atıklar en az seviyeye iner.
- Verim ve üretim artar.
- Depolamayı ve taşımayı kolaylaştırır, stokların azalmasını sağlar.
- Maliyeti düşürür.

4.2.2. Standardizasyonun Ekonomiye Faydaları

- Kaliteyi artırır ve kalite seviyesi düşük üretimle meydana gelecek emek, zaman ve hammadde israfını ortadan kaldırır.
- Sanayii belirli hedeflere yönlendirir. Üretimde kalitenin gelişmesine yardımcı olur.
- Yanlış anlamaları ve anlaşmaları ortadan kaldırır.
- İhracatta ve ithalatta üstünlük sağlar.
- Rekabeti geliştirir.
- Kötü malı piyasadan kovar.

4.2.3. Standardizasyonun Tüketicie Faydaları

- Karşılaştırma ve seçim kolaylığı sağlar.
- Fiyat ve kalite yönünden aldanmaları önler.
- Ucuzluğa yol açar.
- Tüketicinin bilinçlenmesinde etkin rol oynar.

4.3. Standart Tanımı

Genel olarak; Standardizasyon çalışması sonucu ortaya çıkan belge, doküman veya esere standart adı verilir. Standartlar bilimsel, teknik ve deneysel çalışmaların kesinleşmiş sonuçlarını esas alır. Yalnız günümüz şartlarını belirlemekle yetinmez, geçireceği gelişme imkanlarında göz önünde bulundurur ve gelişmelere ayak uydurur. Kısaca standart; İmalatta, anlamda, ölçmede ve deneyde beraberlik manasında gelir.

Teknik Açıdan standart; Çok doğru olarak kabul edilen ve birim ölçmelerde referans olarak kullanılan bir fiziksel elemandır. Günümüzde kullanılan standartlar, Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçmeler Komitesi tarafında belirlenir. Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu Paris'tedir. Yaklaşık 100 yıldan beri hizmet etmektedir. Bunun dışındaki Amerika Birleşik Devletleri'ndeki; NBS (National Bureau of standart), İngiltere' deki; National Physics Laboratory ve Almanya' daki; Physikalisch-Technische Bundesanstalt laboratuvarları uluslararası programa uygun olarak çalışmaktadırlar.

4.4. Standartların sınıflandırılması

Standartlar aşağıda belirtildiği gibi çeşitli kriterlere göre sınıflandırılır.

Yapı karakterine Göre	Uygulama şekillerine Göre	Uygulama alanlarına göre
Madde	Keyfi	İşletme
Mamül	Mecburi	Endüstriyel
Mahsül		Milli (TS. DIN)
Metod		Bölgesel (EN)
Hizmet		Uluslararası (ISO)

4.5. Standartların Hazırlanışı

Türkiye’ de TSE’ in temel görevlerinden biri olan standart hazırlama işi, kurumunun İhtisas Kuralları adı verilen organları tarafından yerine getirilmektedir. Bu kuralların oluşmasında; özel sektör. Üniversiteler, kamu kuruluşları temsilcilerin dengeli bir şekilde katılımı sağlar. Standartların hazırlanmasında sektörler arası uzlaşmanın sağlanmasına hassasiyet gösterilmektedir.

Yeni standart önerileri; bakanlık, kamu ve özel sektör kuruluşları, bilimsel kuruluşlar, kullanıcılar ve TSE Hazırlık Gruplarından gelir.

Bu standart teklifleri uygulamadaki ihtiyaçlardan doğmaktadır. Farklı sektörlerden gelen teklifler, çeşitli aşamalardan geçirilerek Türk Standardı haline getirilir.

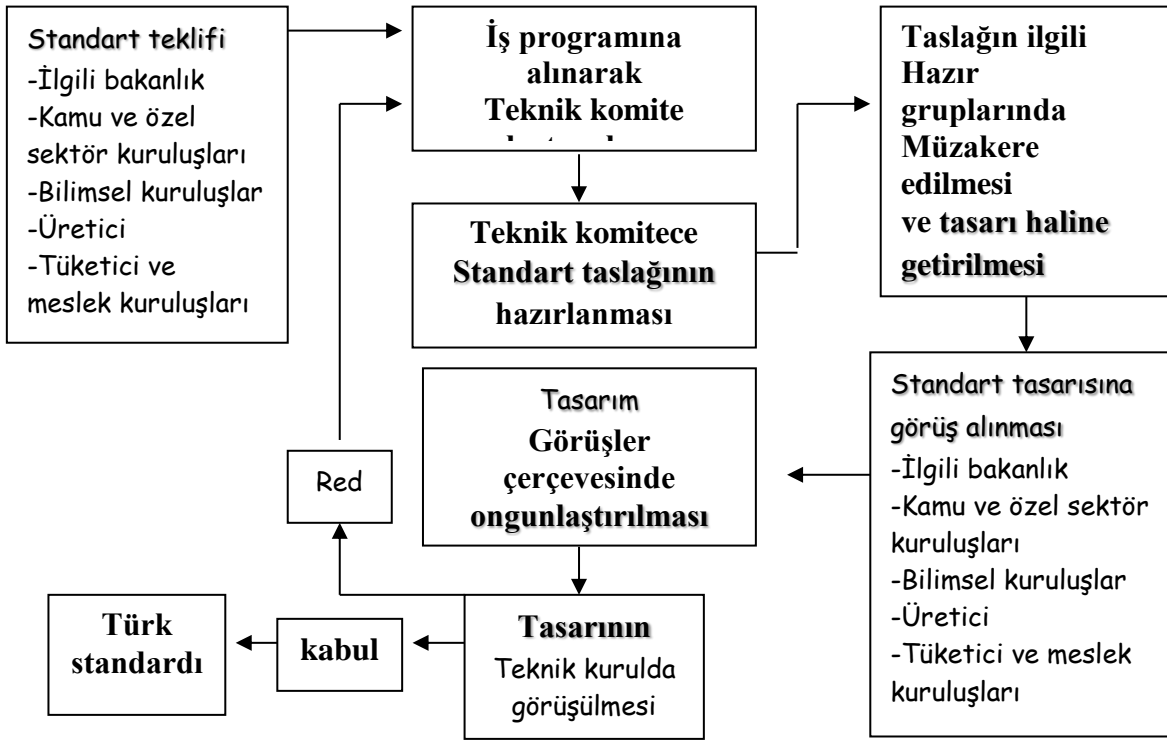
Standartlar hazırlandıktan sonra teknolojik gelişmelere paralel olarak, gerektiğinde tadil ve revizyona alınarak güncelleştirilir. Bu şekilde gelişmeler engellenemez ve kaliteden geri dönülmeyeceği konusunda bir güvence sağlanır. Herhangi bir standardın nasıl hazırlandığı Şekil-1’de blok diyagramında daha iyi görülmektedir.

4.6. Ölçme ve Kalibrasyonun Standartlardaki Yeri

Giderek artan ulusal ve uluslararası iş bölümü ve bununla bağlantılı olarak ara mamüllerin, son ürünü oluşturacak şekilde farklı yerlerde üretilip bir merkezde bütünleştirilmesi; kuruluşlarda, kontrol ve ölçme ekipmanının, kalibrasyonla ulusal standartlara izlenebilirliklerinin sağlanması gerektiğini ortaya koymuştur. Mamül üretenle bu mamülü kullanan ve diğer parçalarla birleştiren kuruluşlar mutlaka aynı ölçüyü kullanmak zorundadır.

Ölçme ve kalibrasyon amaçlı kullanılan standartların bilimsel, teknik, endüstriyel ve yasal ölçülerinin kademeli olarak herhangi kurum veya ülke çapında uygulanması; kalitenin sağlanması, korunması ve geliştirilmesi için önemli ve gereklidir. Bu şekilde orta ve uzun vadede ürün ve hizmetlerin kalitesinin yükseltilmesi gerçekleştirilebilir. Kalite güvencesinin gereklerinden biri olan uluslararası ISO 9000 ve eşdeğeri EN 29000 serisi standartlarla belirlenmiştir. Bu standartlar kalite teminatının en önemli parametrelerinden olan “ölçme ve kontrol ekipmanının kontrolünü” de içermektedir.

Ölçme ve kontrol ekipmanının kontrolü sayesinde, üretim esnasında yapılan ölçmelerin doğruluğu güvence altına alınmış olur. Bunun için bu tip ekipmanların düzenli olarak kalibre edilmesi gerekir. Böylece, ulusal ve/veya uluslararası standartların izlenmesi sağlanır. Ölçme cihazlarının ve ölçme tekniklerinin doğruluğu ve güvenilirliği, bilimsel araştırmalarda gelişmeyi, kontrol ve deney teçhizatının hatasız çalışması da, kaliteyi ve verimliliği artıran faktörlerdir.



5. HATALAR

Fiziksel büyüklüklere ait ölçü sonuçlarını tek bir sayı ile ifade etmek mümkün değildir. Ne kadar dikkatli bir ölçme yapılırsa yapılsın, ne kadar doğru aletler kullanırsa kullanılsın hatasız bir ölçme yapılamaz. Ancak yapılan hata bilinirse, ölçme sonucunun bir anlam olur. Kullanılan metotlar, cihazların kalitesi ve deney yapanın bilimsel ve psikolojik durumu, elde edilen ölçü sonucunun gerçek değerine yakınlığına etki eden temel faktörlerdendir. Yapılacak toplam hata genel olarak iki hata grubunda toplanabilir. Bunlar; kaynakları önceden belli olan ve hesap yolu ile tayin edilebilen tayin edilebilir hatalar ve kaynakları kişiden kişiye ve zamandan zamana değişen ve değişik etkenlere göre hesap edilme imkanı bulunamayan tayin edilemez hatalardır.

Hata kaynakları hangi türden olursa olsun, genellikle karşımıza şu şekilde çıkarlar; Bunlardan birincisi; kullanılacak cihazların yapım hatalarıdır. Her imal edilen cihaz referans standart değildir. Bundan dolayı bir yapım hatası vardır. Cihaz kullanıldıkça bazı özellikleri değişir ve doğruluğunda azalma olur. Bundan dolayı bu tip cihazlarının kalibrasyonlarının yapılması gerekir.

Ölçme sonuçlarının analizleri yapılırken, yapılan hatanın miktarı ve çeşidinin iyi bilinmesi gerekir. Ölçmedeki hata, ölçülen değer ile gerçek değer arasındaki farktan meydana gelir. Gerçek değer, daha doğru ölçme yapan cihazlar ile elde edilir. Genel olarak hatalar üç grupta toplanır.

- Sistem veya cihaz içi hatalar
- Sistem veya cihaz dışı hatalar
- Rastlantı hataları

5.1. Sistem veya cihaz içi hatalar

Sistem veya cihaz içi hataları, tekrarlı ölçmelerde sabit olan ve değişmeyen hatalardır. Bu hatalar; imalat esnasında fabrika yapım hataları, referans, ayar ve kalibrasyon hatalarıdır. Sistem veya cihaz içi hataları, cihazın mekanik ve elektriksel karakteristiklerinden de meydana gelir. Bunlar sürtünme, histerezis ve çeşitli lineersizliklerdir. Bu hataların olmaması veya azaltılması için; cihazın uygun standartları ile sık sık kalibrasyonunun yapılması gerekir. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

a) **Sıfır hatası:** Ölçü aletinin sıfır ayarının hatalı olmasından kaynaklanır. Mesela bir voltmetrenin bütün ölçmelerde 0.5V az ölçme yapması sıfır ayarının hatalı olduğunu gösterir.

b) **Skala hatası:** Bu hata ölçülecek olan işaretin genliğine bağlı olarak uygun kademenin seçilmemesinden ve skalanın lineer olmamasından kaynaklanır. Skala lineer değil ise bunun düzeltilmesi gerekir. Düzeltilemezse her noktadaki hatanın ne olduğu tespit edilerek ölçü sonuçlarına ilave edilmesi veya çıkartılması gerekir.

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

d) **Yükleme hatası:** Ölçü aletinin devreye bağlanması durumunda devreden bir enerji çeker. Bundan dolayı ölçü aleti devreye ve ölçülen parametreye etki eder. Voltmetre direncinin sonsuz, ampermetre direncinin sıfır olmamasından dolayı her birinin devreye etkisi olur.

e) **Yapım hatası:** Cihazın yapımından kaynaklanan hatalardır. Yapım hatasına göre ölçü aletleri 7 sınıf olup, aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

ÖLÇÜ ALETLERİNDE HATA SINIFLARI							
	Hassas Aletler			İşletme Aletleri			
İşareti	E		F	G		H	
Sınıfı	0.1	0.2	0.5	1	1.5	2.5	5
Gösterme Hatası	±0.1 %	±0.2 %	±0.5 %	±1 %	±1.5 %	±2.5 %	±5 %

5.2. Sistem veya cihaz dışı hatalar

Sistem veya cihaz dışı hataları, insan ve dış kaynaklı hatalar olmak üzere iki grup halinde toplanabilir. İnsan kaynaklı olanlar; yanlış okuma, yanlış skala seçimi, cihaz ayarının yanlış yapılması, yanlış uygulama ve hatalı hesaplama şeklinde özetlenebilir. Bunların nedeni; insanın bilgisizliği, psikolojik veya fiziksel yorgunluğu ve dikkatsizliği olabilir. Bu hatalar insandan insana değişir. Yüksek sıcaklık, rutubet elektrik ve manyetik alan gibi dış etkilerden oluşan hatalar da bu sınıfa girer. Cihazın yanlış ve hatalı kullanılmasında doğan hatalarda bu sınıfta değerlendirilebilir. Bunları önlemek için; operatörün bilgili ve dikkatli olması, sonuçların kontrol edilmesi, dış etkilerden korunulması ve cihazın uygun yerde kullanılması gerekir.

5.3. Rastlantı hataları

Belirsiz nedenlerden dolayı ortaya çıkan hatalardır. Genlik ve polaritesinin ne zaman, nasıl ve ne kadar değişeceği belli olmayan durumlarda söz konusudur. Rastlantı hataları özellikle tekrarlı ölçme yapılması durumunda ortaya çıkar. Bunların belirlenmesi oldukça zordur. Bunlar, istatistik yolla belirlenir. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Yuvarlaklaştırma hatası, ibrenin ara değerlere sapması durumunda, okuma yaparken en yakın bir üst veya bir alt değere kaydırılırken yapılan hatadır. Diğer bir hata, ibrenin gerçek değer civarında dalgalanması sonucunda iyi bir okumanın yapılmamasıyla ortaya çıkan hatadır. Gürültü, yüksek sıcaklık, rutubet, elektrik ve magnetik alan gibi dış etkilerden oluşan hatalar dış kaynaklı hatalar olmakla birlikte zaman ve değerleri kesin olarak belirlenmez ise bunlarda

bu sınıfa girerler. Cihazın mekanik ve elektriksel karakteristiklerinden meydana gelen sürtünme, histerezis ve çeşitli lineersizliklerde belirsizlik var ise bunlarda rastlantı hataları olarak değerlendirilir.

Ölçü hatalarını ve cihaz karakteristiklerini açıklamaya yarayacak bazı büyüklükler aşağıdaki kısımlarda incelenecektir.

STATİK KAREKTERİSTİKLER

Doğruluk: Doğruluk, ölçülen değer gerçeğe ne derece yakın olduğunu gösterir. Ölçmedeki en önemli parametre doğruluktur. Doğruluğu ifade etmek üzere mutlaka hata, bağıl hata ve bağıl doğruluk tanımları kullanılır. Gerçek değer (x) ile ölçülen değer (Xö)arasındaki fark mutlak hatayı (ΔX) verir.

$$\Delta X = X\ddot{o} - X$$

Mutlaka hata $\Delta X = X - X\ddot{o}$ şeklinde tanımlanabilir. Ancak bundan sonraki büyüklükleri buna göre tanımlamak ve değerlendirmek gerekir. Mutlak hatanın ters işaretli değerine düzelmiş adı verilir.

$$\beta = X - X\ddot{o} = - \Delta X$$

$$\text{Bağıl hata ise, } \beta = \frac{(X\ddot{o} - X)}{X}$$

Şeklinde ifade edilir. Bağıl doğruluk (θ) da çok kullanılan bir büyüklüktür.

$$\theta = 1 - \beta$$

Bağıl hata veya bağıl doğruluk cihaz skalasının tam sapması için verilir ve cihazın bütün kademeleri için ayrıdır. Bağıl hata, cihaz veya elamanın sınıfını ifade eder. Örneğin, maksimum 10v ölçen bir voltmetrenin bağıl hatası %2 veya sınıfı 2 ise 10v ölçerken yapacağı mutlak hata $0.02 \times 10 = 0.2v$ olur. 10v luk kademe daha küçük yani 5v luk bir gerilim ölçülmesindeki bağıl hata $0.2 \sqrt{5} = \%4$ olup, daha büyük ve farklı değerlidir. Halbuki mutlak hata aynı kademenin her bir konumu için aynıdır. Yani 5v ölçerken yapılan mutlak hata da 0.2v'tur.

Herhangi bir ölçmede birden fazla cihaz veya elaman kullanılabilir. Ölçmedeki toplam hatayı hesaplarken bütün cihaz ve elamanların etkilerini hesaba katmak gerekir. Bu işlem yapılırken, ölçülen büyüklüğün devre elamanları cinsinden analitik ifadesi yazılır. Daha önce açıklandığı gibi bu bağlantının diferansiyeli veya logaritmik diferansiyeli alınarak toplam bağıl hata bağıntısı bulunur.

Her hangi bir ölçme değerinde ölçü aletinin bağıl yapım hatası

β = bağıl yapım hatası

X_m = ölçü aletinin kademe değeri veya skala değeri

X = ölçme değeri

S = ölçme aletinin sınıfı

$$\beta = \frac{S \cdot X_m}{X \cdot 100}$$

bağıl yapım hatası formülü

Soru: 90V'luk bir gerilim 0,5 sınırdan 300 V'luk ve 1 sınırdan 100 V'luk voltmetreler ile ayrı ayrı ölçülüyor. Her iki voltmetrenin de yaptığı bağıl hatayı bulunuz?

$$U = 90 \text{ V} \quad \beta_1 = \frac{S_1 \cdot U_{m1}}{U \cdot 100} = \frac{0,5 \cdot 300}{90 \cdot 100} = 0,0166 \quad \beta_1 = \% 1,66$$

$$S_1 = 0,5$$

$$S_2 = 1$$

$$U_{m1} = 300 \text{ V} \quad \beta_2 = \frac{S_2 \cdot U_{m2}}{U \cdot 100} = \frac{1 \cdot 100}{90 \cdot 100} = 0,011 \quad \beta_2 = \% 1,11$$

$$U_{m2} = 100 \text{ V}$$

Not: hangi aralıklar arasında olduğunu bulmak için

$$90 \cdot \frac{1,66}{100} = 1,5$$

$$90 \cdot \frac{1,11}{100} = 1$$

birinci ölçü aleti için

$$90 - 1,5 < U < 90 + 1,5$$

$$88,5 < U < 91,5$$

ikinci ölçü aleti için

$$90 - 1 < U < 90 + 1$$

$$89 < U < 91$$

Soru: Bir direnci ölçmek için maksimum kademesi 6A ve sınıfı 0,2 olan ampermetre ile maksimum kademesi 300V ve sınıfı 0,5 olan voltmetre kullanılmıştır. Bu ölçüde ampermetrede okunan değer 2A voltmetrede okunan değer 120V 'tur direnç ölçümünde yapılan toplam bağıl hata ve mutlak hatayı bulunuz.?

$$I_m = 6 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{120}{2} = 60 \text{ } \Omega$$

$$S_A = 0,2$$

$$U_m = 300 \text{ V}$$

$$\beta = \beta_A + \beta_V = \frac{0,2 \cdot 6}{2 \cdot 100} + \frac{0,5 \cdot 300}{120 \cdot 100} = 0,0185 \quad \beta = \% 1,85$$

$$S_V = 0,5$$

$$\Delta_R = R \cdot \% 1,85 = 60 \cdot 0,0185 = 1,11$$

$$60 - \Delta_R < R < 60 + \Delta_R$$

$$60 - 1,11 < R < 60 + 1,11$$

$$58,89 < R < 61,11$$

Hassasiyet: Ölçü hatalarını ifade eden diğer bir büyüklük ise hassasiyettir. Hassasiyet doğruluktan farklıdır. Hassasiyet, küçük değerleri ayırt edebilme özelliğidir. Mesela, mikro volt ölçen bir voltmetre mili volt ölçen bir voltmetreden daha hassastır. Başka bir örnek; 10.345 mA i ölçen bir ampermetre 10.34 mA i ölçen bir ampermetreden daha hassastır. Hassas ölçmenin daha doğru olduğu söylenemez. Yani dakika ve saniyeleri olan bir saat kademesi olan bir saatten daha hassas olmasına rağmen, daha doğru olmayabilir,

doğru olmayan bir zamanı daha hassas okumanın bir anlamı yoktur. Hassasiyet (H) matematiksel olarak da ifade edilebilir.

Ölçme Sırası	Ölçülen Değer(Xn)
--------------	-------------------

$H=1 - (X_n - \bar{X}_n) / \bar{X}_n$ Burada X_n , n. ölçmedeki değer ve \bar{X}_n ise ölçmelerin ortalamasını gösterir.

