

METROLOJİ VE KALİBRASYON (II)

M. Evren TOYGAR

DEÜ, Makina Mühendisliği Bölümü

UZUNLUK

Uzunluk ölçümünde 1878'de imzalanan Ağırlık ve Ölçme Antlaşması'nda belirtildiği gibi temel birim olarak Yard ve Metre kullanılmaktadır. Yard'ın prototipi Washington'daki standartlar bürosunda tutulmaktadır. Daha hassas ölçme metotlarının gelişmesiyle bu sistem artık yeterliliğini yitirmiş ve pratik ölçümlerin gelişmesiyle Enternasyonal inch ışığın dalgaboyu olarak tanımlanmıştır. 1983' de yapılan konferansda Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Komitesi metreyi vakum içerisindeki, monokromatik ışığın $1/299\,792\,458$ sn'de katettiği yolun uzunluğu olarak tarif etmiştir. Aynı şekilde inch'inde yeni internasyonal tanımı monokromatik ışığın vakum içerisinde dalgaboyu olarak ifade edilmiştir. Bu mikroskobik küçük ışığın dalgaboyunun ölçülmesi için yeni bir proses geliştirilmiş ve bu proses İnterferometre olarak adlandırılmıştır.

Uzunluk Ölçümleri

Genel olarak adlandırırsak, düzgünlüğü bilinen bir düzlem üzerinde yapılan ölçümlerdir. Uzunluk ölçümlerini üç katagoride inceleyebiliriz :

- i) Kaba ölçümler
- ii) Hassas ölçümler
- iii) Çok hassas ölçümler

Ölçme Aletleri

i) Göstergeli Cihazlar : Bir gösterge yardımıyla ölçüm değerlerinin okunabildiği cihazlardır.

ii) Malzeme ölçümü : Çizgiler veya yüzeyler arasındaki sabit açı veya mesafelerle, uzunluk veya açının uzunluk metrolojisinde belirlenmesidir.

iii) Mastarlar : Sınırları bilinen bir mastar ile ölçü veya şeklin belirlenmesidir.

iv) Yardımcı Aletler : Ölçümün yapılabilmesi için gerekli olan yardımcı aletlerdir.

Ölçüm Hataları

Sistematik hatalar ve tesadüfi hatalar olmak üzere ikiye ayırabiliriz.

i) Sistematik hatalar : Bir seri ölçümler sonucunda aynı değer için, sabit şartlar altında yapılan ölçümlerde çıkan hatalara denir.

ii) Tesadüfi hatalar : Sıcaklık farkları, havadaki nem, kir ve titreşim gibi harici şartlar ile, görüş hataları ve yorulma gibi insan faktörünü içeren hatalardan kaynaklanan hatalardır.

Hata Kaynakları

- İş parçasındaki kusurlardan meydana gelen hatalar.
- Şekil ve Pozisyon Hataları (Şaft ve deliklerin yüzeylerinde meydana gelen silindiriklik hataları ve düz ve paralel yüzeylerdeki yüzey hataları v.b.)
- Yüzey kenarları (yüzey kenarlarındaki çapaklar, kırıklar, pürüzlülük, ölçümleri etkiler.)
- İş parçasının bükülmesi (elverişsiz boyutlu iş parçaları (uzun ve ince bir shaft), fleksibil ince metal parçalar, v.b. Bu tip iş parçalarının emin bir şekilde ölçülme imkanı bulunmamaktadır.)
- Kullanılan metot ve prensibin meydana getirdiği hatalar.
- ABBE prensibi itibariyle meydana gelen hatalar (kumpas ve mikrometre örneklerinde gösterilmektedir. (ABBE prensibi: Ernst ABBE, ZEISS optik şirketinde 1893 yılında kendi adıyla anılan prensibi bulan kişilerden biridir. "Hataların azaltılması için gerekli şart; ölçme sistemi ile ölçülecek elementin aynı eksende olmasıdır." Bu prensip aynı zamanda "komparotör prensibi" olarak da bilinmektedir.)