ÖRNEK:2

Yanda 10 adet ölçmeye ait değerler gösterilmiştir. Dördüncü ölçmedeki hassasiyeti hesaplayınız.

1	98
2	102
3	101
4	97
5	100
6	103
7	98
8	106
9	107
10	99

toplam

ÇÖZÜM:

Yukarıdaki 10 ölçmenin ortalaması ölçülen bütün değerlerin toplamının 10'a bölünmesi ile elde edilir. Bu değer 101,1' dir.

Dördüncü ölçmedeki hassasiyet ise:

$$H(4) = 1 - (97 - 101.1) / 101.1 = 1 - 0.04 = 0.96 \text{ olur.}$$

ÖRNEK:3

Aşağıda farklı zamanlarda aynı akıma karşılık ölçü aletinin göstergesinin sapması derece olarak verilmiştir. hassasiyetin en kötü olduğu durumu belirtiniz.

Im (mA)	İbre Sapması (derece)
10	20.10
10	20.00
10	20.20
10	19.80
10	19.70
10	20.00
10	20.30
10	20.10

ÇÖZÜM:

Ortalama değer bütün sapma değerlerinin toplamının 8'e bölünmesi ile elde edilir. Bu değer, 20.02 derecedir. Tablodan görüldüğü gibi beşinci değer en kötü durumdadır. Çünkü ortalama değere en uzak olan değerdir. Bu durumdaki hassasiyet aşağıdaki gibi olur.

$$H(19.70) = 1 - (19.70 - 20.02)/20.02 = 1 - 0.16 = 0.986$$

Duyarlılık: bir ölçü aleti veya sisteminin girişe uygulanan işaret ile bunun çıkış işareti arasındaki bağlantıyı ifade eder. birden fazla giriş olması halinde, bir değişken dışındakiler sabit tutulur. Bu giriş değiştirilerek çıkıştaki değişiklik ölçülür. Çıkış değişikliğinin giriş değişikliğine oranı duyarlılık eğrisinin eğimini verir.

Ölçü aletinin duyarlılığı çeşitli dış ve iç etkilerle bozulabilir. Duyarlılık eğimi sabit iken çıkışta oluşabilecek herhangi bir değişiklik, **sıfır kayma** oluşturur. Bu kayma pozitif veya negatif yönde olabilir. Eğer duyarlılık eğrisinin eğimi değişirse, **duyarlılık kayması** meydana gelir.

Ölçü aletleri için daha küçük kademelerin daha duyarlı olduğu söylenebilir. Yani, bir ampermetrenin 1A'lık kademesi 10A'lık kademesinden daha duyarlıdır. Voltmetrenin duyarlılığı ise ohm/volt şeklinde verilir. Ohm/volt oranı yüksek olan voltmetre daha duyarlıdır. Voltmetrenin duyarlılığı ile kademesinin çarpımı giriş direncini verir. Mesela, duyarlılığı 100kΩ/Volan voltmetrenin 0.1Vkademesindeki giriş direnci $100.000 \times 0.1 = 10k\Omega$ olur. Voltmetre devreye paralel olarak bağlandığından, giriş direncinin büyük olması halinde devreye olan etkisi az olur. Ampermetre devreye seri olarak bağlandığından, bunun iç direncinin mümkün olduğu kadar küçük olması gerekir.

Lineerlik: Bir sistem veya cihazın lineer olabilmesi için giriş ile çıkış büyüklükleri arasındaki bağıntı doğrusal olması gerekir. Bu bağıntıyı matematiksel olarak şöyle açıklayabiliriz.

Sistemin girişi sırası ile X_1 ve X_2 uyguladığımızda, çıkışında Y_1 ile Y_2 büyüklere elde ediliyorsa, sistemin lineer olması için;

- Girişe X_1+X_2 uyguladığımızda, çıkışta Y_1+Y_2 ve
- Girişe kX_1 uyguladığımızda, çıkışta kY_1 elde edilmelidir.

Lineersizlik: Giriş-çıkış karakteristikleri lineer bir cihaza ait olup, buradaki doğrusal değişimde oluşabilecek küçük bir kayma lineersizliği gösterir. Çeşitli tipte lineersizlikler vardır.

ÖLÇÜ HATALARININ İSTATİSTİK ANALİZİ

Herhangi bir fiziksel büyüklük ölçülürken, çok değişik iç ve dış etkilerin mevcut olduğunu göz önüne almak gerekir. Mesela bir direnç telinin direnci belirlenirken, direnç değerine etki eden çok değişik faktörler vardır. Bunların bir kısmı önemli bir kısmı önemsizdir. Bu etkenler; imalat tekniği, tel malzemesi, telin kesit alanı, tel boyu, ortam sıcaklığı, teldeki akım dağılımı ve uygulanan gerilim şeklinde özetlenebilir. Ölçmenin doğruluğu, bu faktörlerin bilinmesine bağlıdır. Bu faktörlerden bir kısmının bilinmemesi veya sabit tutulmaması durumunda arka arkaya yapılan ölçmeler farklı sonuçlar verir.

Etkenlerin değişimi belirsiz ve rasgele olduğundan, bunlardan kaynaklanan hataların analizi istatistik yöntemlerle yapılır. İstatistik analizde, ortalama değer, ortalama sapma ve standart sapma ve standart sapma gibi büyüklükler tanımlanmıştır. Bu büyüklükler ile yukarıda bahsedilen hataların sayısal değerlendirilmesi yapılabilir.

Ortalama, Sapma ve Standart Sapma

Ortalama veya ortalama değer (X_0), bir büyüklüğün n adet ölçüde elde edilen değerlerin cebrik toplamının n 'ye bölünmesi ile elde edilir. bu ortalama, aritmetik ortalamadır.

$$X_0 = \frac{(X_1+X_2+\dots+X_n)}{n}$$

Sapma ise ölçülen her bir ile ortalama değer arasındaki farktır. X_1, X_2, \dots, X_n değerlerinin sapması;

$$D_1 = X_1 - X_0 \quad D_2 = X_2 - X_0 \quad \dots \quad D_n = X_n - X_0 \text{ şeklindedir.}$$

Sapmaların cebri toplamı sıfırdır.

Örnek:5

50Ω luk direnç serisinin 4 tanesinin aşağıdaki değeri ölçülmüştür. Bu büyüklükler için;

- Aritmetik ortalamayı,
- Her değer için sapması,
- sapmaların cebrik toplamını hesaplayınız.

$$X_1 = 50.1 \Omega, X_2 = 49.7\Omega, X_3 = 49.6 \Omega, X_4 = 50.2\Omega$$

Çözüm:

- Aritmetik ortalama,

$$X_0 = (50.1+49.7+49.6+50.2) / 4 = 49.9\Omega$$

- Her değer için ortalama sapma değerinden sapma miktarı (Ω olarak)

$$D_1 = 50.1-49.9 = 0.2$$

$$D_2 = 49.7-49.9 = -0.2$$

$$D_3 = 49.6 - 49.9 = -0.3$$

$$D_4 = 50.2 - 49.9 = 0.3$$

c) Sapmaların cebrik toplamı,

$$D_1 = 0.2 - 0.2 - 0.3 + 0.3 = 0 \text{ olarak bulunur.}$$

N adet mutlak değerlerin n' ye bölünmesi ile ortalama sapma (D_o) elde edilir.

$$D_o = (|D_1| + |D_2| + \dots + |D_n|) / n$$

Ortalama sapmanın küçük olması, ölçü cihazının daha duyarlı olduğunu gösterir.

Örnek: 6

Bir önceki örnekteki değerler için ortalama sapmayı hesaplayınız.

Çözüm:

Ortalama sapma aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$D_o = (|0.2| + |-0.2| + |-0.3| + |0.3|) / 4 = 0.25\Omega$$

Standart sapma:

Bir grup verinin değerlendirilmesinde ortalama sapma yerine standart sapma daha çok yararlıdır. Standart sapma (S), Şeklinde tanımlanır. Bu değer ortalama değer civarındaki değişimini miktarını gösterir. $n < 20$ için daha doğru bir sapma elde etmek gayesi ile paydadaki n yerine n-1 konur. Pratik olarak; herhangi bir ölçü grubunda elde edilen ortalamanın yakınlığı, bulunan standart sapmanın yüzde değerinin elde edilen ortalamanın %10 dan küçük olması ile anlaşılır.

$$S = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2}{n}}$$

Örnek:7

Örnek- 5' teki değerler için standart sapmayı hesaplayınız.

Çözüm:

Elaman sayısı 20den az olduğu için n yerine n-1 alınır.

Standart sapmanın bağıl veya yüzde değişimi $0.29/49.9 = 0.0058 = \%0.58$ 'dir. bu değer, ortalama değer $\%10$ 'undan ($\%10 * 49.9 = \%4.99$) küçük olduğu için bulunan ortalama değer gerçek değere yakındır.

Gauss Dağılımı

Çok sayıda yapılan grup ölçmelerinde elde sonuçların dağılımı çan eğrisi veya histogram ile gösterilir. Ölçmenin çok az hata ile yapıldığı düşünülürse, rasgele hataların etkisi ölçü sayısının artması ile azalır ve Gauss dağılımı simetrik olur. Gerçek veya ortalama değer etrafında daha yoğun dağılım elde edilir. Eğrinin daha dar veya keskin olması, daha çok sayıda doğru ölçme yapıldığını gösterir.

Standart sapma aralığında ($\pm X_1 = \pm S$) tüm değerlerin $\%68.3$ 'ü bulunur. Bu alan $X_o \pm S$ sınırları içinde kalan alandır. Şekil-12'de çan eğrisi alanının ve genişliğinin normalize edilmiş şekli gösterilmiştir. herhangi bir değer toplam alan içinde bulunabilme olasılığı $\%100$ 'dür. Toplam alan 1 olduğuna göre

herhangi bir değerin $X_0 \pm X_1$ aralığında bulunma olasılığı bu sınırlar içinde kalan alan kadar olur. Aşağıdaki tabloda $\pm S$ 'in değişik oranlarına bağlı olarak %olasılık miktarı verilmiştir.

Sapma $X_1 \pm \rightarrow$	0.5 S	0.8 S	S	1.5 S	2.02 S	2.5 S	3 S
% olasılık	38.3	57.6	68.3	86.6	95.5	98.8	99.7

DOğRU AKIM ÖLÇMELERİ

1. GİRİŞ

Bu bölümde, doğru akım ölçmelerinin temel cihazı olan döner bobinli galvanometrenin önemli özellikleri ve çeşitli uygulamaları açıklanacaktır. Döner bobinli galvanometre 1960 yılına kadar ölçü cihazlarında kullanılan tek göstergeli aleti idi. Günümüzde de halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Galvometre uygulamalarının en başında; DC ampermetre ve DC voltmetre yapımı gelir. Bunun dışında, ohmmetre yapımında ve whetstone köprüsünde sıfır gösterge cihazı olarak galvanometreden faydalanılır.

2. DÖNER BOBİNLİ GALVANOMETRE

Günümüzdeki ölçü aletlerinde en çok kullanılan ibrelili gösterge cihazı, döner bobinli galvanometredir. Elektromekanik yapıya sahip olan galvanometre 1881 yılında jacquesd' Arsonval tarafından bulunmuştur. Şekil 1-a'da galvanometrenin prensip Şeması gösterilmiştir. Burada, "U" Şeklinde bir tabii veya daimi mıknatısın kutupları arsında silindirik yapıya sahip bir demir bulunur. Demir göbek üzerine ince telden oluşmuş çok sarımlı bir bobin yerleştirilmiştir. Bobin ince bir metal çevreye sarılmış olup, kendi eksenini etrafında serbestçe dönebilmektedir.

Bir bobin iletkenine etki eden kuvvet, B-weber/m² veya Tesla olarak akı yoğunluğunu ve L-metre olarak magnetik alan içimde kalan bobin boyunu göstermektedir.

Bobin genişliği 2r kadar ise bir iletkenli bobine etki eden moment aşağıdaki Şekilde ifade edilebilir.

$$\tau = 2Fr$$

moment, bobin sarım sayısı ile artar. Sarım sayısı n olan bir bobine etki eden moment,

$$\tau = 2Frn = 2BLrn \text{ olur.}$$

Bobin alüminyum gibi hafif ve manyetik olamayan bir malzemedenden dikdörtgen Őeklindeki bir çerçeve üzerine ince bakır tellerden oluşur. Daha büyük moment için bobin alanının büyük ve sarım sayısının fazla olması gerekir. Bu durumda toplam bobin kütle ve fiziksel boyutlar artacağı için atalet de artar. Sarım sayısının artması bobin direncini de arttırır. Neticede galvanometrenin duyarlılığı azalır. Manyetik direnci azaltmak amacı ile demir bir göbek kullanılır. Dış manyetik etkilerden korunmak için manyetik ekranlama yapılıır. Bobinden akan akımın oluşturduğu momente ters yönde etki eden ve bronzdan yapılmış bir çift sprial yay vardır.

Bobin hareketi bu yaya ile frenlenir. bu sistem sayesinde bobinden akan akım ile orantılı kendi eksenini etrafında lineer bir dönme hareketi oluşur ibrenin maksimum sapması mekanik olarak bir pim ile sınırlanır. Sıfır ayarı ise alet panelindeki bir vida üzerinden mekanik olarak spiralin pozisyonu değiştirilerek yapılır.

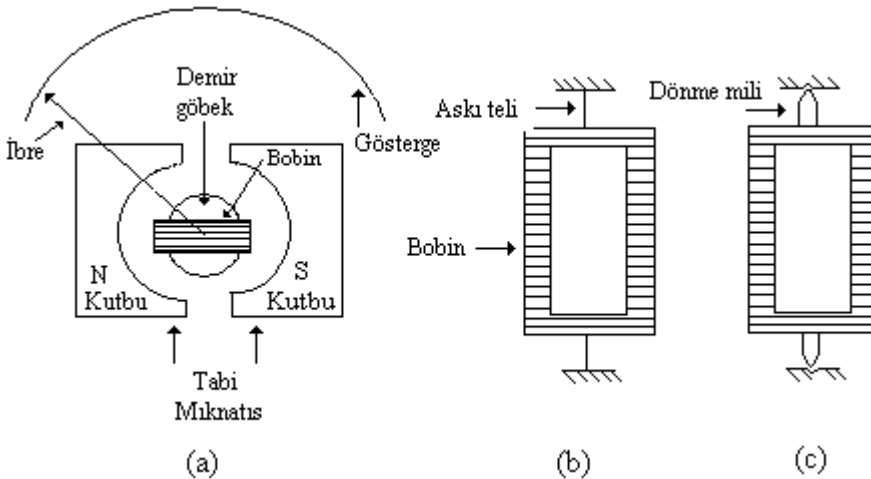
Galvanometre çalışma prensibi DC motora benzer. Galvanometre DC veya ortalama akımı ölçer. AC işaretin ortalaması sıfır olduğu için AC akım ile herhangi bir sapma olmaz. Ani bobin akımları bobin kütlelerinin mekanik ataleti ile önlenir. Dolayısı ile galvanometre akım dalgalanmalarının ortalaması kadar sapar.

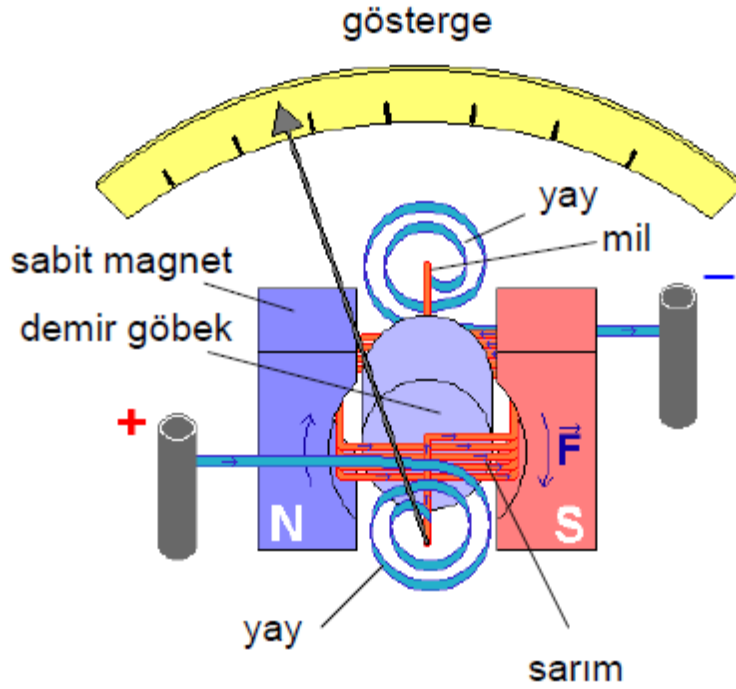
Döner bobin düzeni, ya platin – nikel gibi dayanıklı bir askı teli şeridine bağlanır, ya da sürtünmesi az dayanıklı bir mil üzerine yerleştirilir. Bobine bağlı olan bir ayna veya ibre bobinle birlikte döner. Bobin telinin uçları akımı ölçülecek devreye seri bağlanır. Bobin dönerken buna bağlı olan ibre veya ayna da döner. İbrenin sapma miktarı bobinden geçen akım ile orantılıdır. Sapma yönü ise akımın yönüne bağlıdır.

Manyetik alan şiddeti ile frenleme yayının sertliği sıcaklıkla azalır. Bobin direnci ise sıcaklıkla artar. Bu iki etki sonucunda galvanometre daha az bir sapma yapar. Bundan dolayı geniş bir sıcaklık aralığında çalışacak olan galvanometrelerde bazı kompanzasyon önlemleri alınır. Bobin direncinin sıcaklıkla değişimi önlemek amacı ile seri olarak küçük sıcaklık katsayısına sahip olan manganin veya benzeri metallere oluşturmuş bir direnç teli bağlanır. ancak bu direnç galvanometrenin duyarlılığını azaltır.

Galvanometre akım ölçen bir cihazdır. Akımın var olup olmadığını ve yönünü belirtir. Eğer akımın genliğini gösterecek şekilde ibre ve ölçekli skalası bulunuyorsa, duyarlılığına bağlı olarak; mikro ampermetre, mili ampermetre veya ampermetre adını alır. Eğer, skalası volt veya ohm gibi büyüklüklere göre kalibre edilmiş ise, voltmetre veya ohmmetre adını alır.

Galvanometrenin duyarlılığı bobin sarım sayısı ile artar. Bobin kütlelerinin artmaması için bobin telinin kesiti azaltılır. Sarım sayısı artınca, bobinin boyu ve buna bağlı olarak bobin direnci de artar. Galvanometrelerin duyarlılıkları aşağıdaki üç şekilde verilir.





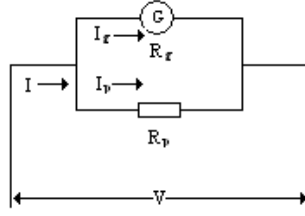
Şekil-2 a) galvanometrenin prensip şeması b) askı teline bağlı olan bobin
c) dönme miline bağlı olan bobin

- 1 **Akım duyarlılığı:** ölçü skalasındaki bir aralık sapma için gerekli olan akım miktarının mikroamper olarak değeridir.
- 2 **Omik duyarlılık:** 1V 'luk bir gerilim ile bir aralık sapma elde edebilmek için ilave edilmesi gereken seri direncin değeridir. Omik duyarlılık, akım duyarlılığın tersine eşittir. Bundan dolayı ohm/volt olarak ifade edilir. Eğer galvanometrenin akım duyarlılığı $10\mu\text{A}$ ise omik duyarlılığı = $1/10\mu\text{A} = 100000\Omega/\text{V}$ olur.
- 3 **Gerilim duyarlılığı:** Galvanometreye seri olarak kritik sönüm direncinin bağlanması halinde bir aralık sapma sağlayacak gerilim miktarıdır. En duyarlı galvanometre askı telli olanıdır. Bu galvanometre ile ölçme yapılırken bobinin düşey durumda olması gerekir. Bundan dolayı otomobiller ile motor-jeneratörlerdeki gösterge panellerinde ve hareketli cihazlarda pek kullanışlı değildir. Bu cihazlarda döner milli tercih edilir.

3. DC AMPERMETRE

3.1 Tek Kademeli Ampermetre

Pratikte galvanometreler ile $100\mu\text{A}$ ve daha az seviyedeki doğru akımlar ölçülebilir. Daha büyük değerli ölçmek için ya galvanometre bobinin tel çapı artırılır, yada galvanometreye küçük değerli paralel direnç bağlanır. Pratikteki uygulamalarda paralel direnç ilave edilmektedir. Galvanometrenin elektriksel eşdeğeri bir dirence (R_g) eşittir. Bu direnç bobin telinin DC direncidir. Paralel bağlanacak olan dirençten geçecek olan akım ohm kanuna göre hesaplanır. Böyle basit bir DC ampermetre Şekil-3'de gösterilmiştir.



Şekil-3 Tek kademeli bir ampermetrenin prensip şeması

- R_g : galvanometrenin iç direnci
- I_g : galvanometrenin tam sapma akımı
- R_p : paralel direnç
- I_p : paralel dirençten geçen akım
- I : ampermetrenin tam sapma akımı

büyükliklerini ifade eder. Galvanometre ve paralel direnç uçlarındaki gerilimler birbirine eşittir. I amperlik bir ampermetre için gerekli olan paralel direnç;

$$R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{R_g I_g}{(I - I_g)} \text{ eşitliğinden bulunur.}$$

Örnek-1 İç direnci 10Ω , tam sapma akımı 1mA olan bir galvanometre ile maksimum 1A ölçen bir ampermetre yapılacaktır. Paralel direncin değerini hesaplayınız.

Çözüm : Burada $I_g = 1\text{mA}$, $R_g = 10\Omega$ ve $I = 1\text{A}$ olup paralel direncin değeri ;

$$R_p = \frac{0,001 \cdot 10}{(1 - 0,001)} = 0,01001 \Omega \text{ olur.}$$

Paralel direnç bağlanması ile galvanometre akımının (I_g) n katı olan bir akımın (I) ölçülmesi mümkün olur. Buradan, paralel direncin değeri daha basit bir şekilde ifade edilebilir.

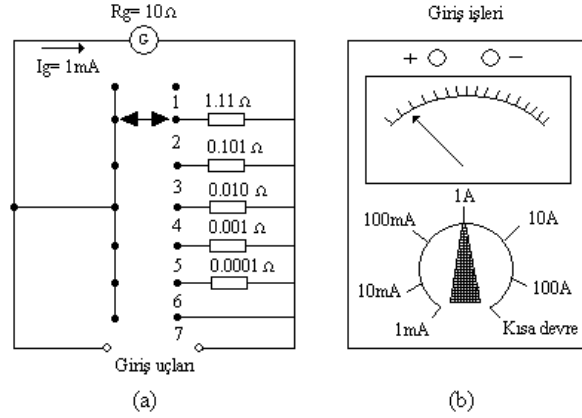
$$I = n I_g \text{ ile } R_p = \frac{R_g I_g}{(n I_g - I_g)} = \frac{R_g}{(n - 1)} \text{ olur.}$$

Örnek-2 $100\mu\text{A}$ ve 800Ω 'luk bir galvanometre kullanılarak, $0- 100\text{mA}$ ölçen bir ampermetre tasarlayınız.

$$\text{Çözüm : } \frac{I}{I_g} = n = \frac{100\text{mA}}{100\mu\text{A}} = 1000 \quad R_p = \frac{800}{1000 - 1} = \frac{800}{999} = 0.8008 \Omega$$

3.2 Çok kademeli Ampermetre :

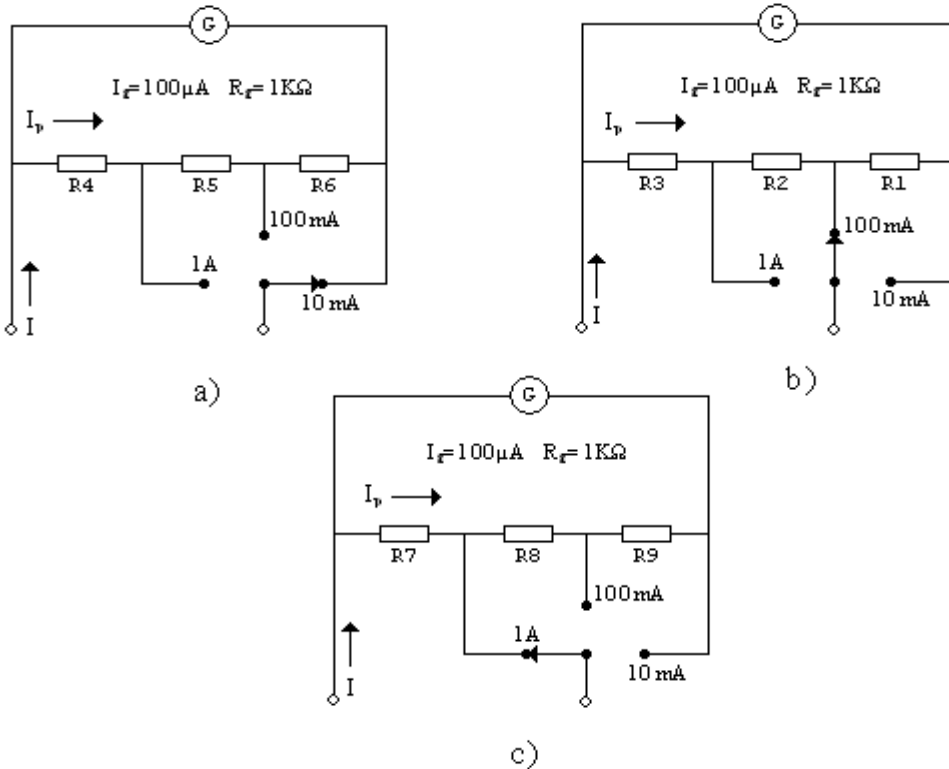
Bir galvanometre ve değişik değerli paralel dirençler ile çok kademeli çok kademeli ampermetre elde edilir. Yedi kademeli bir ampermetre devresi Şekil-4.a'da gösterilmiştir. Buradaki galvanometre 1mA ve 10Ω 'luktur. Şekil-4.a'da belirtilen bağlantılar kullanılarak direnç değeri hesaplanırsa, tabloda verilen sonuçlar elde edilir.



Şekil- 4 a) Yedi kademeli bir ampermetrenin açık devresi
b) Ampermetrenin dıştan görünüşü

KADEME	N	R_p
1. 0-1mA	1	Sonsuz
2. 0-10mA	10	$10/9 = 1.11 \Omega$
3. 0-100mA	100	$10/99 = 0.101 \Omega$
4. 0-1A	1000	$10/999 = 0.0101 \Omega$
5. 0-10A	10000	$10/9999 = 0.001 \Omega$
6. 0-100A	100000	$10/99999 = 0.0001 \Omega$
7. kısa devre		Sıfır

Bu ampermetrede kademe anahtarını konum değiştirirken, kısa bir süre paralel direnç devreden çıkmaktadır. Bu aralıkta girişe uygulanan akımın tümü galvanometreden akacağından galvanometre hasar görür. Bundan dolayı pratikte aşağıda açıklanan aytron şöntlü ampermetre kullanılır.



Şekil-5 Üç kademeli aytron şöntlü ampermetre

Şekil-5'te aytron şönlü veya üniversal şönlü bir ampermetre devresi gösterilmiştir. Her kademedeki galvanometreye paralel gelen direnç değişmektedir. Ancak, galvanometreden her kademedeki maksimum sapma akımı kadar bir akım akar. En duyarlı kademe 10mA kademesi olup, $n=10000/100=100$ 'dür.

Toplam şönt direncin değeri;

$$R_p = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_g}{(n-1)} = \frac{1000}{(100-1)} = 10.1 \Omega \text{ olur}$$

100mA'lık kademedeki,

$$I_g(R_g + R_1) = (I - I_g)(R_3 + R_2) \quad (R_3 + R_2) = \frac{I_g(R_p + R_g)}{I}$$

$$(R_3 + R_2) = 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(10.1 + 1000)}{0.1 \Omega} \text{ elde edilir.}$$

$I = 1A$ 'lik kademedeki,

$$I_g(R_g + R_2 + R_1) = (I - I_g) \cdot R_3$$

$$R_3 = \frac{I_g(R_p + R_g)}{I} \quad R_3 = 100 \times 10^{-6} (10.1 + 1000) = 0.101 \Omega \text{ değeri bulunur}$$

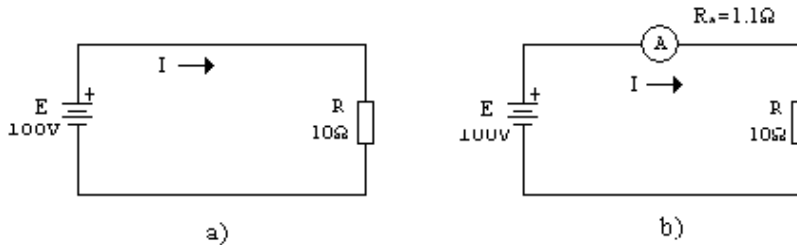
Bu sonuçtan;

$$R_2 = (R_3 + R_2) - R_3 = 1.01 - 0.101 = 0.909 \Omega$$

$$R_1 = 9.09 \Omega \text{ değeri bulunur.}$$

3.3 Ampermetrenin Yükleme Etkisi

Daha önceki kısımlarda belirtildiği gibi ampermetrenin küçük bir iç direnci vardır. İdeal ampermetrede sıfır olması gereken bu iç direnç, mikro amper kademesinde $1k\Omega$ veya büyük ve amper kademesinde 1Ω 'dan küçük değerlidir. Ampermetre devreye seri bağlandığından, bunun iç direnci kadar seri bir direnç devreye ilave edilmiş olur. Bu değişiklik veya etki yükleme olarak isimlendirilir. Oluşacak olan hata, devredeki direnç ile ampermetrenin iç direnci arasındaki orana bağlıdır. İdeal bir ampermetrenin iç direnci sıfırdır. İyi bir ampermetrede bu direncin mümkün olduğu kadar küçük olması istenir.



Şekil-6 ampermetrenin yükleme etkisi.

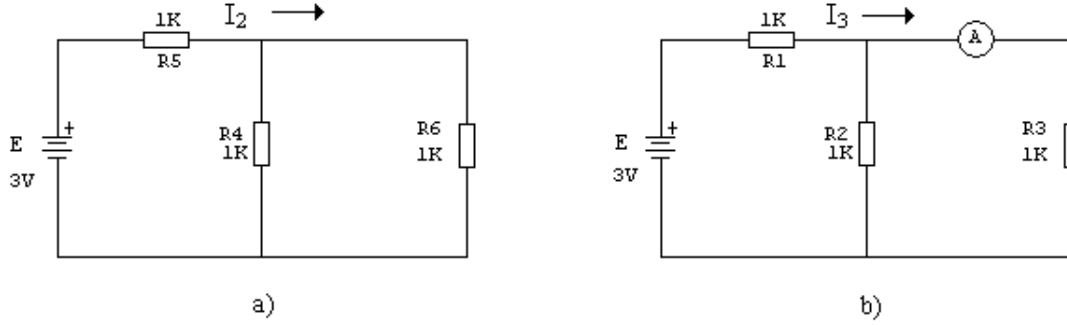
Şekil-6 'da ki devrede akan akım, $I = E/R = 100/10 = A$ olup, bunu ölçmek için devreye seri olarak iç direnci R_a olan bir ampermetre bağlanırsa, akacak olan veya ölçülecek olan akım ;

$$I = \frac{E}{(R + R_a)} = \frac{100}{11,1} = 9A \quad \text{olur. görüldüğü gibi ampermetrenin devreye bağlanması ile akan akım azalır.}$$

Ampermetrenin devreye sokulması ile yapılan bağıl hata;

$$\beta = \frac{(10 - 9)}{10} = 0,1 = \%10 \text{ olarak bulunur.}$$

Örnek-3 İç direnci 78Ω olan bir ampermetre Şekil-7.a 'da ki R_3 direncinden akacak olan akımı ölçmek için kullanılmaktadır. Ampermetrenin yükleme etkisini bağıl hat olarak bulunuz.



Şekil-7 ampermetrenin yükleme etkisinin hesaplanması.

Çözüm: Ampermetrenin uçlarındaki eşdeğer Thevenin gerilim ve direnci,

$$V_{Th} = \frac{E * R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{3}{2} = 1,5V$$

$$R_{TH} = R_1 + \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3} = 1 * 10^3 + \frac{1 * 10^3 * 1 * 10^3}{1 * 10^3 + 1 * 10^3} = (1 + 0,5) * 10^3 = 1,5K\Omega$$

Bu değerlere göre her iki durumda akan akımlar,

$$I_2 = \frac{V_{Th}}{R_{Th}} \quad \text{ve} \quad I_3 = \frac{V_{Th}}{(R_{Th} + R_a)} \quad \text{olur.}$$

Yukarıdaki iki bağıntıdan ,

$$I_3 = \frac{R_{Th} * I_2}{(R_{Th} + R_a)} = \frac{1500 * I_2}{1578} = 0,95 * I_2$$

olur.

O halde ölçülen değer gerçek değerine eşit olup, ampermetrenin yükleme etkisi veya bağıl hata, %5'tir. Bağıl hata bağıntısından,

$$\beta = \frac{I_2 - I_3}{I_2} = \frac{I_2 - 0,95 I_2}{I_2} = \%5 \quad \text{aynı sonuç bulunur.}$$

3.4 DC Ampermetre Kullanırken

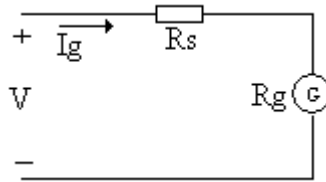
- Ampermetrenin iç direnci çok küçük olduğu için gerilim kaynağına dorudan bağlanmaz. Akabilecek aşırı akımı sınırlamak için seri bir direnç ile bağlanabilir. Aksi halde ibre hızlı hareket ederek eğrilebilir veya kırılabilir. Bobin veya şönt direnç yanabilir.
- Ampermetre uçlarının polaritelerine dikkat etmek gerekir. Ters bağlanması durumunda ibre ters yönde sapma yapar. İbre mekanik engelden dolayı hareket edemediği için fark edilmez ve akan akım ile döner bobin yanabilir veya hasarlanabilir.
- Ampermetreyi devreye bağlamadan önce en yüksek kademeye ayarlanması gerekir. Devreye enerji verildikten sonra uygun kademeye düşürülmelidir.

4. DC VOLTMETRE

Galvanometre akım ölçmesine rağmen, ilave edilecek seri bir dirençle voltmetreye dönüştürülebilir. Seri direnç galvanometreden akacak olan akımı sınırlar. Bu direnç kademe direnci olup, voltmetrenin içine bağlanabildiği gibi dışardan da ilave edilebilir. İlave edilecek seri direnç, tam sapma akımı ile belirlenir. Bu şekilde oluşturulan voltmetre ile mikro voltlardan, kilovollara kadar gerilim ölçümü yapılabilir. Şekil-8' deki devreden,

$$V = I_g (R_s + R_g) \text{ bağıntısından, } R_s = \frac{V}{I_g} - R_g \text{ elde edilir.}$$

Burada I_g -galvanometrenin tam sapma akımı, R_s -seri veya kademe direnci, R_g -galvanometrenin iç direncidir.



Şekil- 8 Tek Kademeli bir Voltmetrenin gerçekleştirilmesi

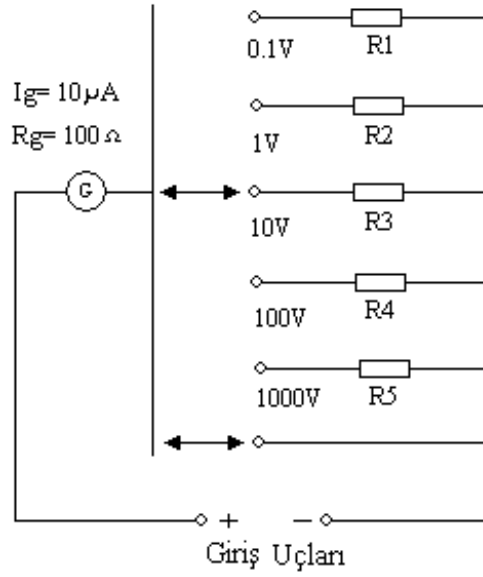
Örnek- 4 İç direnci 100Ω , tam sapma akımı $100\mu A$ olan bir galvanometreden $1V$ 'luk bir voltmetre yapılacaktır. İlave edilecek seri direnci bulunuz.

Çözüm: $1V = 100 \cdot 10^{-6} (R_s + 100)$ ile $R_s = 10000 - 100 = 9900 \Omega$ elde edilir.

Örnek-5 Örnek-4'teki galvanometreyi kullanarak şekil-9'daki kademelere sahip olan voltmetrenin kademe dirençlerini hesaplayınız.

Çözüm :

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,1 \cdot 10^4 - 100 = 900 \Omega \\ R_2 &= 1 \cdot 10^4 - 100 = 9900 \Omega \\ R_3 &= 10 \cdot 10^4 - 100 = 99900 \Omega \\ R_4 &= 100 \cdot 10^4 - 100 = 999900 \Omega \\ R_5 &= 1000 \cdot 10^4 - 100 = 9999900 \Omega \end{aligned}$$



Şekil-9 Beş kademeli bir voltmetrorenin tasarlanması

4.1 Voltmetrorenin Yükleme Etkisi ve Duyarlılığı

Her iki nokta arasındaki gerilim ölçülürken, voltmetro bu iki noktaya paralel olarak bağlanır. İki direncin paralel eşdeğeri, her bir direncin eşdeğerinden daha küçük olur. Bundan dolayı her iki nokta arasındaki gerilim, voltmetro bağlandıktan sonra daha küçük olur. Bu değişiklik, voltmetrorenin yükleme etkisi olarak ifade edilir. Voltmetro giriş direncinin çok büyük olması haline voltmetrorenin yükleme etkisi azalır. Voltmetro giriş direnci de, voltmetro duyarlılığına bağlıdır. Her hangi bir kademe voltmetro uçlarındaki toplam direncin kademe gerilimine olan Ω/V değeri volt başına ohm duyarlılığı adı verilir. Bu değer voltmetrorenin bütün kademeleri için aynı olup sabittir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

Duyarlılık = $(R_s + R_g) / \text{tam sapma gerilimi} = I / I_g$ şeklinde tanımlanır. Burada R_s – seri veya kademe direnci, R_g – galvanometrenin iç direnci, I_g – galvanometrenin tam sapma akımıdır.

O halde voltmetrorenin herhangi bir kademesindeki direnç,
 $R_i = (\text{duyarlılık}) \times (\text{voltmetro kademesi})$ değerindedir.

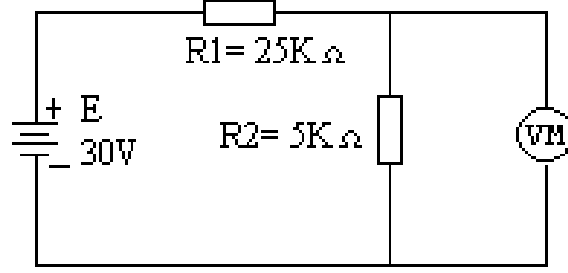
Örneğin ; duyarlılığı $1000 \Omega/V$ olan bir voltmetrorenin $10V$ kademesindeki iç direnci,
 $R_i = 10 \cdot 1000 = 10000 \Omega$ olur.

Voltmetrorenin giriş direnci ne kadar büyük ise, devreden o kadar az akım çeker ve deveyi o kadar az yükler. Dolayısıyla, voltmetrorenin değişik kademelerindeki giriş dirençleri farklı olacağından, yükleme etkileri de farklı olur. Duyarlılığın tersi voltmetrorenin tam sapma akımını verir. Yukarıdaki sayısal örnekten tam sapma akımı, $1/(1000 \Omega/V) = 1mA$ olur.

Örnek-6 Şekil-10'daki devrede, R_2 direncinin uçlarındaki gerilimi ölçmek üzere özellikleri aşağıda belirtilmiş iki ayrı voltmetre kullanılıyor.

$VM_1 =$ duyarlılık = $1K\Omega/V$, kademe 10V $VM_2 =$ duyarlılık = $20K\Omega/V$, kademe 10V

- Voltmetre bağlı değil iken R_2 direnci üzerindeki voltajı bulunuz.
- VM_1 voltmetroresi bağlı iken R_2 direnci uçlarındaki gerilimi bulunuz.
- VM_2 voltmetroresi bağlı iken R_2 direnci uçlarındaki gerilimi bulunuz.
- Her bir voltmetre için bağıl hata miktarını hesaplayınız.



Şekil-10 Duyarlılığı yüksek olan voltmetrorenin yüklenme etkisi azdır.

Çözüm :

- voltmetre bağlı değilse, R_2 uçlarındaki gerilim direnç oranlarına eşittir.

$$V_{R_2} = ER_2 / (R_1 + R_2) = 30 \times 5 / (25 + 5) = 5V$$

1. giriş direnci,

$$R_{i1} = (\text{duyarlılık}) \times (\text{kademe}) = 1 \times 10 = 10 K \Omega$$

Bu dirençle R_2 'nin paralel eşdeğeri,

$$R_{21} = R_{i1} // R_2 = \frac{R_{i1} * R_2}{R_{i1} + R_2} = \frac{10 * 10^3 * 5 * 10^3}{10^3 * (10 + 5)} = 3,33K \Omega$$

olur.