- İş parçasının pozisyonundan meydana gelen hatalar.
- Ağırlıktan dolayı meydana gelen hatalar.
- İş parçasının desteklenmesinden dolayı meydana gelen ölçüm hataları
- Kollu göstergelerde kolun durumuna göre meydana gelen hatalar.
- Cihazlarda ve Referans elementlerdeki bozukluğun neden olduğu hatalar.
- Çevre şartlarının etkisi
- İnsan hatası

Ölçme Belirsizliği

Bütün ölçme aletlerinin iş parçasından ve ölçümün yapıldığı çevre şartlarından bağımsız, sahip olduğu doğal bir hatası vardır. Bu doğal hata sistematik bir hata olarak ortaya çıkar. Sistematik ve tesadüfi hatalar düzeltme yoluyla ölçüm değerinden çıkarılabilir.

Koordinat Ölçme Teknolojisi

Koordinat ölçme teknolojisi, endüstriyel kalite güvencesinde zaruri bir ihtiyaç olmuştur. Bu genel karakter ve yüksek derecede otomatikleşme geçen 20 senede koordinat ölçme teknolojisinin öneminin artmasının sebeplerindedir. Koordinat ölçme teknolojisinin temel prensibi Koordinatların ölçümüdür. Bu ölçme sistemiyle çalışan cihaza "Koordinat Ölçme Makinası" adı verilmiştir (CMM). Aşağıda yazılmış temel parçalardan oluşur :

- Prob sistemi ile üç eksen boyunca hareket edebilecek mekanik sistem
- Prob başının bütün uzaysal yönlerde iş parçasına dokundurulması
- Hizmet, servis masası
- Kontrol mekanizması
- Çevre donanımı ile (printer, plotter v.b.) bilgisayar ve bilgisayar programı .

Prob ucu ile referans koordinat sistemi üç hareket ekseninde şekline göre monte edilmiştir. Uzunluk ölçme sistemiyle bu hareket yolu belirlenmiştir. Prob ucunda uzaysal referans noktası ölçümü kullanılarak bu CMM in ölçme hacmindeki herhangi bir noktanın ölçülmesi sağlanır.

Fonksiyon

CMM' in fonksiyonu bir algılayıcı (sensör) vasıtasıyla sağlanır. Genel olarak dokunmalı bir prob sistemiyle iş parçası yüzeyine temas ettirilir. Prob sistemi, ilgili eksen boyunca birbirini tutan zincirlemenin son halkasıdır. Prob sistemi, iş parçası üzerinde çeşitli noktalara değdirilerek bu noktaların koordinatlarını hafızada toplar. Dokunmalı problemlerden başka, optik prob sistemi de birçok ölçme görevi için kullanılır. Eğer iş parçası çok yumuşak ise optik prob sisteminin kullanımı daha uygundur.

CMM Tipleri

CMM üniversal karakterinden dolayı, doğruluğa bağımlılığı, ölçme sıralaması ve uygulama alanı sebebiyle çeşitli tiplerde geliştirilmiştir. Bunlar dört esas bölüme ayrılmıştır.

- Yatay kol tipi
- Dirsekli tipi
- Köprü tipi
- Ayaklı tipi

Bu tiplerin her birinin kendine has avantajları ve dezavantajları vardır. Kullanım amacına göre uygun olan CMM'ler seçilmelidir.

CMM 'lerin Ölçme Belirsizliği

CMM 'lerin ölçme belirsizliği makina parçalarının hatasının ölçme sonucunu etkilemesidir. Uzayda bir pozisyon belirlendiğinde, doğru değer belirsizlikten ötürü üç boyutlu bir alanın içerisinde yer alır.

Cihazın Sebep Olmadığı Hatalar :

Cihazın sebep olmadığı nedenlerden meydana gelen hatalar iş parçasının ve kullanılımanın etkisiyle ortaya çıkan hatalardır.

Cihazın Sebep Olduğu Hatalar :

- Çevre şartları
- Ölçme sisteminin hareketi
- Prob sistemi ve Prob elemanları

Kontrol (CMM'lerin kontrolünün esas amacı veri elde etmede takip edilen hareket yollarının kontrolüdür (x,y,z). Burada analog sinyalin sayısallaştırılması esnasında sistematik hatalar oluşabilir.)

Bilgisayar ve Program, Cihaz Koordinat Sistemi

CMM 'deki Sistemik Hatalar

(Bu hatalar üç eksenin hareketinde pozisyon hatalarını etkilemektedir. Bu etkilemeye prob ve prob sistemide dahildir. CMM'i parçalarıyla birlikte bir bütün olarak düşünürsek, pozisyon hatalarını şu şekilde söyleyebiliriz, pozisyon hatası, doğrusallık hatası ve dönme açısı, hatve, yalpalama ve yuvarlanma açısı olarak açıklanır. Bunlar her eksen için 6 pozisyon ve 1 diklik olmak üzere CMM için toplam 21 hata meydana getirir.)