Bu voltmetrorenin bağılı olması halinde ölçülecek gerilim,

$$V_{R_2} = ER_{21} / (R_1 + R_{21}) = 30 \times 3.33 / (25 + 3.33) = 3.53V \text{ olur.}$$

2. voltmetrorenin giriş direnci,

$$R_{i2} = 20 \times 10 = 200 K \Omega \text{ olur.}$$

Bu direnç ile R_2 'nin paralel eşdeğeri,

$$R_{22} = R_{i2} // R_2 = 200 // 5 K \Omega = 4.88K \Omega \text{ olur.}$$

Bu voltmetrenin bağılı olması halinde ölçülecek gerilim,
 $V_{R22} = ER_{22} / (R_1 + R_{22}) = 30 \times 4.88 / (25 + 4.88) = 4.9V$

d) 1. voltmetrenin kullanılmasında yapılan bağılı hata,

$$\beta_1 = (5 - 3.53) / 5 = \%29.4$$

2.voltmetre kullanılmasında yapılan bağılı hata,

$$\beta_2 = (5 - 4.9) / 5 = \%2 \text{ olur.}$$

Bu örnekte görüldüğü gibi 2. voltmetrenin ölçtüğü gerilim gerçek değere daha yakındır. Dolayısıyla duyarlılığı yüksek olan voltmetre ile yapılan ölçmedeki hata daha küçüktür.

Örnek-7 Duyarlılığı 20 K Ω /V olan bir voltmetrenin a) 3V, b) 10V, c) 30V kademeleri ile şekil-10'deki devrede E=30V, R₁ = 36K Ω ve R₂ = 4K Ω değerleri için R₂ direncinin uçlarındaki gerilim ölçülüyor. Her bir kademe için ölçülen gerilim ile yapılan hatayı bulunuz.

Çözüm:

a) voltmetre bağılı değil iken R₂ uçlarındaki gerilim,

$$V_{R2} = ER_2 / (R_1 + R_2) = 30 \times 4 / (36 + 4) = 3V \text{ olur.}$$

3V kademesinde voltmetrenin giriş direnci ve eşdeğer direnci,

$$R_i = (\text{duyarlılık}) \times (\text{kademe}) = 20 \times 3 = 60K\Omega$$

$$R_e = 60 // 4 K \Omega = 3.75K\Omega \text{ olur.}$$

$$3V \text{ kademesinde ölçülen değer, } V_{Re} = ER_e / (R_1 + R_e) = 30 \times 3.75 / (36 + 3.75) = 2.8V \text{ olur.}$$

3V kademesinde yapılan bağılı hata,

$$\beta = (3 - 2.8) / 3 = \%6.6 \text{ olur.}$$

b) 10V kademesinde,

$$R_i = 20 \times 10 = 200K\Omega, R_e = 200 // 4 = 3.92 K\Omega$$

$$V_{Re} = 30 \times 3.92 / (36 + 3.92) = 2.95 V, \quad \beta = (3 - 2.95) / 3 = \%1.66 \text{ olur.}$$

c) 30 V kademesinde,

$$V_{Re} = 30 \times 3.97 / (36 + 3.97) = 2.98V, \quad \beta = (3 - 2.98) / 3 = \%0.66 \text{ olur.}$$

Bu örnekteki sonuçlardan görüldüğü gibi 30V kademesindeki yükleme etkisi en azdır. Bu kademe ibre tam skalanın %10'u kadar saparken, 10V kademesinde %30 ve 3V kademesinde ise %93 sapmaktadır. Yüksek kademelerdeki yükleme hatası az olmasına rağmen, voltmetrenin sınıfından kaynaklanan bağılı hata miktarı daha büyük olmalıdır. Bundan dolayı, ölçme için seçilecek kademe

mümkün olduğu kadar büyük ve sapma miktarı da fazla olmalıdır. Sonuç olarak; aynı gerilim değeri için değişik kademelerde okunan değer aynı ise voltmetre devreyi yüklememektedir. Eğer, farklı kademelerde farklı değerler okunuyorsa, voltmetre devreyi yüklemektedir. Her iki halde de maksimum sapmanın olduğu kademede okuma yapmak daha uygundur.

4.2 DC Voltmetre Kullanırken

a) Voltmetre devreye bağlanırken gerilimi ölçecek elemana paralel bağlanmalıdır. Devreye enerji verilmeden önce voltmetre kademesi en yüksek konuma getirilmeli, sonra uygun kademeye düşürülmelidir. Düşük kademede yüksek gerilim uygulanıyorsa ibre hızlı hareket ederek eğilebilir veya kırılabilir. Bobin veya seri direnç yanabilir.

b) Voltmetre uçlarının polaritelerine dikkat etmek gerekir. Ters bağlanması durumunda ibre ters yönde sapar. İbre mekanik engelden dolayı hareket etmediği için fark edilmez ve akan akım ile döner bobin yanabilir veya hasarlanabilir.

c) Voltmetre iç direnci en yüksek kademede en büyük olduğundan devreye az etki yapması için okumanın en yüksek kademede yapılması gerekir.

5. DİRENÇ ÖLÇMELERİ VE OHMMETRELER

Ohm kanununa göre direnç, gerilimin akıma oranı olarak tanımlanır. Dolayısıyla direnç, gerilim ile akım arasındaki orantı katsayısına eşit olmuş olur. Matematiksel olarak $R=E/I$ şeklinde olup, $I=1A$ 'lık akıtılması halinde, $E=1V$ 'luk bir gerilim düşümü olan elemanın direnci $R=1\Omega$ ' olur.

Dirençler değerlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır

- a) Küçük değerli direnç: 1Ω ve daha küçük değerli dirençlerdir.
- b) Orta değerli dirençle: 1Ω ile $0.1M\Omega$ arasındaki dirençler.
- c) Büyük değerli dirençler: $0.1M\Omega$ ve üzerindeki dirençlerdir.

Orta değerli dirençler aşağıdaki yöntemler ile ölçülebilir

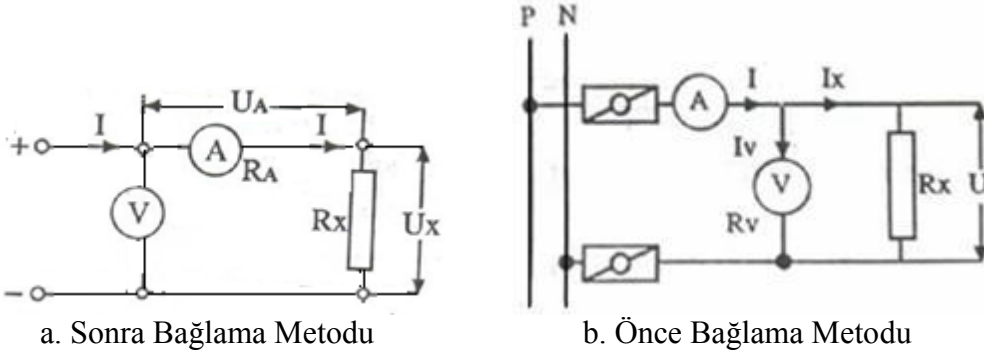
- a) Voltmetre—ampermetre metodu
- b) Karşılaştırma metodu
- c) Ohmmetre metodu
- d) Wheatstone köprüsü metodu

Büyük değerli dirençlerin ölçümünde aşağıdaki yöntemler kullanılır:

- a) Korumalı metot
- b) Yük kaybı metodu
- c) Megaohm metodu
- d) Meger

5.1 Ampermetre - Voltmetre metodu

Ampermetre-voltmetre metodu ile direnç ölçümü dolaylı ve basit bir metottur. Direnç içinden geçen akım ve gerilim ölçülerek, ohm kanununa göre direnç hesabı yapılır. Bu metotla kullanılan devreler Şekil-11'de gösterilmiştir. Şekil-11.a' da devrede ampermetre dirençte akan akımı ölçtüğü halde, voltmetre direnç ve ampermetre uçlarındaki toplam gerilimi ölçer. Bundan dolayı ampermetre direnci, ölçülen direnç yanında çok küçük olduğu zaman doğru ölçme yapılıır.

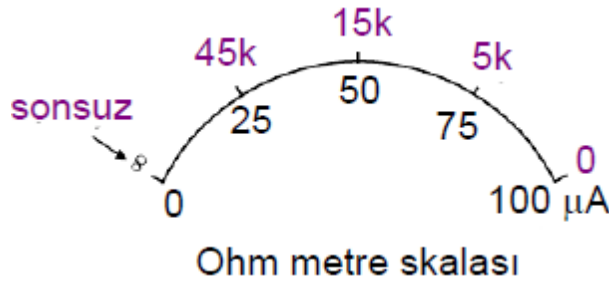


Şekil-11. Ampermetre - Voltmetre ölçümünde kullanılan metotlar.

Ampermetre direncinin ölçülen değere göre büyük olması durumunda Şekil- 11.b' deki devre tercih edilir. Bu devredeki voltmetre direnç uçlarındaki gerilimi ölçtüğü halde, ampermetreden akan akım, voltmetre ve ölçülen dirençten akan akımların toplamı kadar olur. Bu, durumdaki hata, voltmetre direncinin çok büyük yapılması ile azaltılır. Sonuç olarak; büyük değerli dirençler Şekil-11.a' daki devre ile ve küçük dirençler Şekil-11.b' deki devre ile ölçülmelidir. Bağlantı şeklinin doğru seçimi ise her bir bağlantıda yapılan bağıl hatanın değeri hesaplanarak belirlenir. Ampermetre iç direncinin sıfır ve voltmetre iç direncinin sonsuz olması durumunda bağlantı şekli önemli değildir.

OHMMETRELER

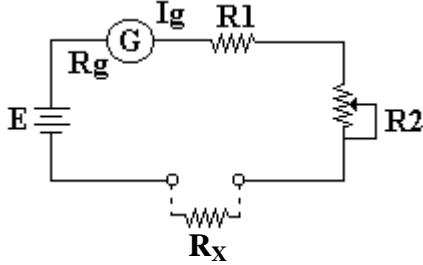
1. Seri Ohmmetreler: Galvanometreye seri bir potansiyometre ve bir pil eklenerek Ohmmetre olarak düzenlenir. Seri Ohmmetreler de ölçülecek direnç galvanometre bobinine seri olarak bağlanır. Ohmmetre uçları açık iken galvanometreden hiç akım akmaz, dolayısıyla gösterge sapmaz. Bu durumda Ohmmetre uçları açıktır. Açık devrenin anlamı sonsuz direnç olduğundan skalanın en soluna sonsuz işareti konur. Seri Ohmmetrelerde skalanın solunda sonsuz işareti, sağında ise sıfır olur.



Şekil 12 Ohmmetre Skalası

Ohmmetre uçlarına bir direnç bağlanırsa, pil devresini tamamlayacak ve devreden bir akım geçirecektir. Bu akım galvanometreden de geçtiği için göstergenin sapmasını sağlayacaktır.

Ohmmetre uçları kısa devre edilecek olursa, kısa devrede dış devredeki direnç sıfır anlamındadır. Bu durumda gösterge skalasının sonuna kadar sapmalıdır. Skalanın en sağında sıfır(0) değeri yazılıdır. Potansiyometre ile göstergenin tam sıfırın üzerinde duracak şekilde durması sağlanır.



$$I_g = \frac{E}{R_g + R_s} \quad R_T = R_s + R_g \quad R_T = \frac{E}{I_g} \quad R_s = \frac{E}{I_g} - R_g$$

Rx Bağlı iken ampermetrenin akımı; $I = \frac{E}{R_g + R_s + R_x}$

Örnek: 50 μA skalalı, iç direnci 3 $\text{k}\Omega$ olan ölçü aleti seri tip ohmmetre olarak kullanılıyor. Batarya gerilimi 3 V 'tur. Buna göre $E = 3 \text{ V}$ $I_g = 50 \mu\text{A}$ $R_g = 3 \text{ k}\Omega$

- Sıfırlama için uygun direnç kaç $\text{k}\Omega$ 'dur. $R_s = ?$
- Ölçü aletiyle direnç ölçüldüğü zaman ölçü aleti 40 μA 'i gösterdiği zaman ölçülen direnç değeri kaç $\text{k}\Omega$ 'dur. $R_x = ?$
- Ölçü aletiyle 40 $\text{k}\Omega$ 'luk direnç ölçüldüğü zaman ölçü aleti kaç μA gösterir. ?

Çözüm:

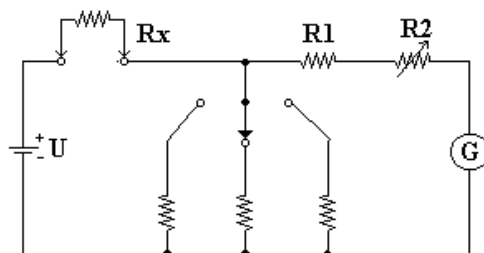
a) $R_s = \frac{E}{I_g} - R_g \Rightarrow \frac{3}{5.10^{-6}} - (3000\Omega) \Rightarrow 60000 - 3000 = 57\text{k}\Omega$

b) $I = \frac{E}{R_g + R_s + R_x} \Rightarrow R_g + R_s + R_x = \frac{E}{I} \Rightarrow 3 + 57 + R_x = \frac{3}{40.10^{-6}} \Rightarrow 60 + R_x = 75000\Omega = 75\text{k}\Omega$

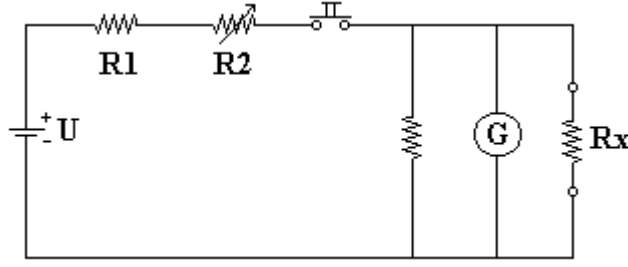
$R_x = 75 - 60 = 15 \text{ K}\Omega$

c) $I = \frac{E}{R_g + R_s + R_x} \Rightarrow \frac{3}{3000 + 57000 + 40000} \Rightarrow \frac{3}{100000} \Rightarrow I = 30 \mu\text{A}$

2. Çok kademeli seri ohmmetreler:

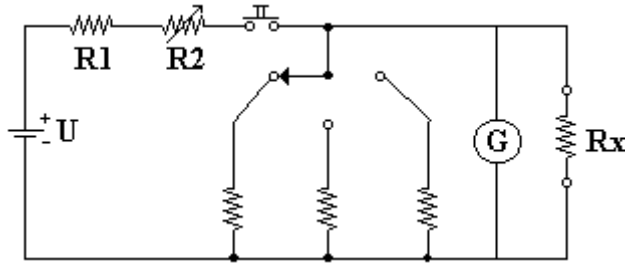


3. Paralel ohmmetreler ile ölçme: Paralel Ohmmetreler, seri tip ohmmetrelere nazaran daha hassas ölçme yapabilirler. Bu tip ohmmetrelere ölçülmek istenen direnç galvanometre bobinine paralel bağlanır.



Ayrıca cihazın üzerinde bir de buton bulunur. Normalde açık olan bu butona ölçme yapacağımız zaman basmalıyız. Bu butonun kullanma nedeni ise, ohmmetre uçları açık iken galvanometre bobininden akım geçmektedir. Yani pil devresinden akım çekilmektedir. Pilin ekonomik kullanımı için pil ile bobin arasına bir buton bağlanmıştır.

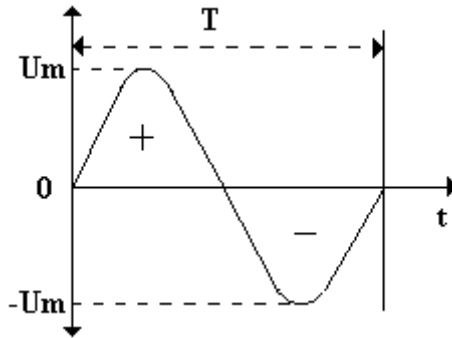
4. Çok kademeli paralel ohmmetreler:



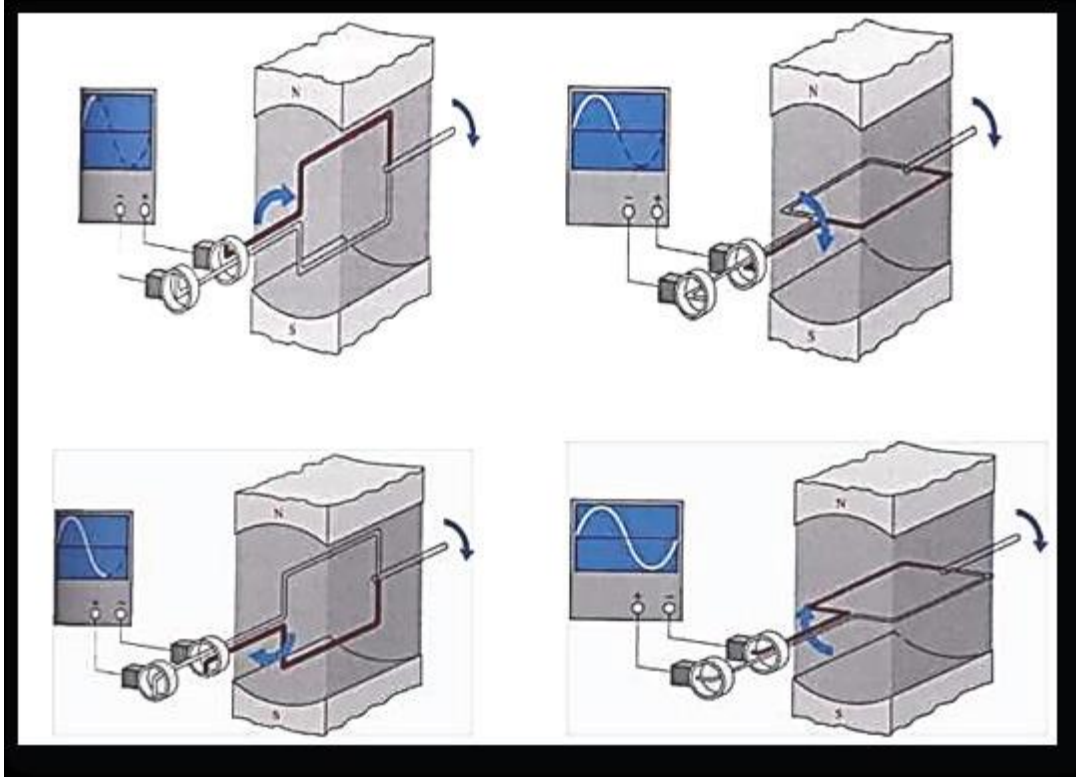
ALTERNATİF AKIM (A.C) ÖLÇMELERİ

1. SİNÜZOİDAL İŞARET:

N-S kutupları arasında dönen bir bobin 360° lik bir hareket yaptığında, ilk yarım dairesel dönüşünde indüklenen EMK pozitif, ikinci yarım dairesel harekette oluşan akımın yönü ise negatif olur. Bu 360° lik hareket sırasında sinüs ω ya bağlı olarak negatif ve pozitif yönde sıfırdan maksimuma, maksimumdan tekrar sıfıra düşen bir eğri elde edilir. Elde edilen bu eğriye sinüs eğrisi veya sinüzoidal eğri adı verilir. Bu arada elde edilen gerilime de sinüzoidal gerilim adı verilir.



Şekil-1 Bir periyotluk sinüzoidal gerilim



Şekil 1.1: a) NS kutupları içinde iletken hareketi b) A.A. dalga şekli

Bir iletkenin 360° 'lik dairesel hareket yaparak tam bir dönüş yapması sonucu elde edilen bu EMK'ya bir saykıl denir. İletkendeki EMK'nın değeri sıfırdan başlayıp + yönde artarak. Maksimum değere ulaşması ve tekrar maksimum değerden sıfıra düşmesi sıfırdan eksi yönde maksimum değere ulaşması ve tekrar sıfıra düşmesi şeklinde de tanımlanabilir.

Bir saykıl pozitif ve negatif alternanslardan oluşur. Sinüzoidal eğrinin + bölgesinde oluşan eğriye ise pozitif alternans, - bölgesinde oluşan eğriye ise negatif alternans adı verilir.

Bir saykılın tamamlanması için geçen zamana ise periyot adı verilir. "T" harfi ile gösterilir. Periyodun birimi sn'dir. Bir saniyede oluşan saykıl sayısına frekans adı verilir."f" ile gösterilir. Birimi saykıl/sn

veya Hz'dir. $F = \frac{1}{T}$

Birim zamanda kat edilen açıya açısal hız adı verilir. birimi derece/sn veya radyan/sn' dir. Manyetik alan içinde sabit bir açısal hız ile dönen bir bobinin uçlarında meydana gelen EMK'nın değeri sinüzoidal olarak değişmektedir. Elde edilen gerilim doğrusal bir devreden geçirildiği zaman akımda sinüzoidal olarak değişir. $i = I_m \cdot \sin \alpha$

Devamlı olarak değişen akım ve gerilimin farklı bazı değerleri vardır. Bunlar ani değer, maksimum değer, ortalama değer ve etkin değer olarak adlandırılır.

Gerilim veya akımın herhangi bir andaki değerine ani değer adı verilir. Gerilimin ani değeri "e" ile akımın ani değeri "i" ile gösterilir. Em; indüklenen maksimum EMK değerini göstermektedir.

Gerilimin ani değeri:

$e = E_m \cdot \sin \alpha$ "α" yerine $\alpha = \omega t$ yazılırsa,
 $e = E_m \cdot \sin \omega t$ "w" yerine $\omega = 2\pi f$ yazılırsa,
 $e = E_m \cdot \sin 2\pi f t$ bulunur.
 $i = I_m \cdot \sin \alpha$ veya $i = I_m \cdot \sin 2\pi f t$ ile bulunur.

Manyetik alan içinde dönen bir bobinde indüklenen EMK ya dikkat edilirse 90° ve 270° lik açılarda elde edilen gerilim veya akım iletkenlerin kuvvet çizgilerini tam dik olarak kesmektedir. Bu durumda maksimum gerilim indüklenir. Eğrinin en yüksek noktasına ulaşır tekrar inmeye başladığı bu noktadaki değerlere maksimum değer veya tepe değeri denir.

Alternatif akımın veya alternatif gerilimin bir periyotluk zamanda ortalama değeri sıfırdır. Çünkü bir sinüzoidal akım ve gerilimin pozitif ve negatif alternansları birbirine eşit olduklarından, periyot sonunda almış olduğu ani değerlerin ortalaması sıfırdır. bu nedenle ortalama değer hesaplanırken, + alternans veya – alternansların birine göre hesaplama yapılır.

Maksimum değer belirli ise ortalama değer ; $U_{ort} = 0,636. U_m$ ile hesaplanır.

Alternatif akımda en çok kullanılan değer etkin değerdir. Bu değer ampermetre veya voltmetrede okunan değerdir. Gerilimin etkin değeri “U, E” ile akımın etkin değeri ise “I” ile gösterilir. Alternatif akımın etkin değeri; akımın ortalama değerine göre daha çok akımın ısı değerine göre tarif edilir.

Bir dirençten geçen alternatif akımın belirli bir zamanda meydana getirdiği ısı enerjisine eşit bir enerjiye aynı dirençlerden geçen doğru akım aynı sürede meydana getiriyorsa, doğru akımın değerine alternatif akımın etkin değeri denir.

$$U = U_m \cdot 0,707 \text{ (V)} \quad I = I_m \cdot 0,707 \text{ (A) ile hesaplanır.}$$

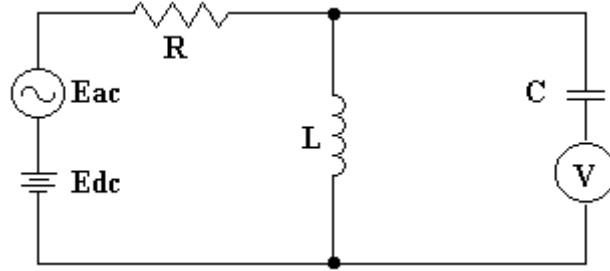
AC ÖLÇÜMÜNDE FREKANSIN ETKİSİ

A.C işaretlerin ölçümünde genlikten başka birde frekans etkindir. Kondansatörler ve bobinler A.C işaretlerden etkilenirler. Elektronik uygulamalarında aşağıdaki frekans bantları mevcuttur.

FREKANS ARALIĞI	TANIMI
20 Hz – 20 kHz	Ses frekans bandı
10 - 30 kHz	Çok alçak frekans bandı
30 - 300 kHz	Alçak frekans bansı
300 kHz - 3 MHz	Orta frekans (A.M radyo) bandı
3 - 30 MHz	Yüksek frekans (CB, polis) bandı
30 - 300 MHz	Çok yüksek frekans (FM , TV) (VHF)
300MHz - 3GHz	Ultra yüksek frekans (TV) bandı (UHF)

Tablo.1 frekans bantları

1GHz in üstündeki frekanslar mikro dalga olarak adlandırılır. A.C ölçmelerinde, ölçü aletlerine D.C işaretin girmesini engellemek için seri bir kondansatör bağlanır. Kondansatör XC değeri frekansa göre değiştiğinden, ölçü aletinden geçen akım frekansın değişmesine bağlı olarak değişir.



AC işareti ölçen bir voltmetreye C kapasitesinin bağlanması

Yukarıdaki devrede bobin uçlarındaki AC gerilimi ölçülmektedir. Girişteki dc işaretini bloke etmek amacıyla C kondansatörü voltmetreye seri olarak bağlanmıştır. Bu kondansatörün XC reaktansı, ölçmenin yapıldığı frekansta voltmetre giriş empedansının %1 kadar olmalıdır. DC blokaj kondansatörü ölçü aletlerinin içerisinde sürekli olarak bulunur. Komütatör kademe seçerken kondansatör bununla birlikte devreye alınmış olur.

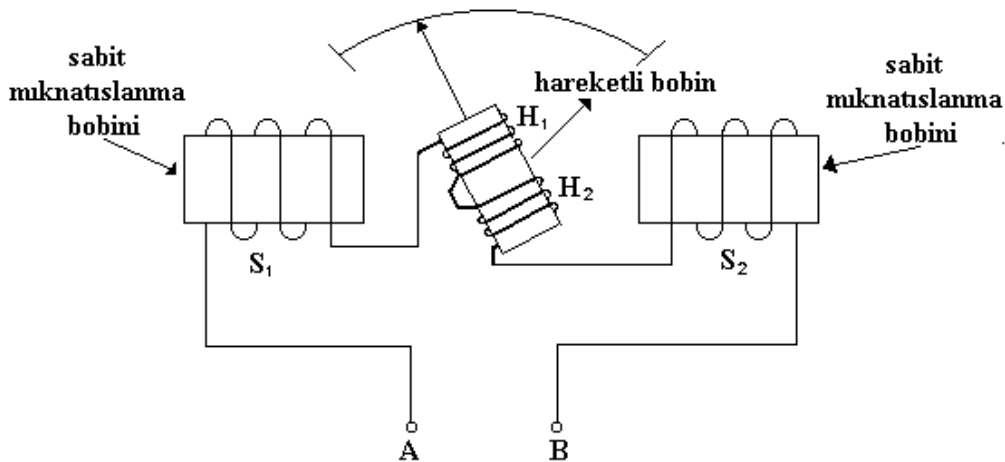
2. AC ÖLÇÜ ALETLERİ

AC ölçü aletleri 3 grupta incelenir;

1. AC işaretin etkin değerine duyarlı olan ölçü aletleri. Bunlar elektrodinamik ve döner demirli ölçü aletleridir.
2. Döner bobinli galvanometreye doğrultucu bağlayarak AC işaretin ölçülebileceği ölçü aletleri
3. Sıcaklık dönüşümünden faydalanarak AC işaretin etkin değerinin ölçüldüğü ölçü aletleri

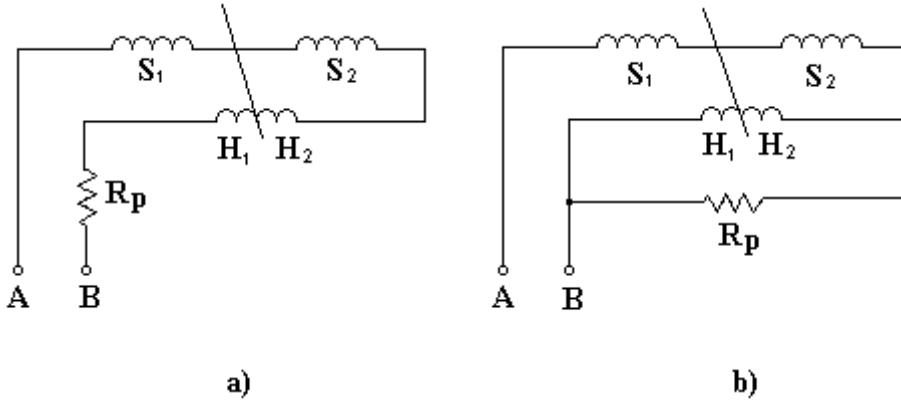
3.1.ELEKTRODİNAMİK ÖLÇÜ ALETLERİ

Elektrodinamik ölçü aletlerinde sabit iki bobinin oluşturduğu elektromıknatıs arasında dönebilen bir bobin bulunur. Mıknatıslanma ölçü aletinden akım geçtiği sürece olur. Ölçme yapılmadığı zaman mıknatıslanma olmaz. Mıknatıslanma bobini ile döner bobin birbirine seri veya paralel bağlanabilir.



Şekilde görüldüğü gibi sabit ve hareketli bobinler birbirine seri olarak bağlanmıştır. Bu nedenle uygulanan gerilim, bütün bobinlerde aynı akımı geçirir. Bu alanların yönleri, kendilerini meydana getiren makara eksenine paraleldirler. S ve H bobinlerin bu alanları aynı yönlü olup birbirine paralel yönlü geçmeye çalışacaklarından bu iki alan birbirine mekanik etki yaparak hareketli bobin, soldan sağa döner.

Her iki bobinden geçen akımın yönü aynı zamanda değişecek olursa alan yönleri de değişir, fakat döndürme kuvvetinin yönü değişmez. Bu nedenle elektrodinamik ölçü aletleri hem doğru hem de alternatif akım ölçmeleri için elverişlidir. Döndürme kuvveti akımın karesi ile değiştiğinden skala taksimatı baş tarafta sık, sonlara doğru seyrekleşir.



Şekil 4. a) elektrodinamik voltmetrenin temel devresi
b) elektrodinamik ampermetrenin temel devresi

Elektrodinamik ölçü aletleri 3 tip yapılır:

1. Demirli tip: Elektromıknatıs içerisinde yumuşak demirden nüvenin kullanıldığı tiptir.
2. Demirsiz tip: Elektromıknatıs içerisinde herhangi bir nüvenin kullanılmadığı bir tiptir.
3. Demir örtülü: demirsiz tipi dış manyetik alanlardan koruma amacı ile demir bir kılıf içine alındığı tiptir.

Yumuşak demirin manyetik geçirgenliği havaya göre 2-3 bin defa daha büyüktür. Demirli tipli ölçü aletlerinde küçük akımlarla dönme hareketi oluşur. Fakat demirden kaynaklanan fuko ve histersiz kayıpları fazladır, frekans arttıkça bu kayıplarda artar. Demirli tipli ölçü aletlerinde ayrıca artık mıknatısıyet olacağından ölçme hatalarında söz konusudur.

Demirsiz tip elektrodinamik ölçü aletlerinde ibrenin sapsması için daha fazla akım çekmesi gerekir. Çevredeki dış manyetik alanlardan etkilenirler. Bunu önlemek için demir bir kılıf içine konur. Bu durumda aletin ağırlığı artar.

Elektrodinamik ölçü aletlerinin bobin XL, endüktif reaktansı ($XL = 2\pi \cdot f \cdot L$) Frekansla artığından 200 Hz' in altında özellikle 50 Hz' lik devrelerde kullanılır. Doğruluğu %0.1 civarındadır. Bu aletlerden şontsüz olarak maksimum 100 mA akım geçirilebilir.

Elektrodinamik ölçü aletleri, döner bobinli galvonometre gibi akım ölçen bir cihazdır. DC ve AC ampermetre ve voltmetre. 1 fazlı wattmetre, çok fazlı wattmetre, cosinusfimetre ve frekansmetre yapımında kullanılır.

Örnek 1

Voltmetre yapmak üzere kullanılan bir elektrodinamik ölçü aletinin tam sapma akımı $I_g = 100\text{mA}$ dir. Ölçü aletinin iç direnci $R_g = 100\Omega$ olduğuna göre, 250 voltluk kademe için seri direnci hesaplayınız.

Çözüm: Elektrodinamik ölçü aletlerinin hem AC'yi hemde DC'yi aynı kalibrasyonda ölçebilme özelliği olduğundan DC'den ölçme yapılacağı gibi hesap yapılır.

$$250\text{V} = I_g \cdot (R_s + R_g) \Rightarrow R_s = (250 / I_g) - R_g \quad R_s = (250 / 100) - 100$$

$$R_s = (250 / 0.1) - 100 = 2500 - 100 = 2400\Omega \text{ bulunur.}$$

Duyarlılık ise,

$$D = 1 / I_g = 1 / 0.1 = 10\Omega/\text{V} \text{ bulunur.}$$

Örnek 2

Tam sapma akımı 100mA olan bir elektrodinamik ölçü aleti ile 1A lik bir ampermetre yapılacaktır. Hareketli bobinin direnci 50Ω olduğuna göre, paralel bağlanacak direncin değerini hesaplayınız.

Çözüm

$$N = 1\text{A} / 100 \cdot 10^{-3}\text{A} = 1000\text{mA} / 100\text{mA} = 10$$

$$R_p = R_g / (n-1) = 50 / (10-1) = 5.55\Omega \text{ bulunur.}$$

Elektrodinamik ölçü aletlerinde DC 'deki sapma miktarı AC 'deki sapma miktarı kadardır.

Elektrodinamik ölçü aletlerinin temel özellikleri şunlardır.

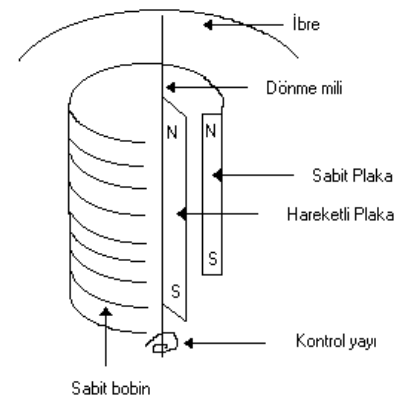
- Hem DC hem de AC devrelerde kullanılabilir.
- Aletin duyarlılığı azdır fakat doğruluğu ($\%0.1$) yüksektir.
- Doğruluk derecesi yüksek olduğundan etalon alet olarak kullanılırlar.
- Uygun seri ve şönt dirençler bağlanarak ampermetre veya voltmetre yapılabilirler.
- Bir ve üç fazlı voltmetre, sayaç, cosinüsfitre ve faz metre yapımında kullanılırlar.
- Skala taksimatı baş tarafta sık, sonlara doğru seyrek.

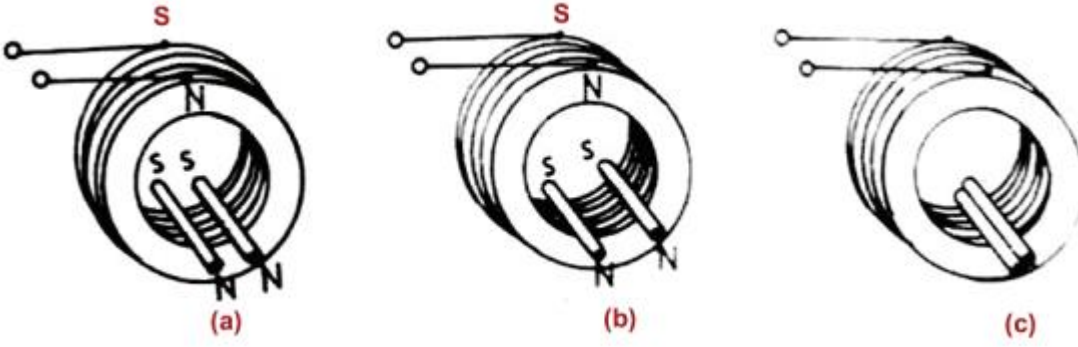
4. DÖNER DEMİR PLAKALI ÖLÇÜ ALETLERİ

Çalışma prensibi olarak aynı adlı kutupların birbirini itmesi prensibine dayanır. Şekilde görüldüğü gibi çok sarımlı sabit bobin içerisinde biri sabit, diğeri hareket edebilen iki demir plaka konmuştur. Hareketli plakaya birde ibre tutturulmuştur.

Bobinden akım geçince, demirden yapılmış plakalarda elektro mıknatıslanma olur. Mıknatıslanmanın etkisi ile demir plakanın ikisinde oluşan aynı tip kutuplanmadan dolayı plakalar birbirini iterler. Dolayısıyla hareketli plakaya bağlı olan ibrede dönmüş olur.

Plakanın biri bobin çerçevesine tutturulmuştur. Hareketli plakanın sapma miktarı bobinden geçen akımın karesi ile olduğundan skala lineer değildir. Bu ölçü aletleri, döner bobinli ölçü aletlerinden sonra en çok kullanılan ölçü aletleridir. DC ve AC devrelerde kullanılabilirler. Yapıları sağlamdır. Otomobillerde şarj-deşarj gibi göstergelerde kullanılırlar. Maliyetin düşük olmasından dolayı kullanım alanları geniştir. Bu cihazların hata sınırları $\%0,5$ 'e kadar düşülebilmektedir. Fakat uygulamada genellikle $\%5$ ile $\%10$ arasındadır.

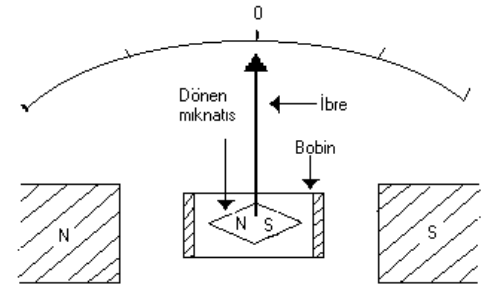




5. DÖNER MİKNATISLI ÖLÇÜ ALETİ

Bu aletler döner demirli ölçü aletlerinin tam ters halidir. Döner bobinli ölçü aletlerinde mıknatıs sabit, bobin hareket etmekteydi. Döner mıknatıslı ölçü aletlerinde ise; bobin sabit mıknatıs hareketlidir. Cihaz çalışmaz durumda iken, bobinden akım geçmez. Dolayısıyla döner mıknatıs daimi mıknatısın etkisi altında kaldığından ibre sıfır noktasını gösterir.

Bobinden akım geçince, bobinin meydana getirdiği manyetik alan ile daimi mıknatısın alanların etkisi altında kalan döner mıknatıs bu iki alanın bileşkesi yönünde döner. Bu cihazlarda skala taksimatlarında sıfır ortadadır.



Döner mıknatıslı ölçü aletlerin özellikleri

1. Yapıları basit, ucuz ve sağlamdır.
2. Dış manyetik alanlarda etkilendiklerinden dolayı muhafaza içerisine alınırlar.
3. Çevre sıcaklıklarından fazla etkilenmezler.
4. Sadece DC ölçmelerinde kullanılırlar.
5. Kadranın sıfır noktası ortadadır. Bu nedenle bu nedenle akımın yönünü gösterebilirler.
6. Aletin döner kısmına enerji verilmediğinde sarfiyatları azdır.
7. Aşırı yüklerle dayanıklıdırlar.
8. Kontrol kuvveti yaylar ile değil sabit mıknatıs ile temin edilmektedir.
9. Genellikle havalı amortisman sistemi kullanılır.

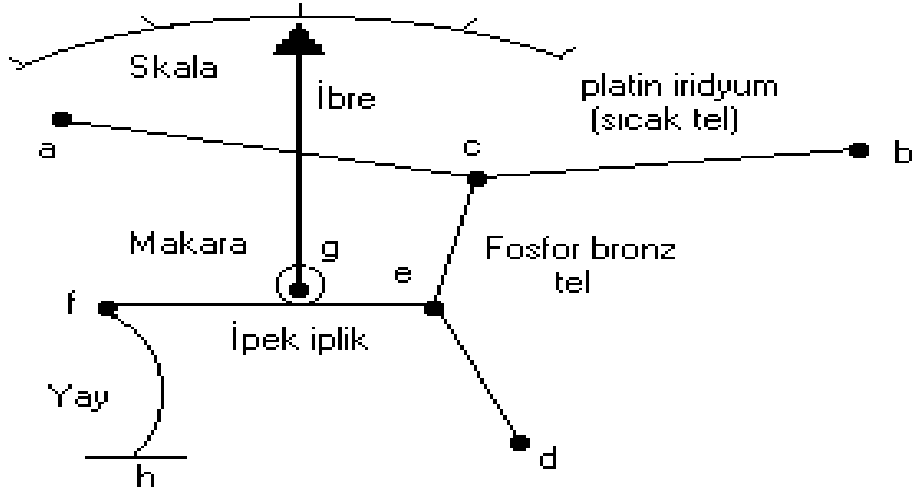
6. TERMİK (ISIL) ÖLÇÜ ALETLERİ

Elektrik akımı bir iletkenin geçtiği zaman bu iletkene üç şekilde etki yapar.

- İletkenin sıcaklığı yükselir.
 - İletkenin boyu uzar.
 - İletkenin direnci artar.
- Elektrik akımının bu özelliklerinden faydalanarak yapılan ölçü aletleri şunlardır.
- Elektro termik (ısı) ölçü aletleri
 - Bimetal (termoçift veya ısı çift) ölçü aletleri

6.1 Elektro termik ölçü aletleri

İçinden akım geçen telin, ısınıp uzama özelliğinden faydalanarak yapılmış ölçü aletleridir. Aşağıda elektro termik ölçü aletinin prensip şeması verilmiştir.



A_B noktaları arasında erime derecesi yüksek olan “platin iridyumlu” bir tel gergin olarak konmuştur. Bu telin C noktası ile aletin içten yalıtılmış D gövdesi arsına, fosforlu bronzdan yapılmış bir K teli gerilir. E noktasına bağlanan ham ipek ipliği, alet göstergesinin gerili olduğu G makarasına bir defa dolandıktan sonra F çelik yayına bağlanmıştır.