Paralel Blok Masterlar

Endüstride uygulanan çeşitli hassas ölçümler için paralel blok masterlar standart uzunluk değerleri olarak kabul edilir. Bu bloklar uzunluk, düzlemsellik ve paralellik, kontrollerinde en son referans standartlardır. Master blokların malzemesi genellikle, minimum uzunluk değişimini sağlamak için stabilize işleme tabii tutulmuş ve min. 63 HRC değerinde sertleştirilmiş çeliktir. Sert metal ve Seramikten de Master bloklar yapılmaktadır. Bloklar dikdörtgen yüzeylere sahip

olup, bu yüzeyler çok hassas leplenmiştir. Master blokların nominal uzunlukları (L_n) 0,5 mm'den 1000 mm 'ye kadar değişmektedir. Bu blokların kullanım yüzeyleri birbirlerine tam paraleldir.

Çelik master blokların termal uzama katsayısı $10\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değişim aralığında $(11.5 \pm 1) * 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ değerinde olup, her imalatçı uzama katsayısını ayrıca belirtmek zorundadır. Çelik master blokların ölçme yüzeylerinin sertliği 800 HV değerinden büyük olmalıdır.

Master blokların uzunluklarında olabilecek senelik müsaade edilebilir değişim Tablo 7'de formülle verilmiştir.

Tablo 7. Master Bloklarda Yıllık Boyut Sapması (DIN 861 Part - 1)

Kalite (K)	Müsaade Edilebilir Yıllık Sapma
0	$\pm (0.02 + 0.0005 L_n) \mu\text{ m}$
1	$\pm (0.05 + 0.001 L_n) \mu\text{ m}$
2	

Master blokların kullanımlarında istenilen hassas uzunluğun elde edilmesi için bloklar birbirlerine bağlanırlar. Bu bağlama işleminde, temizlenmiş blokların birbirine eklenmesi esnasında çalışma yüzeyleri birbirleri üzerinde kaydırılır. Yüzeyle uygulanan basınç ise yüzeylerin birbirlerine tutunmasını sağlayacak kadar olmalıdır. Master blokların bağlanma (WRINGING) özelliklerinin kontrolünde, kalınlığı 11 mm'den az olmayan 40 mm çapında optik Düzlemsellik Camı kullanılır. Kullanılan bu camın esas çalışma yüzeyinin m olmalıdır. Master blokların birbirlerine düzlemsellik toleransı da 0.025 kaydırılarak bağlanmalarında blokların yüzeylerinde olabilecek nem ve toz partiküllerinde kaydırılarak uzaklaştırılmaları sağlanmaktadır.

Bu şekilde uygulanan kaydırma işlemi ile birbirine bağlanan blokların toplam uzunluklarında hata olmayacağı gibi, blok yüzeylerinde mevcut olabilecek muhtelif toz partiküllerinin yüzeyi çizmeleri önlenecektir. Master bloklarla çalışırken, blokların temizlik işlemlerine azami dikkat gösterilmelidir. Yere düşen bir blok ilk ölçüm değerini kaybeder. Bu nedenle yeniden kalibre edilmelidir.

Mikrometre Kalibrasyonu

Kalibre edilmek üzere laboratuvara gelen Mikrometreler için aşağıdaki işlemler sırayla uygulanır.