Bu ölçü aletinden ölçme akımı geçtiğinden AB telinden geçen akım AB telinin ısınmasına ve uzamasına sağlar. Telin ısınıp uzaması k telinin gevşemesine neden olur. G makarasına sarılı gergin F ipek ipliği F yayı aracılığıyla çekili olduğundan makara ve göstergeyi hareket ettirir. Netice olarak C noktası C₁ 'e, E noktasında E₁ durumuna gelmiş olur.

İbrenin ölçümden sonra tekrar sıfıra gelmesini AB telinin gerginliği sağladığından ölçme bittiğinde bir müddet telin soğumasını ve ibrenin sıfırı göstermesini beklemek gerekir.

Telin ısınıp uzaması akımın karesine bağlı olduğundan skala taksimatı baş tarafta sık, sonlara doğru seyrekler. Termik ölçü aletlerinde ibrenin hareketi gayet yavaştır.

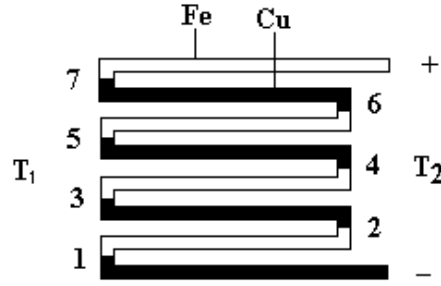
Termik ölçü aletlerinin duyarlılıkları az, doğrulukları düşük, aşırı yüklere dayanıksız ve ısınan telin sarsıntı yerlerde kopması gibi dezavantajları vardır. Bu nedenle bu aletler genellikle, yüksek frekanslı akımların ölçülmesinde kullanılırlar. Çünkü telin ısınması, akımın yönüne bağlı olmadığından alet hem doğru hem de alternatif akım ölçmelerine uygundur. Günümüzde pek kullanılmamaktadır.

6.2 Termokupul (Isıl Çift) Ölçü Aletleri

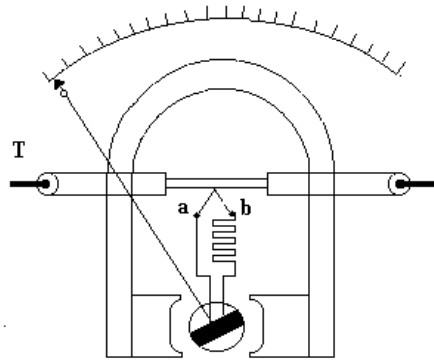
İki ayrı cins (demir ve bakır gibi) iletkenlerin uçları birbirine sıkıca birleştirilip, birleştirme noktaları ısıtılırsa bu iki iletkende küçükte olsa bir emk üretilmiş olur. Bu olaya **termoelektrik** veya **volta olayı**, iletkenlerde meydana gelen gerilime **termoelektrik gerilimi**, iki metalin oluşturduğu bu sisteme **termoelektrik çift** denir.

Termoelektriğin geriliminin sıcaklığa ve çifti meydana getiren metallerin cinsine bağlıdır. Sıcaklık arttıkça gerilimde artar. Pratikte üretilen termoelektrik gerilimi 0-10 mV gibi küçük bir gerilimdir. Fakat e.m.k.'yı artırmak için pil gibi seri bağlanırlar. Elde edilen bu gruba termoelektrik pil adı verilir. Aşağıda demir-bakır çiftinden oluşmuş bir termopil görülmektedir.

Şekil 8 Termopil



Çiftlerin seri bağlanması ile termopillerin gerilimi artar. Fakat termopilin iç direncide bununla artmış olur. Dolayısıyla fazla akım çekilmez. Termoelektrik pillerinden elde edilen e.m.k.'nın verimin çok düşük, maliyetinin de pahalı olması nedeniyle endüstride üreteç olarak kullanılmaktadır. Fakat ölçü aletlerinde kullanılmaktadır. Aşağıda termokupul ölçü aleti prensip şeması görülmektedir.



Şekil 9. Termokupul ölçü aleti

Termokupul ölçü aletleri, ince telden yapılmış bir ısıtıcı eleman, bir termokupul ve bir galvanometreden meydana gelmiştir.

Termokupul ölçü aletinde T iletkenlerinden akı geçerse iletken ısınır. Bu ısı iletkenin ortasında bulunan termokupul çiftin a-b uçlarında DC gerilim üretilmesine neden olur.

Termokupul da üretilen gerilimle orantılı olarak galvanometreden bir akım geçer. Galvanometredeki sapma, ısıtıcıya uygulanan gerilime göre kalibre edilir. Meydana gelen ısı akımın yönüne göre olmadığından hem A.C hem de D.C ölçmelerinde kullanılmaya elverişlidir. Genellikle yüksek frekanslı akım ve gerilimlerin (10 Mhz ve üstü) ölçülmesinde kullanılır. Bu aletlere de termokupul ölçü aletleri denir.

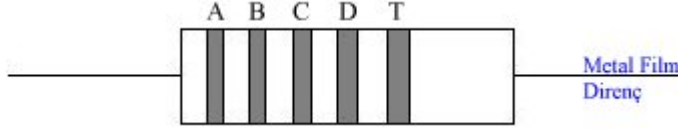
Isıtıcı tel ile termoelektrik çiftin temaslı olduğu durumda yüksek frekanslı akımlar ölçülürken ısıtıcı T teli ile termoelektrik çifti arasında bir kapasite oluşur. Bu kapasite üzerinden büyük akımlar geçeceğinden hatalı ölçmelere neden olur. Bu nedenle termoelektrik çift cam bir tüp içerisine alınarak ısıtıcı telden yalıtılır. Termokupul ölçü aletlerinde genellikle bakır konstandan çift kullanılır. Termokupul ölçü aletlerine paralel (şönt) direnç bağlayarak akım ölçme sınırını, seri direnç bağlayarak gerilim ölçme sınırını arttırabiliriz.

Termokupul ölçü aletlerinin özellikleri şunlardır:

1. bu aletler yüksek frekanslı (100 Mhz ve üzeri) AC devrelerinde kullanılır.
2. Bu ölçü aleti ile 20 A' e kadar akım ölçülebilir.
3. Elde edilen sıcaklık akımının karesine göre olduğundan kadran taksimatı lineer değildir.
4. Maksimum taşıma akımının iki katına çıktığında ısıtıcı tel yanabilir. Bu nedenle bu cihazlarda tam skalanın %50 'si kadar aşırı yüklenmeye izin verilebilir.

5. Telin ısınıp soğuması nedeniyle korozyona neden olmamak için platin gibi metaller kullanılır veya termokupul muhafaza içerisine alınır.
6. Duyarlılığı azdır. 1- 1,5 ve 2,5 sınıfı aletler olarak imal edilirler.

DİRENÇ RENK KODLARI



RENK	A	B	C	D (ÇARPAN)	T (TOLERANS)
SİYAH	0	0	0	1 Ω	
KAHVERENGİ	1	1	1	10 Ω	±%1
KIRMIZI	2	2	2	100 Ω	±%2
TURUNCU	3	3	3	1K Ω	-
SARI	4	4	4	10K Ω	-
YEŞİL	5	5	5	100K Ω	±%0,5
MAVİ	6	6	6	1M Ω	±%0,25
MOR	7	7	7	10M Ω	±%0,10
GRİ	8	8	8		
BEYAZ	9	9	9		±%0,05
ALTIN	-	-	-	0,1	±%5



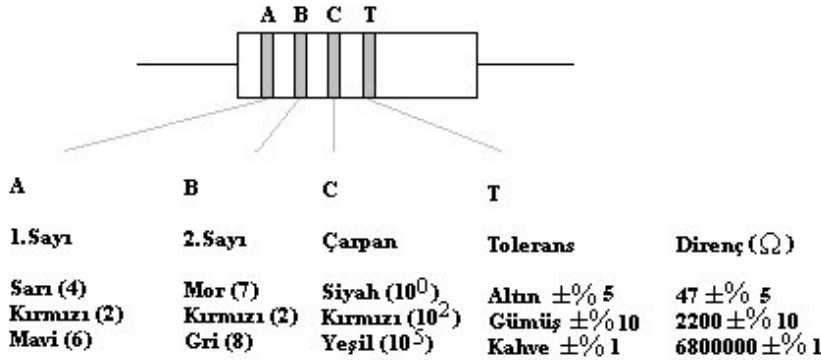
GÜMÜŞ	-	-	-	0,01	±%10
-------	---	---	---	------	------

Direnç üzerindeki renkleri değerlendirirken A, B, C, D ve T sırasına göre gitmeye dikkat etmek gerekmektedir. Bu sıralamaya göre yapılacak hesaplama sonucunda elde edilen direnç değeri Ohm(Ω) olarak bulunacaktır. ($10^0=1$ 'dir.)

Metal Film Dirençte:

A	B	C	D	T	Direnç (Ω)
1. Sayı	2. Sayı	3. Sayı	Çarpan	Tolerans	
Kahve (1)	Siyah (0)	Siyah (0)	Kırmızı (10^2)	Kırmızı (±%2)	10000 ±% 2
Yeşil (5)	Mavi (6)	Kırmızı (10^2)	Altın (0.1)	Altın (±% 5)	56.2 ±% 5
Turuncu (3)	Kırmızı (2)	Kırmızı (2)	Sarı (10^4)	Kahve (±% 1)	3220000 ±% 1

Karbon dirençte:



4 renk örnek > 56 x 1000 = 56k $\pm 5\%$

BANT-1	BANT-2	ÇARPAN	TOLERANS
0 siyah	0 siyah	x 1	5% ALTIN
1 kahve	1 kahve	x 10	10% GÜMÜŞ
2 kırmızı	2 kırmızı	x 100	1% kahve
3 turuncu	3 turuncu	x 1000	2% kırmızı
4 sarı	4 sarı	x 10000	
5 yeşil	5 yeşil	x 100000	
6 mavi	6 mavi	x 1000000	
7 mor	7 mor		
8 gri	8 gri	0.1 ALTIN	
9 beyaz	9 beyaz	0.01 GÜMÜŞ	

5 renk örnek > 560 x 100 = 56k $\pm 5\%$

BANT-1	BANT-2	BANT-3	ÇARPAN	TOLERANS
0 siyah	0 siyah	0 siyah	x 1	5% ALTIN
1 kahve	1 kahve	1 kahve	x 10	10% GÜMÜŞ
2 kırmızı	2 kırmızı	2 kırmızı	x 100	1% kahve
3 turuncu	3 turuncu	3 turuncu	x 1000	2% kırmızı
4 sarı	4 sarı	4 sarı	x 10000	
5 yeşil	5 yeşil	5 yeşil	x 100000	
6 mavi	6 mavi	6 mavi	x 1000000	
7 mor	7 mor	7 mor		
8 gri	8 gri	8 gri	0.1 ALTIN	
9 beyaz	9 beyaz	9 beyaz	0.01 GÜMÜŞ	

Değeri Üzerinde Yazılı Dirençler

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(Ω), K = KiloOhm(K Ω), M = MegaOhm(M Ω)

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

Kodlama Üç Şekilde Olmaktadır;

1- 1000 Ohm '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:

$$6R8J = 6.8 \pm\%5 \Omega$$

$$R45G = 0.45 \pm\%2 \Omega$$

2- 1K Ω 'dan 1M Ω 'a kadar olan dirençler için "K" harfi kullanılır.

Örneğin:

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

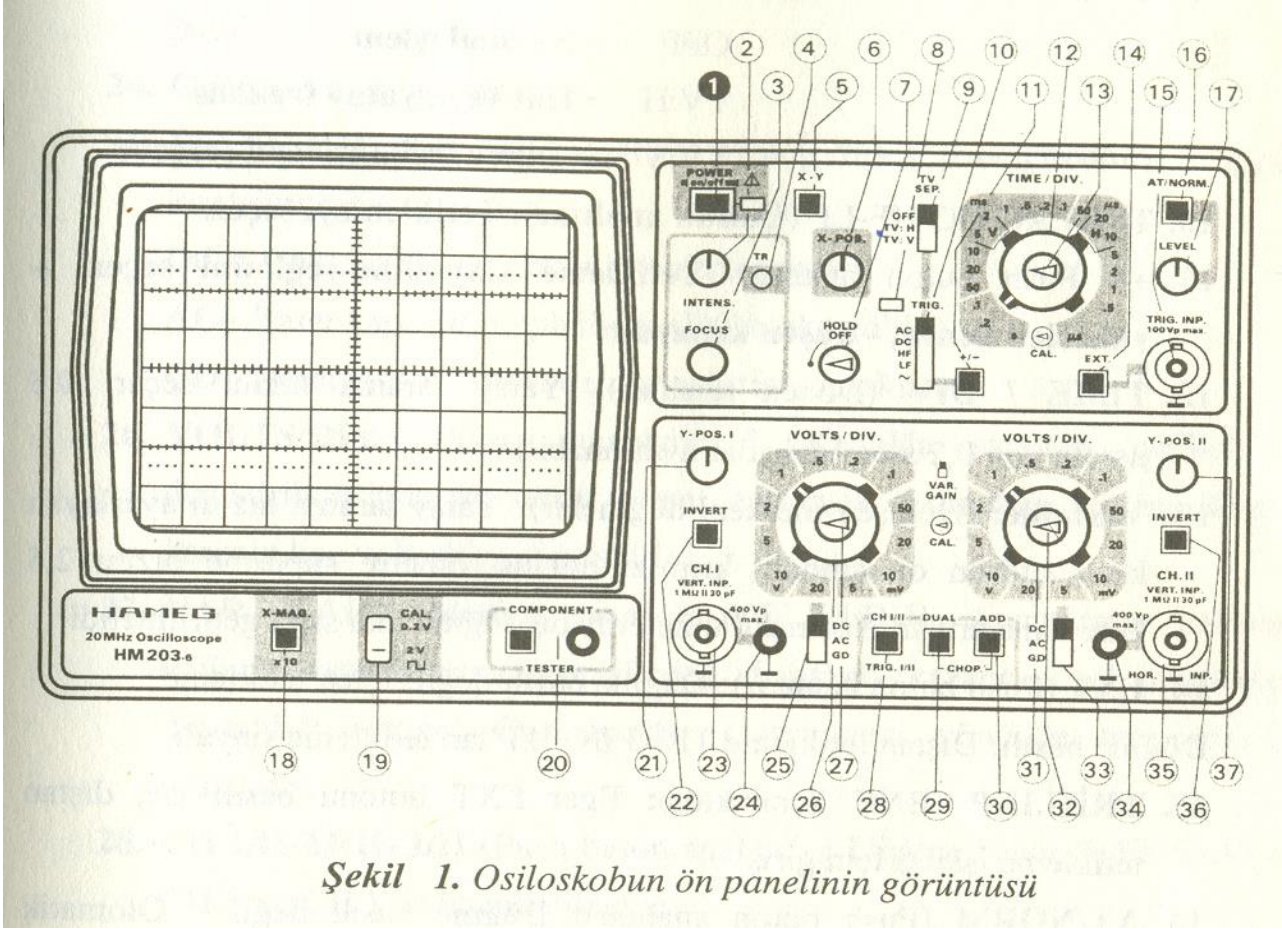
$$2K7M = 2.7 \pm\%20 K\Omega$$

3- 1M Ω 'dan yukarı dirençlerde de "M" harfi kullanılır.

TEST SİNYALİ İLE KOMİTATÖR VE ANAHTARLARIN GÖREVLERİ

Test sinyali osiloskobun test terminalinden alınır. Genellikle 1 kHz frekanslı ve 0,2 - 2V gerilime sahip bir osilatör sinyalidir. Kondansatör, direnç, diyot ve transistör gibi elektronik elemanların sağlamlık kontrolünde kullanılacağı gibi harici sinyal jeneratörünün olmadığı durumlarda bu sinyal kullanılabilir.

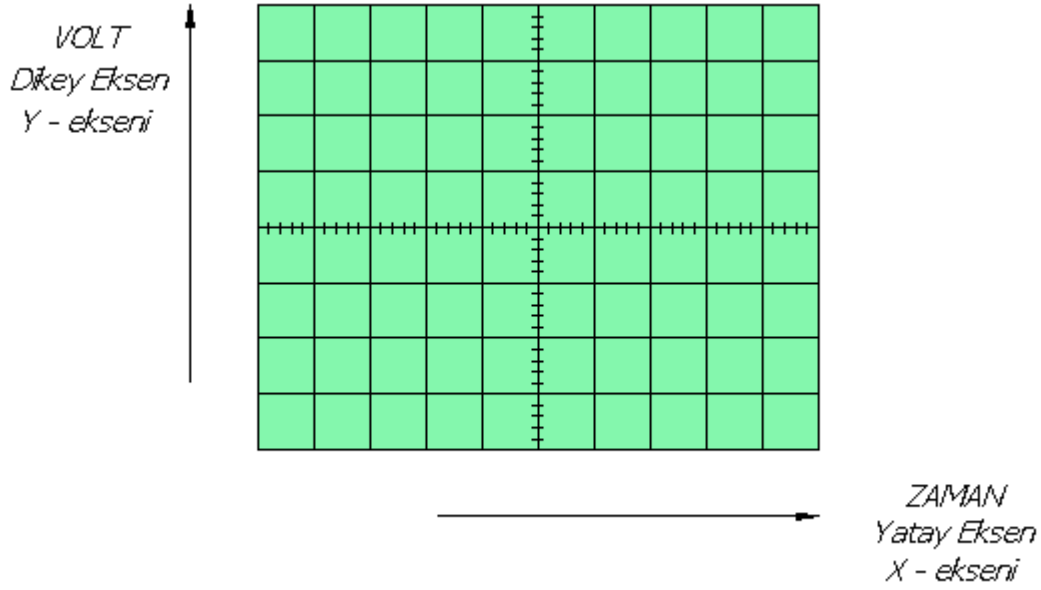
Osiloskopla ölçme yapabilmek için komütatör, anahtar ve bağlantı uçlarının görevlerini ve bunların fonksiyonlarını bilmek gerekir. Bunları sırası ile açıklayalım:



Şekil 1. Osiloskobun ön panelinin görüntüsü

EKRAN

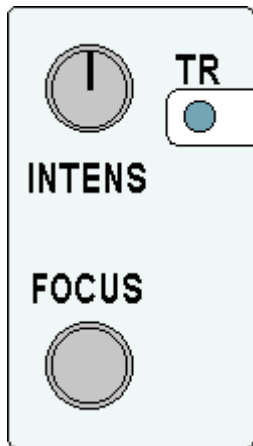
Osilaskobun en önemli parçası olan ekran Şekil-7’de görülmektedir.



Şekil-7 : Osilaskop Ekranı

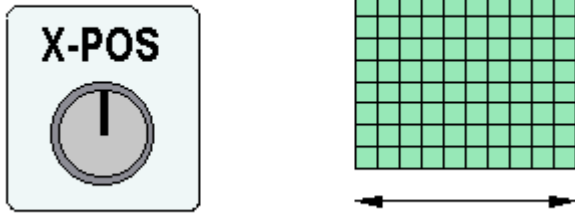
Ekran genellikle herbiri 1 cm’den oluşan yatay ve dikey karelerden oluşmaktadır. Yatay eksen zaman(Time), dikey eksen ise Voltajdaki değişimleri ifade etmektedir.

- 1. POWER on/off (Osiloskobu açma kapama):** Osiloskobu açar veya kapatır. Led çalışma durumunu belirtir.
- 2. İNTENS.knop (Parlaklık durumu):** .Ekrandaki ışıklı çizginin parlaklığını ayarlar.
- 3. FOCUS.knop (Odaklama potansı):** Ekrandaki ışıklı izin net görünmesini ayarlar.
- 4. TR (Pot) (İz döndürme):** Trace rotation. Yataylığı bozulan izin, tornavida ile ayarını sağlar.



- 5. X-Y (Push buton anahtar) :** X-Y için seçim işlemi yapar. Yatay tarama durur. X sinyali kanal II girişinden uygulanır

6. X-POS: Bu düğmenin görevi, ekranda görünen şekli X eksenı boyunca sağı veya sola doğru hareket ettirmektir. Böylece sinyali istediğimiz bir bölgede görebilir veya istediğimiz kareler ile çakıştırabiliriz. Bu bize değer okumada yardımcı olacaktır.



7. HOLD-OFF POTANS (Tutma potansiyometresi): Tarama arasındaki zamanı tutma işlemini kontrol eder. Normal pozisyon nokta olan yerdir.