- Ön Hazırlık (Mikrometre temizlenir, üzerinde manyetiklik varsa giderilmeye çalışılır ve kalibrasyon yapılmadan önce en az bir saat ortam ısısına uyması için bekletilir.)
- Görünüş Testi (Rakamların ve çizgilerin okunabilirliğine bakılır.)
- Çalışma Testi (Toplam ölçme sahası içerisinde hareketine ve tespitleme vidasının fonksiyonunu yapıp yapamadığına bakılır.)
- Ölçme yüzeylerinin paralelliğı (paralellik testi interferometrik cam seti ile yapılır.)
- Ölçme yüzeylerinin düzlemselliğı (Ölçme yüzeylerinin düzlemselliğı optik düzlemsel cam seti ile yapılır.)
- Ölçme hatasının tespiti (Doğruluk derecesi 1 olan master seti kullanılır)
- Ölçümlere başlamadan önce mikrometrenin sıfırlama ayarı yapılır. Standartta belirtilen uzunluklarda ve sayıda paralel blok masterlarla ölçümler yapılır ve sapmalar tespit edilir. Ölçme yüzeyleri arasına oturtulan masterın ölçme yüzeylerine tam çakışmasına dikkat edilir.
- Ölçümler yapıp hatalar tespit edildikten sonra tekrar sıfırlama ayarı yapılır. Sıfırlama tam yapılamıyorsa ölçümler tekrar edilir.
- Değerlendirme ve Karar (Ölçülen değerlerdeki sapmaların standartta verilen toleranslar içerisinde olup olmadığına dikkat edilir. Kalibre edilen Mikrometre hakkında karar verilir. Tamir edilmesi gerekiyorsa ya da kullanılamaz durumda ise belirtilir.)
- Dökümantasyon ve Son İşlemler (Mikrometre için bütün bilgileri içeren bir Sertifika hazırlanır. Bu Sertifika da Mikrometreye ait bilgilerin yanında yapılan ölçümlerde bulunan hatalar, toleranslar ve gelecek kalibrasyon tarihi hakkında bilgiler bulunur.

Kumpas Kalibrasyonu

Kalibrasyonu yapılmak üzere laboratuvara gelen Kumpaslar için aşağıdaki işlemler sıra ile uygulanır.

- Ön Hazırlık (Kumpas temizlenir, üzerinde manyetiklik varsa giderilmeye çalışılır ve kalibrasyon yapılmadan önce en az yarım saat ortam ısısına uyması için bekletilir.)
- Görünüş Testi (Rakamların ve çizgilerin okunabilirliğine ve ölçme yüzeylerinin tam çakışıp çakışmadığına bakılır.)
- Çalışma Testi (Toplam ölçme sahası içerisinde gidiş gelişine ve Tespitleme Vidasının Fonksiyonunu yerine getirip getiremediğine bakılır.)
- Ölçme yüzeylerinin paralelliğı (İç çap ölçme yüzeylerinin paralelliğı referans ringlerle, Dış çap ölçme yüzeylerinin paralelliğı referans paralel blok masterlarla yapılır.)
- Ölçme yüzeylerinin düzlemselliğı
- Ölçme hatasının tespiti.(Doğruluk derecesi 2 olan master seti ile.)
- Belirli uzunluklarda referans paralel blok masterlar ölçülür ve bulunan sapmalar kaydedilir.
- Değerlendirme ve Karar (Ölçülen hataların tolerans sınırları içerisinde olmasına dikkat edilir. Kalibre edilen kumpas hakkında karar verilir. Kullanılamaz durumda ise ya da tamir edilmesi gerekiyorsa belirtilir.)
- Dökümantasyon ve son işlemler (Test bilgilerini içeren bir protokol (Sertifika)hazırlanır. Bu sertifikada kumpas hakkında bütün bilgiler ve ölçme değerleri, sapmalar, toleranslar ve gelecek kalibrasyon tarihi yer alır. Etiketleme işlemi yapılır.)

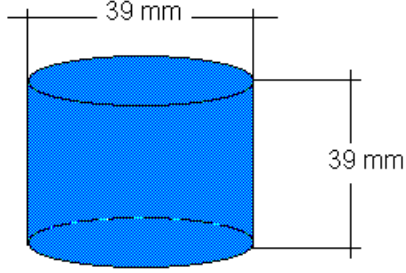
AĞIRLIK VE AĞIRLIK ÖLÇEN CİHAZLARIN KALİBRASYONU

(TERAZİ ve KANTARLAR)

Kütlenin Tanımı

Fiziksel parametreye bağılı olmayan tek temel SI birimi kilogramdır. Kilogram sadece kütlesi sabit bir cisme bağılıdır. Kütle, Paris-Sevres'de bulunan uluslararası kilogram prototipinin kütlesi olarak tanımlanmıştır.

Türkiye'deki referans prototip numarası 54 olan ağırlık, Ulusal Metroloji Enstitüsü UME'de bulunmaktadır.