8. TRİG.Led. (Tetikleme): Eğer tarama tetiklenmişse yanar.

9. TV SEP (Level anahtar): TV senkron ayırıcı.

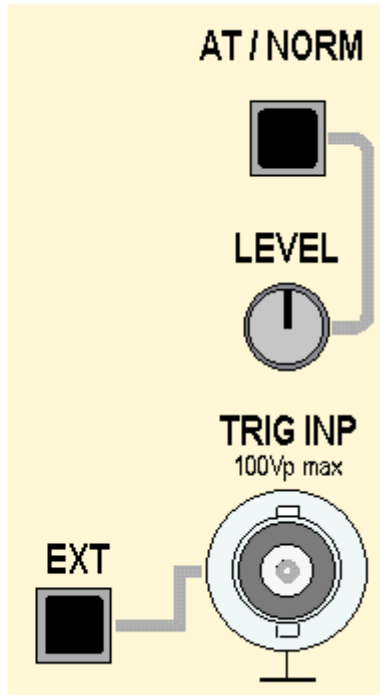
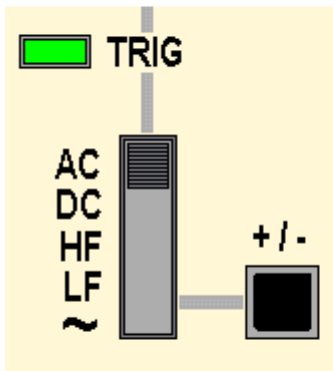
OFF = Normal işlem

TV:H = Hat veya yatay frekans

TV: V = Dikey frekans veya çerçeve

10. TRİG.AC-DC-HF-LF (Çubuk anahtar): Tetiklemeyi seçer.

11. +/- Push buton anahtar: Tetikleme sinyalinin eğimini seçer. + yükselen kenar, - düşen kenardır.

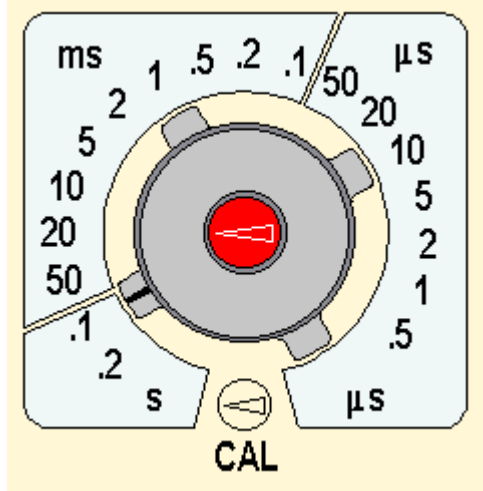


Osilaskop ekranında görünen sinyal ile tetikleme sinyali arasındaki uyumu (senkronizasyon) sağlarlar. Eğer ekranda görünen şekil sabit kalmıyor ve daima kayıyorsa bu düğmeler ile ayarlamalar yapılarak, ekranda sabit olarak kalması sağlanır.

Normalde AT/NORM seçici anahtarı AT(Automatic- otomatik) konumuna getirilerek, osilaskop 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 manüel(elle ayar) olarak yapabilir. EXT düğmesi ilede, tetikleme sinyali dışarıdan TRIG INP BNC soketi yoluyla osilaskoba uygulanabilir. Tetikleme sağlandığında TRIG ışığı yanar.

12. TIME / DIV (Dönen anahtar): Yatay tarama hızını seçer. $0,5\mu\text{s}/\text{cm}$ 'den $0,2 \text{ s}/\text{cm}$ 'e kadar ayarlanabilir.

Ön panelde bulunan bir diğer kumanda ise Time/div diye adlandırılan ve Şekil-8'de görülen düğmedir.



Şekil-8 Time/div Düşmesi

Bu düşmenin görevi, yatay saptırıcılara uygulanan testere dişi(Time base) sinyalin periyodunu değiştirmektir. Şekilden görüldüğü gibi düşme 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=1mS seçeneğinde iken ekranda görülen şeklin bir periyodu 4 kareye sığıyorsa, herbir kare 1 mS'ye eşit olduğundan sinyalin periyodu $(4 \text{ kare}) \times (1 \text{ mS}) = 4 \text{ mS}$ olur .

Düşme üzerindeki kırmızı daire ile gösterilen ve CAL diye tarif edilen kısım ise, Time/div düşmesinin 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 düşmesi ile ayar yapılır, bundan sonra bu ayar sabit bırakılıp diğer ölçme işlemlerine geçilebilir.

13. Variable: (Değişen merkezi düşmeler): Yatay tarama hızını ayarlayan komütatörün ortasındaki kırmızı potansiyometre süpürme hızını 2,5 kere daha artırır. Normal ölçmelerde bu düşme tam sağa getirilmelidir.

14. EXT (Push buton anahtar): Düşme basılı değil: İçten tetikleme Düşme basılı: Dıştan tetikleme TRIG INPUT'tan tetiklerne sinyali.

15. TRIG.INP (BNC konnektör): Eğer EXT butonu basılı ise, dıştan tetikleme işareti için giriş

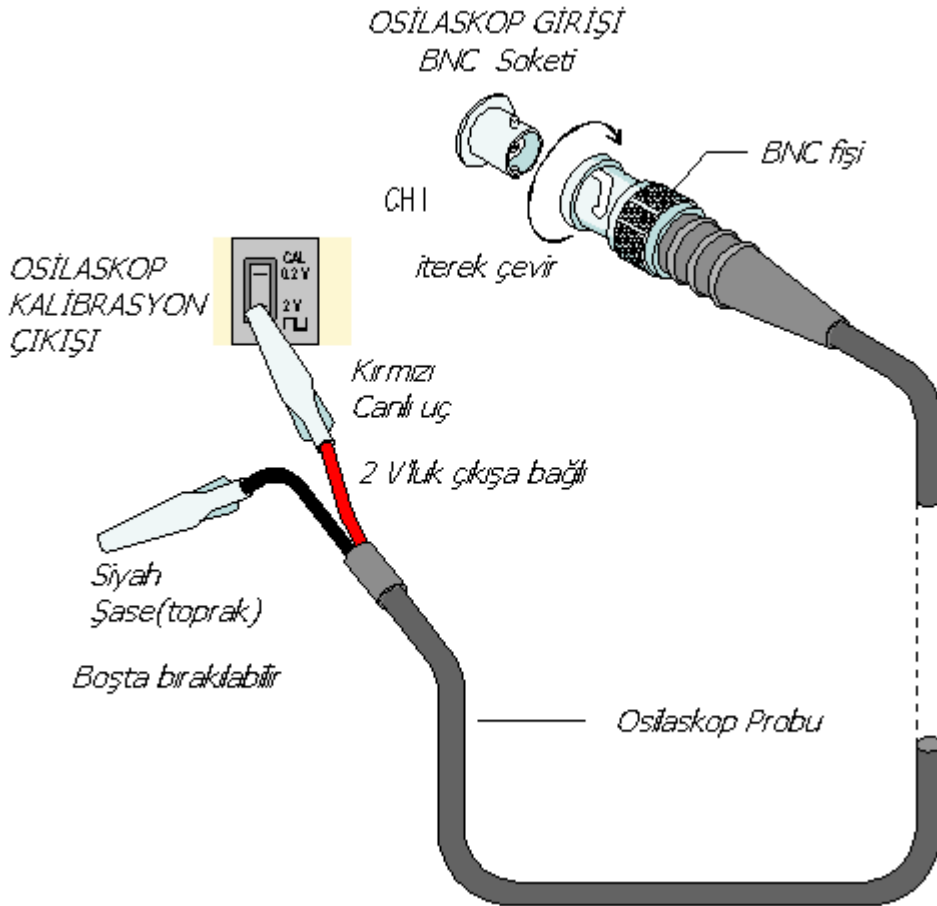
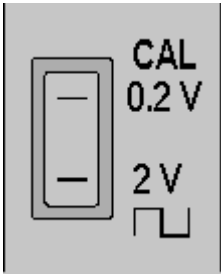
16. A T/NORM (Push buton anahtar): Düşme basık değil = Otomatik tetikleme, giriş işareti yokken iz görülebilir

Düşme basılı = Normal tetikleme, (LEVEL 17 ayarıyla) işaret yokken iz görülemez.

17. LEVEL Potans : Eğer AT/NORM düğmesi basılı ise, tetikleme noktasını ayarlamak için kullanılır.

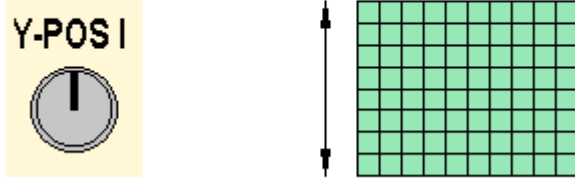
18. X-MAG. X10 (Push buton anahtar): X yönünde 10/1 oranında genişletme yapar.

19. CALİBRATÖR 0,2V-2V (Kalibrasyon sinyali 0,2-2V): Osilaskobun doğru ölçüm yapabilmesi için, zaman zaman kalibrasyon edilmesi gerekebilir. Bunun nedeni, eğer osilaskobun ayarı bozulmuş ise, ölçmelerde hata oluşabilir. Bu yüzden osilaskobun doğru ölçüm sonuçlarını verdiğiinden emin olmak için kalibrasyon işlemi yapılır. Bu iş için, değeri bilinen bir kaynağa ihtiyaç olduğuna daha önce değinilmişti. İşte bu kaynak osilaskop ön panelinde Şekil-18’de görüldüğü gibi verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi ister genlik değeri 0,2 Volt, istersede 2 Volt olan kare dalga şekli seçilerek ve seçilen sinyal Şekil-19’da görüldüğü gibi osilaskoba uygulanarak, osilaskobun kalibrasyonu yapılabilir. Kalibrasyon için, Volt/div ve Time/div düğmeleri üzerinde bulunan CAL ayar düğmeleri kullanılır.



20. COMPONENT TESTER (Devre elemanı test etme): Düğme basılı = CT çalışma durumunda. İki terminal arasında ölçme yapılır. Eleman uçları bu çıkış jakı ile toprak arasında iken test yapılır.

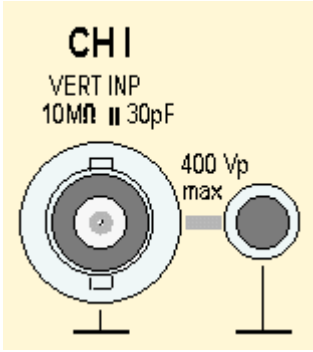
21. Y-POS. I: I. Kanalda ekrandaki görüntüyü yukarı aşağı hareket ettirir.



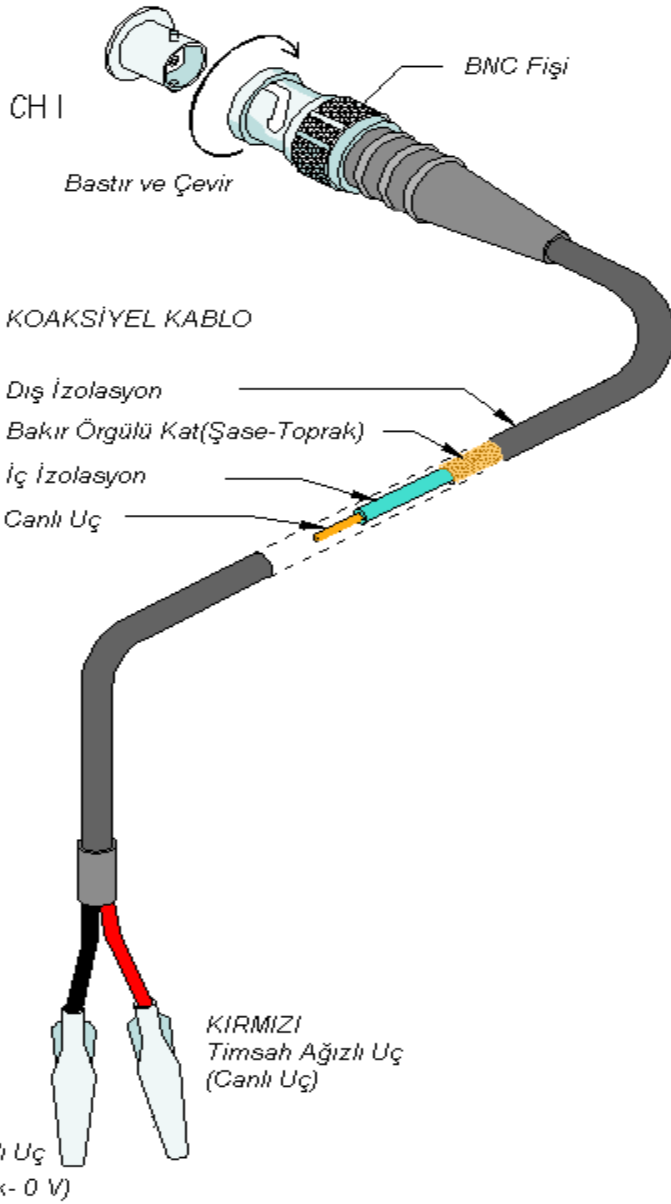
Bu düğmenin görevi, ekranda görünen şekli Y eksenini boyunca aşağı veya yukarı hareket ettirmektir. Böylece sinyali istediğimiz bir bölgede görebilir, veya istediğimiz kareler ile karşılaştırabiliriz. Bu bize değer okumada yardımcı olacaktır. İki kanallı osiloskoplarda her bir kanal için ayrı bir Y-POS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

22. İNVERT (CH I): I. Kanalın görüntüsünü ters çevirir. ADD düğmesi ile birlikte iken cebirsel toplama yapar.

23. CH.I (BNC konnektör): Dışarıdan ölçmek istediğimiz sinyal osiloskoba bu soket yardımı ile uygulanır. Bu tip soket özel bir yapıya sahiptir ve BNC soket olarak anılır. Aşağıdaki şekilde görülen ölçme uçları da denilen osiloskop probu takılır.



OSİLASKOP GİRİŞİ
BNC Soketi



Osilaskop Probu ve Bağlantısı

24. Ground: Ayrı toprak jakı

25. DC-AC-GD (Kaymalı anahtar): CH I düşey kuvvetlendiricin giriş kuplajını seçer.

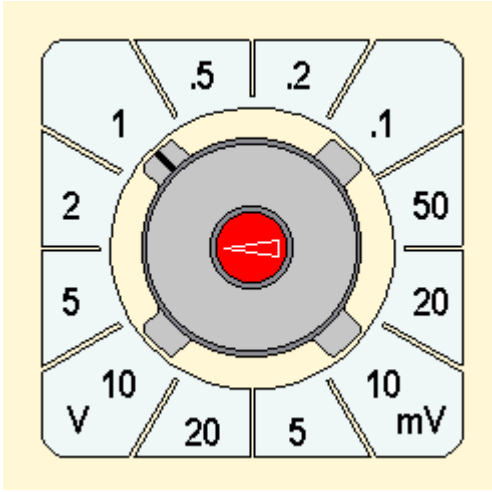
DC = Giriş işaretinin tüm bileşenlerini geçirir.

AC= İşaret kapasitif kuplajlıdır. (DC bloke edilir.)

GD= İşaret ayrılır, kuvvetlendirici girişi topraklanır



26. VOLTS/DIV (Dönen anahtar): I. Kanalda sinyalin genliğinin değiştirilmesinde kullanılır. Aynı zamanda ekrandaki her bir dikey karenin kaç volt olduğunu belirler.



Bu düğmenin görevi ölçmek istenen ve dışarıdan uygulanan sinyali farklı oranlarda yükselterek veya düşürerek, dikey saptırıcılara uygulamaktır. Buradan ekran üzerinde bulunan herbir 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 voltaj değeri $(3 \text{ kare}) \times (10 \text{ mV}) = 30 \text{ mV}$ olur. Düğmenin ortasında kırmızı daire ile gösterilen kontrol ise Voltaj kalibrasyonu yapmak için kullanılır.

Eğer osilaskop ön paneline dikkat edilirse bu düğmeden iki adet olduğu görülebilir. Bunun nedeni osilaskobun 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), ikinciside CH2 (2. Kanal) olarak gösterilir.

27. VAR. GAIN (Merkez potans): VOLTS/DIV. Anahtarının kalibre edilmiş ayarları arasında sürekli değişken kazanç 2,5/1 oranında duyarlılığı artırır. Cal potansı saatin tersi yönünde tam çevrili olmalıdır.

28. CH I/II -TRIG.I/II (Push buton anahtar): Düğme basılı değil: Sadece CH I ve CH I'de içten tetikleme.

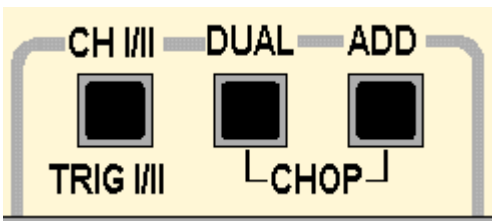
Düğme basılı: Sadece CH II ve CH II'de içten tetikleme.

DUAL ve ADD modunda: Düğme içten tetikleme işaretini seçer.

29. DUAL (İkili): Düğme basılı değil: Yalnız I kanal gösterir. Düğme basılı: Değişimli modda CH I ve CH II'yi birlikte gösterir.

DUAL ve ADD düğmeleri basılı: Kesme modunda CH I ve CH II

30. ADD (Ekle): Yalnız ADD düğmesi basılı: İNVERT düğmesi ile birlikte cebirsel toplama yapar.



31. VOLTS/DIV (Dönen anahtar): II. Kanalda sinyal genliğinin değiştirilmesinde kullanılır. Aynı zamanda ekrandaki her bir dikey karenin kaç volt olduğunu belirler.

32. VAR.GAİN (Merkezi potans): VOLTS/DIV. Anahtarının kalibre edilmiş ayarları arasında sürekli değişken kazanç 2,5/1 oranında duyarlılığı artırır. Cal potansı saatin tersi yönünde tam çevrili olmalıdır.

33. DC-AC-GD (Kayan anahtar): CH II düşey kuvvetlendiricinin giriş kuplajını seçer.

DC = Giriş işaretinin tüm bileşenlerini geçirir.

AC= İşaret kapasitif kuplajlıdır. (DC bloke edilir.)

GD= İşaret ayrılır, kuvvetlendirici girişi topraklanır.

34. Ground: Ayrı toprak jakı

35. CH.II (BNC konnektör): Kanal II sinyal girişi. Giriş empedansı 1 MΩ, 30pF.

36. INVERT (CH II): II. Kanalın görüntüsünü ters çevirir. ADD düğmesi ile birlikte iken cebirsel toplama yapar. X-Y modunda çalışmaz.

37. Y.POS II: İkinci kanalda ekrandaki görüntüyü yukarı aşağı hareket ettirir. X-Y modunda çalışmaz.

OSİLASKOP İLE GERİLİM ÖLÇME

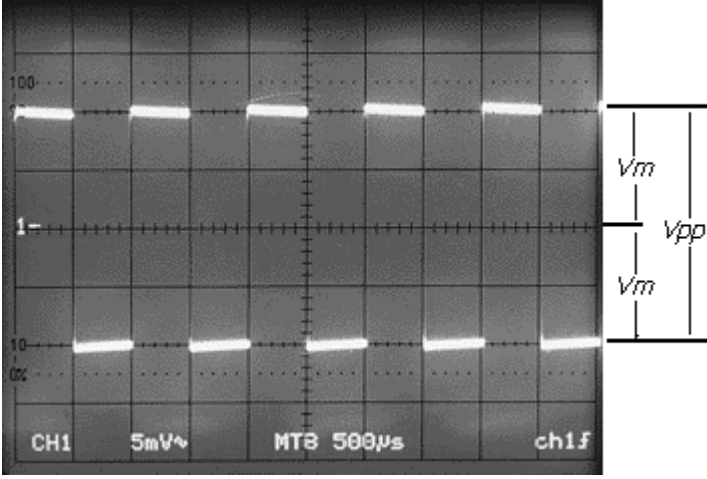
Osilaskop ile gerilim ölçmeye başlamadan önce, ekranda bir referans noktası(0 V noktası) belirlemek gereklidir. Bunun için öncelikle giriş seçici anahtarı ile GND(toprak) konumu seçilerek, ekranda düz bir yatay çizgi elde edilir. Bundan sonra Y-POS düğmesi ile bu çizgi aşağı-yukarı hareket ettirilerek ekranda hazır halde bulunan yatay çizgilerden birisi ile(normalde ortada bulunan ve diğerlerine göre nispeten kalın olan yatay çizgi ile) karşılaştırılarak, 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 voltaj değerine sinyalin maksimum genlik değeri denir. Bu gerilime tepe, maksimum veya peak gerilim değerleride 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 $V_{pp} = V_t - t$ sembolleri ile gösterilir. Bu değer, tanımdan da anlaşılacağı gibi $V_{pp} = 2V_m$ değerine eşit olur. Ölçülen gerilimin Etkin (Effektif) değeri ise $V_{eff} = U = 0,707 * V_t$ değerine eşit olur.

Gerilimin değerini bulmak için, ekranda görülen dalga şeklinin dikey kare sayısı ile Volt/div düğmesinin değeri çarpılır.

Örnek-1

Aşağıdaki osilaskop ekranında görülen sinyalin max(tepe) ve tepeden tepeye voltaj değerlerini bulunuz. Volt/div düğmesinin 5 mV değerini gösterdiği bilinmektedir, yani dikey karelerden herbirinin voltaj değeri 5mV'tur.