Şekil 4. Prototip Kütlenin Tanımı

Ağırlık Tanımı

Ağırlık bir çeşit kuvvettir. Bu kuvvet, kütlenin bulunduğu yerdeki yer çekimi ivmesi ile çarpımından elde edilir.

$$FG = G = m \times g$$

FG = Ağırlık kuvveti,

G = Ağırlık,

m = Kütle,

g = Yer çekim ivmesi

Yerçekimi ivmesi, coğrafi konuma göre değişiklik gösterir. Bu yüzden ağırlık kuvveti bulunduğu yerdeki yer çekim ivmesine bağılıdır.

AĞIRLIKLARIN SINIFLANDIRILMASI ve AĞIRLIKLAR ARASI ÖLÇÜ HİYERARŞİSİ

Ağırlıklar OIML'de (Organisation Internationale de Métrologie Légale) hassaslıklarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma yüksek doğruluktan düşük doğruluğa göre : E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3

E1 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : Ulusal ağırlık standartları ile E2 sınıfı ağırlıklar arasındaki izlenebilirliği sağlayan referans standartlardır. Ayar hazneleri yoktur ve yüzeylerinde sınıflarına ve nominal değerlerine ilişkin ibare bulunmaz.

E2 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : E1 sınıfı ağırlıklardan yaklaşık 1/3 oranında düşük doğruluktadırlar. F1 sınıfı ağırlıkların ve I. sınıf terazilerin kalibrasyonunda kullanılır. E1 sınıfı için geçerli olan vasıfları taşımaktadır

F1 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : I. ve II. sınıf terazilerin ve F2 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır. Ayar hazneleri bulunur ve bu haznelere ağırlığın imal edildiği malzemeden yapılmış olan parçacıklar doldurularak, ağırlık üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilir. Üzerinde nominal değerlerini belirten bir işaret bulunur.

F2 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : II. sınıf terazilerin ve M1 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır. F1 sınıfının özelliklerini taşırlar.

M1 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : III. sınıf terazilerin ve M2 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır. M1 sınıfının üzerlerinde ayar hazneleri vardır ve bu haznelere, ağırlığın imal edildiği malzemeden veya kurşundan yapılmış olan parçacıklar doldurularak, ağırlıklar üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilir. Üzerinde nominal değeri ve sınıfını belirten işaretler bulunmaktadır.

M2 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : II. ve IV. sınıf teraziler ile M3 sınıfı ağırlıkların kalibrasyonunda kullanılır.

M3 Doğruluk Sınıfı Ağırlıklar : IV. sınıf terazilerin kalibrasyonunda kullanılır.

Ağırlık Malzemeleri

E1, E2, F1, F2, M1 sınıfı için 1-5mg arası alüminyum ve yaprak şeklinde,

E2, F1, F2, M1 sınıfı için 10-500mg arası gümüş ve yaprak şeklinde

500 mg'dan büyük ağırlıklar E1 ve E2 sınıfında çelik, F1 ve F2 sınıfında çelik veya piringten mamul, silindir şeklinde ve başlıklıdır. M1 sınıfında ise piring veya döküm malzemedir, silindir veya blok şeklinde yapılmıştır. Bütün bu ağırlık setlerinin antimanyetik malzemedir üretilmesi gerekmektedir (OIML'ye göre).

Ağırlık Kalibrasyonu

OIML kurallarına göre üretilmiş ağırlıklar, bir üst sınıftaki ağırlıklar ile kalibre edilirler. Ayrıca kalibrasyon esnasında kullanılacak olan terazinin standart sapmasının ve doğruluğunun, ağırlığın sapma sınırından beş kat daha küçük olması gerekmektedir. OIML'ye göre bütün ağırlık setleri sertifikaları ile birlikte kullanılmalıdır. E1 ve E2 sınıfı ağırlıklar dışındaki bütün ağırlıklarda, eğer ayar işlemi yapıldı ise tekrar kalibrasyon yapılmalıdır. Ağırlık kalibrasyonunda üç temel metot kullanılır. Bunlar, Doğrudan okuma, Yerine koyma ve Yerini değiştirme metotlarıdır.

Doğrudan okuma metodu:

- Ağırlığın değeri direkt olarak terazinin göstergesinden okunur.
- Bu metotta diğer metotlardan farklı olarak terazinin sapması ölçüm sonucunun içindedir.