Çözüm: 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) voltaj değeri;

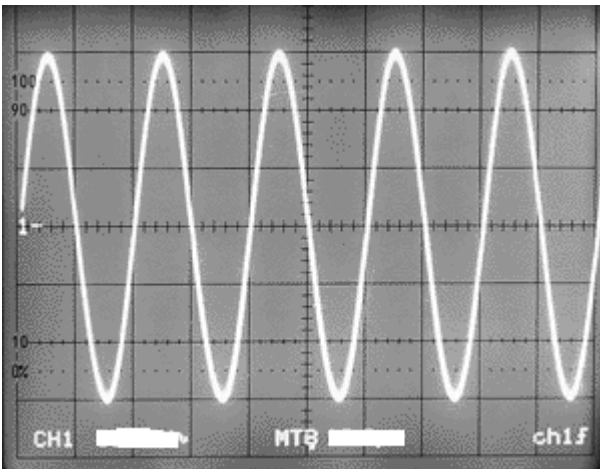
$$V_t = V_p = V_m = 2 \times 5 \text{ mV} = 10 \text{ mV olur.}$$

Tepeden tepeye voltaj değeri ise;

$$V_{t-t} = V_{pp} = 2 \times V_m = 20 \text{ mV olur.}$$

Örnek-2

Aşağıdaki osilaskop ekranında görülen sinyalin max(tepe) ve tepeden tepeye voltaj değerlerini bulunuz. Volt/div düğmesinin 10 V değerini gösterdiği bilinmektedir, yani dikey karelerden herbirinin voltaj değeri 10 V'tur.



Çözüm: 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) voltaj değeri;

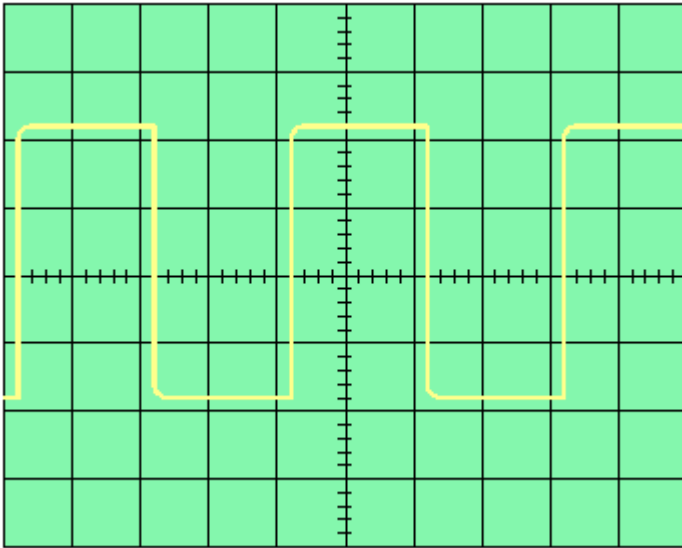
$$V_t = V_p = V_m = 3 \times 10 \text{ V} = 30 \text{ V olur.}$$

Tepeden tepeye voltaj değeri ise;

$$V_{t-t} = V_{pp} = 2 \times V_m = 2 \times 30 \text{ V} = 60 \text{ V olur.}$$

Örnek-3

Aşağıdaki osilaskop ekranında görülen sinyalin max(tepe) ve tepeden tepeye voltaj değerlerini bulunuz. Volt/div düğmesinin 0,5 V değerini gösterdiği bilinmektedir.



Çözüm: Bu örnekte referans noktamız orta çizgi olarak ayarlanmamıştır. Dolayısı ile ilk başta, negatif tepe ile pozitif tepe arasındaki voltaj değerini(V_{pp}) bulalım. Dikkat edersek şekil üzerinde negatif ve pozitif tepe noktalarından hiçbiri yatay çizgilerden birisi ile çakışmamaktadır. Buna rağmen orta çizgiler, her bir kareyi(1 cm'yi) 5 eşit parçaya bölmüştür. Bu çizgiler tüm osilaskop ekranlarında bulunur. Burada dikey karelerin beşe bölünmüş her bir parçası 0,2 cm'ye denk gelmektedir. Bu bilgiler ışığında ekranda görülen kare dalganın negatif ve pozitif tepe noktaları arasında kalan mesafesinin 4 kare(=4 cm) olduğu görülebilir. Volt/div = 0,5 V olduğuna göre;

Tepeden tepeye voltaj değeri,

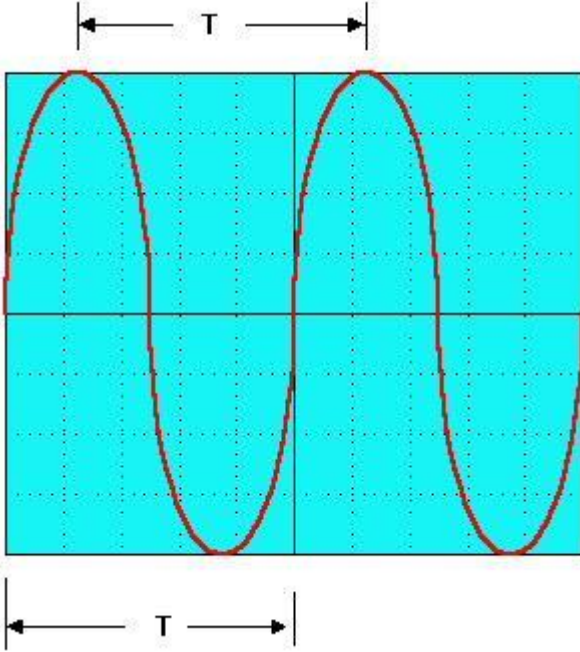
$$V_{t-t} = V_{pp} = (\text{dikey kare sayısı}) \times (\text{Volt/div}) = 4 \times 0,5 \text{ V} = 2 \text{ V olur.}$$

Diğer taraftan tepe veya max voltaj değeri ise,

$$V_t = V_p = V_m = V_{pp}/2 = 2 \text{ V} / 2 = 1 \text{ V olur.}$$

OSİLASKOPLA FREKANS ÖLÇME

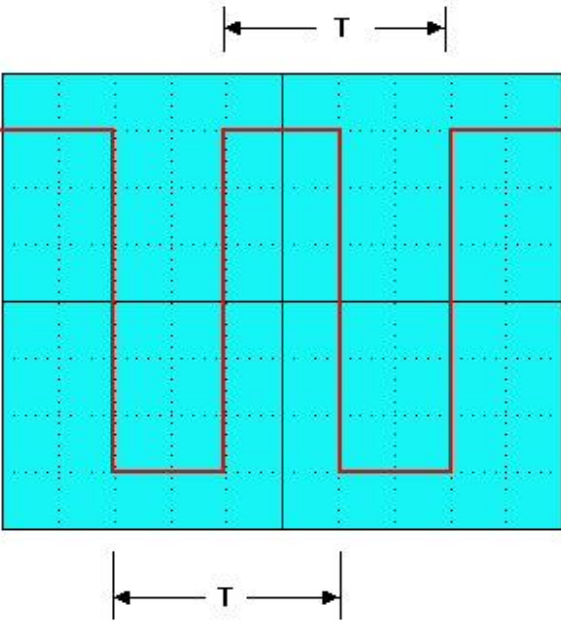
Osilaskop ekranındaki yatay kareler, çizilen grafiğin zaman boyutunu göstermektedir. Her bir yatay karenin(1 cm) zaman cinsinden karşılığı ise Time/div düğmesinin değerine eşittir. Buna göre herhangi bir sinyalin frekansını bulabilmek için, öncelikle o sinyalin periyodunu belirlemek gerekmektedir. Periyot 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. Osilaskop ekranından periyot okumaya örnek olarak şekil olarak bir sinüs ve kare dalganın periyotları gösterilmiştir. Periyot genelde P veya T harfleri ile gösterilir.



Şekilde görüldüğü gibi sinyal 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,

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

Eşitliği ile bulunabilir. Sinyalin frekansı(saniyede kendini tekrarlama sayısı) ise, $f=1/T$ eşitliğinden bulunur. Bu eşitlikte T'nin birimi saniye(S), f'nin birimi ise Hertz (Hz)dir. Eğer osilaskop ekranından bulunan periyot birimi saniye'nin alt ve üst birimlerinden birine eşitse, frekansı Hz cinsinden bulmak için saniye'ye çevirmek gereklidir.

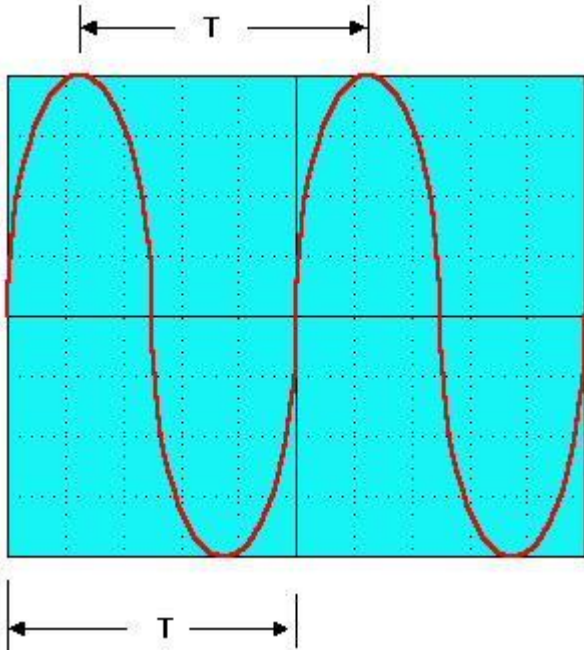


Şekilde görülen kare dalganın periyodu ise 4 kare değerine eşittir. Periyodu bulmak için sinyalin kendini tekrarladığı herhangi iki nokta arasında kalan mesafe alınabilir. Kolaylık olması bakımından, ekrandaki dalga şekli yatay olarak X-POS düğmesi ile sağa veya sola doğru kaydırılarak, referans olarak belirlediğimiz herhangi bir nokta veya çizgi ile çakıştırılabilir. 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.

Örnek-1

Aşağıdaki osilaskop ekranında görülen sinyalin frekansını hesaplayınız. Osilaskobun Time/div kademesi 1 ms konumundadır.



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

$$T = (5 \text{ kare}) \times (1 \text{ ms}) = 5 \text{ ms olur.}$$

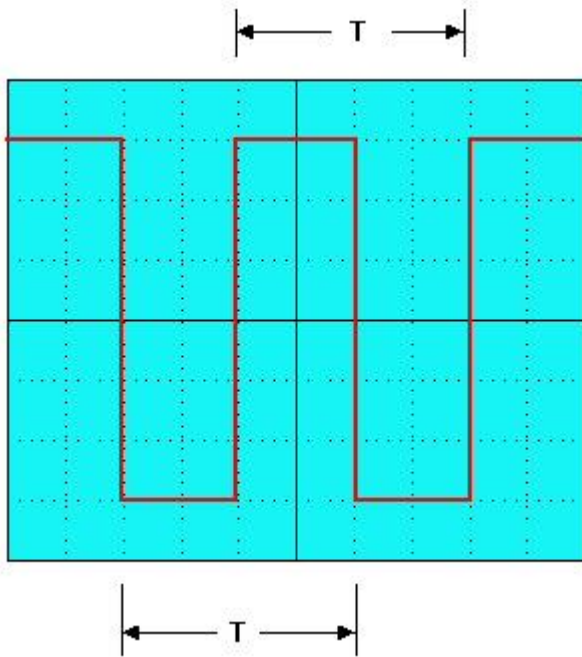
Frekans ise;

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 * 10^{-3}} = 200 \text{ Hz olur}$$

Not: 5 ms değeri saniye`ye çevrilmiştir.

Örnek-2

Aşağıdaki osilaskop ekranında görülen sinyalin frekansını hesaplayınız. Osilaskobun Time/div kademesi 1 µs konumundadır.



Şekilden görüldüğü gibi sinyal kendini her 4 karede bir tekrarlamaktadır, yine Time/div= 1 µs olduğuna göre, sinyalin periyodu;

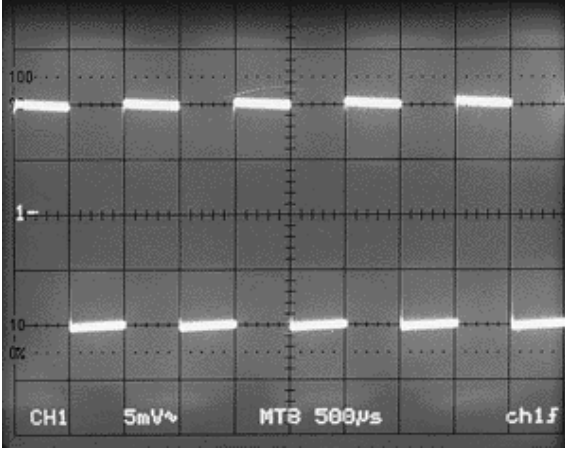
$$T = (4 \text{ kare}) \times (1 \mu\text{s}) = 4 \mu\text{s olur.}$$

Frekans ise;

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 * 10^{-6}} = 25000 \text{ Hz veya } f = 25 \text{ KHz olur.}$$

Örnek 3

Aşağıdaki osilaskop ekranında görülen sinyalin frekansını hesaplayınız. Osilaskobun Time/div kademesi 500 µs konumundadır.



Şekilden görüldüğü gibi sinyal kendini her 2 karede bir tekrarlamaktadır, yine Time/div = 500 µs olduğuna göre, sinyalin periyodu;

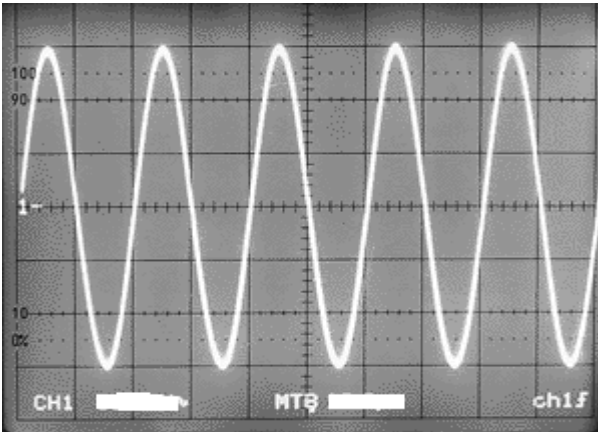
$$T = (2 \text{ kare}) \times (500 \mu\text{s}) = 1000 \mu\text{s} = 1 \text{ ms olur.}$$

Frekans ise;

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 * 10^{-3}} = 1000 \text{ Hz veya } f = 1 \text{ KHz olur.}$$

Örnek 4

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



Şekilden görüldüğü gibi sinyal kendini her 2 karede bir tekrarlamaktadır, yine Time/div= 10 ms olduğuna göre, sinyalin periyodu;

$$T = (2 \text{ kare}) \times (10 \text{ ms}) = 20 \text{ ms olur.}$$

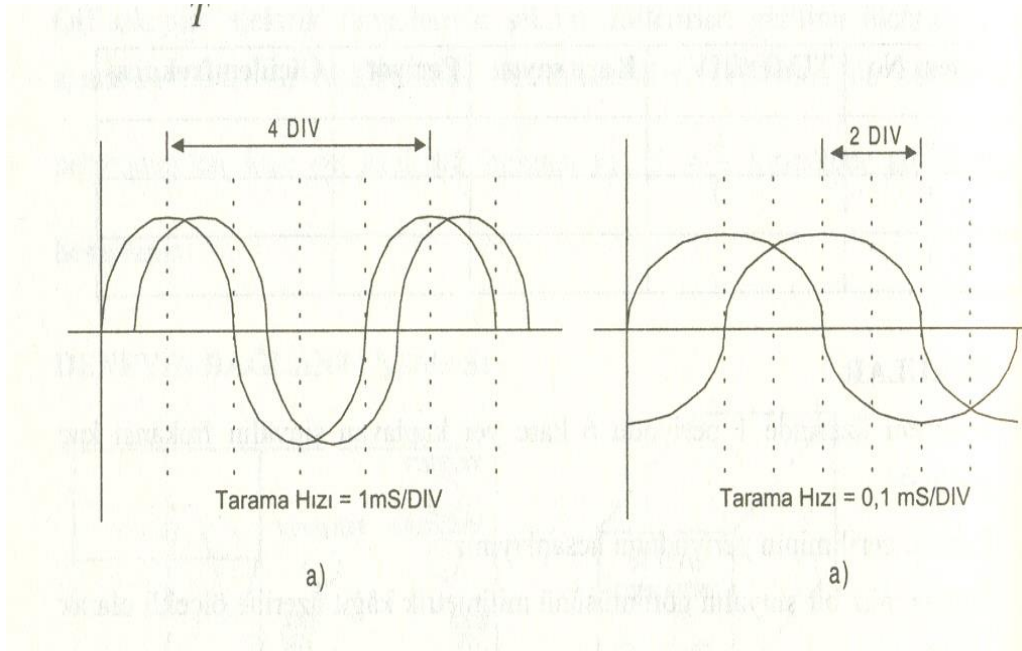
Frekans ise;

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

FAZ FARKI ÖLÇÜMÜ

Faz farkı ölçümünde en pratik yol, iki kanallı osiloskop kullanarak yapılan ölçümdür. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, faz farkı ölçülecek işaretin biri osiloskobun bir kanalına (örneğin kanal A), diğeri osiloskobun diğerkanalına (örneğin kanal B) uygulanır. Bu iki işaretin periyodu (T) ve aralarındaki gecikmeden (td) faz farkı hesaplanır.

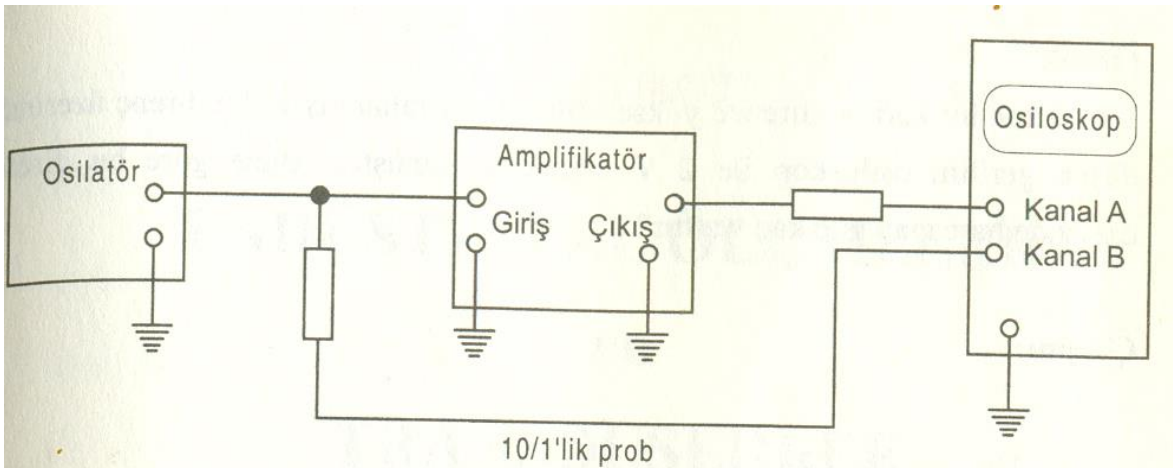
$$\theta = 360 \cdot \frac{td}{T}$$



Şekil a) İki kanallı bir osiloskoplafaz farkı ölçülecek iki sinyalin görüntüsü
b) Tarama hızı artırılmış durumdaki dalga şekli

$$T = (4D/V) \cdot (1ms / D/V) = 4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$
$$td = (2D/V) \cdot (0,1ms / D/V) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$
$$\theta = 360 \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-4})}{(4 \cdot 10^{-3})} = 18^\circ \text{ bulunur.}$$

Faz farkını ölçen devre şeması aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5. Faz farkının ölçülmesi devre şeması

AKIM ÖLÇÜMÜ

Osiloskopların giriş dirençleri yüksektir. Bu nedenle osiloskoplar ampermetre gibi kullanılamazlar. Ama osiloskopta akım ölçümü dolaylı olarak yapılabilir. Değeri belli olan omik küçük değerli bir direnç (karbon direnç), akımı ölçülecek olan devreye seri olarak bağlanır. Bu küçük değerli direnç devreden geçen akıma etki etmemelidir. Bu direncin uçlarındaki gerilim osiloskop ile ölçülür ve formülünden devreden geçen akım hesaplanır. R direncinin değeri zaten biliyorduk.

$$I = \frac{V}{R}$$

GÜÇ ÖLÇÜMÜ

Değeri belli olan bir direnç üzerinde harcanan güç şu şekilde bulunur. Önce devre üzerinde direnç uçlarındaki gerilim osiloskop ile ölçülür. Bu ölçülen gerilimin tepeden tepeye değerine V_t diyelim. Buna göre aşağıdaki formül bize direnç üzerinde harcanan gücü verir.

$$P = \frac{\left(\frac{V_t}{2,282}\right)^2}{R}$$

Örnek : 100 Ω 'luk bir karbon dirence yüksek frekans uygulanmış ve bu direnç üzerinde düşen gerilim osiloskop ile 2 V olarak ölçülmüştür. Buna göre bu direnç üzerinde harcanan güç kaç watttır?

$$P = \frac{\left(\frac{V_t}{2,282}\right)^2}{R} = \frac{\left(\frac{2}{2,282}\right)^2}{100} = 0,00768W = 7,68mW \quad \text{bulunur.}$$