Yerine koyma metodu:

- Yerine koyma metodunda SNS (NPN) veya SNNS (NPPN) [$S(N)$ =standard, $N(P)$ =numune] çevrimleri kullanılır.
- Bu çevrimler istenen belirsizliğe ve doğruluğa ulaşıncaya kadar birkaç kez yapılabilir.
- Burada yapılan bir ağırlığın kendisinden bir üst doğruluk seviyesinde olan ağırlıkla tek kefeli bir terazi kullanılarak karşılaştırılmasıdır.

Yerini değiştirme metodu:

- Bir önceki maddede belirtilen karşılaştırma yöntemin eşit kollu terazilere uygulanmasıdır.

- Kalibrasyondan önce terazinin hassasiyeti belirlenir.

- Numune ve standart ilk önce terazinin iki kefesine ayrı olarak konur. Daha sonra ağırlıkların kefeleri değiştirilir.

- Böylelikle terazinin iki kolu arasındaki uzunluk farkı giderilir.

- Elde edilen iki değer kullanılarak numunenin sapma değeri bulunur.

Tablo 8. OIML Sapma Sınırları Tablosu

Ağırlık	E1 Sınıfı	E2 Sınıfı	F1 Sınıfı	F2 Sınıfı	M1 Sınıfı	M2 Sınıfı	M3 Sınıfı
Nominal	\pm mg	\pm mg	\pm mg	\pm mg	\pm mg	\pm g	\pm g
Değerler							
1 mg	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	-	-
2 mg	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	-	-
5 mg	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	-	-
10 mg	0.002	0.008	0.025	0.08	0.25	0.0008	-
20 mg	0.003	0.01	0.03	0.1	0.3	0.001	-
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4	0.0012	-
100 mg	0.005	0.015	0.05	0.15	0.5	0.0015	-
200 mg	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	0.002	-
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8	0.0025	-
1 g	0.01	0.03	0.1	0.3	1	0.003	0.01
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2	0.004	0.012
5 g	0.015	0.05	0.15	0.5	1.5	0.005	0.015
10 g	0.02	0.06	0.2	0.6	2	0.006	0.02
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5	0.008	0.025
50 g	0.03	0.1	0.3	1	3	0.01	0.03
100 g	0.05	0.15	0.5	1.5	5	0.015	0.05
200 g	0.01	0.3	1	3	10	0.03	0.1

500 g	0.025	0.75	2.5	7.5	25	0.075	0.25
1 kg	0.5	1.5	5	15	50	0.15	0.5
2 kg	1	3	10	30	100	0.3	1
5 kg	2.5	7.5	25	75	250	0.75	2.5
10 kg	5	15	50	150	500	1.5	5
20 kg	10	30	100	300	1000	3	10
50 kg	25	75	250	750	2500	7.5	25

Terazilerin Sınıflandırılması

Teraziler OIML talimatlarında ve EN 45501'de belirtilmiş olan doğruluk derecelerine göre dört sınıfa ayrılmıştır.

- Çok Hassas Teraziler I
- Hassas Teraziler II
- Ticari Alanda Kullanılan Teraziler III
- Kaba Teraziler (Kantar) IV

Terazi Üzerinde Belirtilmesi Gereken Bilgiler

- Terazinin ismi veya üretici markası bulunmalıdır.
- Terazinin doğruluk sınıfı aşağıdaki şekilde belirtilmelidir.

I Çok Hassas Terazi

II Hassas Terazi

III Ticari Teraziler

IV Kaba Teraziler

- Terazinin maximum kapasitesi,
- Terazinin minimum kapasitesi,

- Ayar değeri (e),

Bölüntü değeri (d veya dd) belirtilmelidir.

TEMEL ELEKTRİKSEL KALİBRASYON

Elektriksel birimlerin temeli AMPER'dir. Ancak, elektriksel birimlerin muhafazası için Gerilim ve Direnç referanslarından yararlanılır. Gerilim referansı olarak uzun bir süre Weston hücrelerinden yararlanılmıştır. Bu hücreler elektrokimyasal prensiplere göre 1.0186 V gerilim üretmektedir. Sözü edilen bu gerilim, ortam sıcaklığına oldukça fazla duyarlıdır. Bu ise birtakım sorunlara yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, bu elemanların yüklenme kapasitesi de düşüktür.

Direnç referansı olarak uzunca bir süre özel iletkenlerden (Manganin, Zeranin, vb) üretilmiş dirençlerden yararlanılmıştır. Bu yapıların sıcaklık duyarlığı oldukça düşüktür ve zamana bağlı sapmaları da yeteri kadar azdır. Bunların yapısal formları, çevresel etkilerden olabildiğince az etkilenecek biçimde tasarlanmıştır. Referans dirençlerin değerlerinde çok az da olsa meydana gelebilecek sapmaları elimine edebilmek için, ulusal enstitülerde bu dirençler grup halinde muhafaza edilir ve grup "temel referans" olarak kullanılır. Örneğın 1 Ocak 1969 yılında icra edilen uluslararası karşılaştırma ölçümleri sonucunda muhafaza edilen bu direnç grubunun ortalama değeri ,

$R_{PTB} (1969 - 01 - 01) = (1 - 18.36 \cdot 10^{-6} \text{PTB olarak yeniden } \Omega) \text{ tanımlanmıştır.}$
Böylece muhafaza edilen bu direnç birimi yardımıyla presisyon ölçümlerinde daha evvel SI birimi ile yapılan ölçümlere göre daha iyi belirsizlik değerlerine ulaşılmıştır.

ZAMAN ve FREKANS STANDARDI

Uzun yıllar zaman ve frekans standardı olarak dünyanın ekseni etrafındaki dönüş esas alınmıştır. Ancak hassas olarak yapılan astronomik ölçmelerde dünyanın dönüşünün son derece düzensiz olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden Güneş Zamanı (Solar Time) düzenli bir zaman skalasını temsilden uzaktır. Bunun yerine Ortalama Güneş Zamanı kavramı ortaya atılmış olup dönüşteki değişimler ve kaymalar dikkate alınarak bir ortalama çıkarılmıştır. Ortalama Güneş zamanına göre 1 saniye=1/86400 güneş zamanıdır. Bu sisteme Universal Time (UT) da denilmektedir.

Atomik rezonatörlerin gelişmesi ve rafine edilmesi ile, bir osilatör frekans kontrolü ve değişimi son derece kontrollü bir hale getirilerek çok hassas atomik saatler elde edildi. Buna göre quantum mekaniği esaslarına göre E2 seviyesindeki bir elektronun E1 seviyesine geçişte ortaya bir radyasyon çıkar. Bu radyasyonun enerji ifadesi;

$h\nu = E_2 - E_1$ 'dir. Burada h: Planck sabiti, ν : ışık hızı'dır.

Böylece zamanın atomik birimi ortaya çıkar. Bu konuda materyal yapısı olarak Cesium ve Rubidium atomları son derece kararlı sonuçlar vermektedir.

Cesium transition'a göre bu frekans 9.192631770 Hz olarak tespit edilmiş ve 1955'te zaman bazı olarak kullanılmaya başlamıştır.

Milli Metroloji Enstitülerinde bu atom saatinden elde edilen zaman-frekans bazı 9 KHz'ten 100 kHz'e kadar taşıyıcı frekanslarla ülkelere yayınlanır.

DC Gerilim Kalibrasyonu

Kaynak kalibratörünün belirsizliği, kalibre edilecek cihazın belirsizliğinden en az 10 kat daha küçük olmalıdır Şekil 5. Kaynak kalibratörden alınan değer "gerçek değer", kalibre edilen cihazdan okunan değer de "gösterge değeri" olarak ifade edilir.



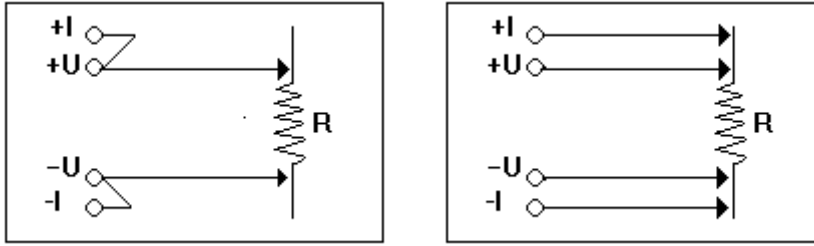
Şekil 5 DC Gerilim Ölçü Aleti Kalibrasyonu

AC Gerilim Kalibrasyonu

Ölçü aletleri ve Kaynakların AC Gerilim Kalibrasyonu da 1/10 Hiyerarşisinin korunması koşuluyla DC Gerilim Kalibrasyonuna benzer biçimde yapılır.

Direnç Kalibrasyonu

Direnç kalibrasyonunda kullanılan ölçme metotlarından ikisi aşağıda görülen Şekil 6-a ve Şekil 6-b'de görülmektedir. Kalibrasyonu yapılacak direnç, direnç ölçme cihazına bağlanarak iki veya dört uçlu ölçüm seçilir. Dört uçlu ölçme, iki uçlu ölçmeye göre 5-10 kat daha hassastır. Bunun sebebi iki uçlu ölçmede akım uçları gerilim uçlarıyla kısa devre olduğundan burada meydana gelen potansiyel farkı, direnç üzerindeki gerilim değerini değiştireceği için direncin ve daha yüksek değerli dirençlerde bu fark, Ω gerçek değerini de etkiler. 100K okuma belirsizliği yanında ihmal edileceğinden iki uçlu ölçüm metoduyla ölçme yapılır.



Şekil 6-a) 2 Uçlu Direnç Ölçme Metodu Şekil 6-b) 4 Uçlu Ölçme Metodu

Ohmmetre Kalibrasyonu

Ohmmetreler direnç ölçen cihazlardır. Referans dirençleri ohmmetrenin giriş uçlarına bağlamak suretiyle ohmmetrenin göstergesinde okunan değer gösterge değer olarak, referans dirençlerin değeri gerçek değer olarak raporda belirtilir.

DC Akım Kalibrasyonu

DC Ampermetrelerin kalibrasyonu, akım kalibratöründen alınan değerlerin ampermetreye uygulanmasıyla olur. Kalibratör dijital sayısı, ampermetre dijital sayısına göre yetersiz kalıyor ise kalibratör ve ampermetreye seri olarak uygun referans direnç bağlanır. Referans direncin uçlarında meydana gelen gerilim

Kalibreli bir DC Voltmetre ile ölçülür. Bu referans dirençler bu suretle 1/10 hiyerarşisinin oluşturulmasını sağlar.

AC Akım Kalibrasyonu:

AC Akım kaynakları kalibrasyonu da 1/10 hiyerarşisini sağlayan bir AC Ampermetre ile yapılır. Eğer Ampermetrenin ve kaynağın dijital sayıları eşitse AC/DC Transfer düzeneği kurularak kaynak kalibre edilir.

Wattmetrelerin Kalibrasyonu

Wattmetrelerin kalibrasyonunda Gerilim ve Akım Kalibratörlerinden yararlanır. Kalibratörlerden alınan değerler aynen Wattmetreye uygulanır ve $P=V \cdot I$ bağıntısı yardımıyla bulunan gerçek değerler Wattmetre'nin gösterge değerleriyle birlikte raporda belirtilir. Wattmetrenin AC kısmı da benzer şekilde kalibre edilir. Ancak bu kısımda Kalibratörler arasındaki faz farkını ortadan kaldırmak ve işaretlerde senkronizasyonu sağlamak üzere frekans kompanzasyon bağlantısı yapılır.

SONSÖZ

Bu makalede, ülkemizde bilimin ve teknolojinin herhangi bir dalında deneysel veya ölçüm ile yapılacak çalışmalarda ölçme altyapısının kuvvetli olması gerekliliği savunulmakta ve kalibrasyon teknikleri verilmektedir. Kalibrasyonla ilgili konulara ışık tutması ve sorunların çözümüne yardımcı olacak bir çalışma olması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- 1. Ulusal Metroloji Enstitüsü , Metrolojide Kullanılan Temel ve Genel Terimler Sözlüğü, Nisan 1997**
- 2. TSE Notları (Kalibrasyon Eğitim Notları)**
- 3. ITS-90 Uluslararası Sıcaklık Skalası**
- 4. DIN 863 Mikrometre Kalibrasyonu**

5. DIN 862 Kumpas Kalibrasyonu

6. Ramm, G., PTB-E39 Kalibrieren iderständen , Juli 1990,βYonwechselstrom-Meb

7. Blied, L., Grundlagen Der Elektrischen technic-Fehelerquellenβtecchnic Elektries TemperaturmeβTemperatur-me

8. TS EN-45501 Terazii Standardı

9. TS EN-837-1-2-3 Basınc Standardı