

# ELEKTRİK SAYAÇLARININ GÜVENİLİRLİĞİ VE İZLENEBİLİRLİĞİ

## RELIABILITY OF ELECTRICITY METERS AND TRACEABILITY IN MEASUREMENTS

Hüseyin Çaycı<sup>1</sup>

1. TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü  
(TÜBİTAK UME)  
huseyin.cayci@tubitak.gov.tr

### ÖZETÇE

*Bu bildiri, bir durum çalışması olarak, elektrik enerjisi ölçümünde kullanılmakta olan geleneksel elektromekanik sayaçların yeni nesil elektronik sayaçlarla yer değiştirilmesiyle ve sayaçların farklı çalışma koşulları nedeniyle ortaya çıkan, ölçü transformatörlerinin hatalarındaki değişim ve bu değişimin enerji ölçümüne etkileri incelenecek ve yapılması gerekenler hakkında bilgi verilecektir.*

### ABSTRACT

*In this paper, some results of a case study, concerning the impact of errors of instrument transformers on electricity metering caused by different operation conditions due to replacement of the induction meters by electronic energy meters, will be discussed and recommendations for optimal solution will be given.*

### 1. GİRİŞ

Ülkemizde elektrik enerjisine olan talebin gün geçtikçe artmakta olduğu göz önünde bulundurulduğunda, elektrik enerjisinin tüketiciye en az kayıpla, en yüksek verimle ve en ekonomik biçimde ulaştırılması oldukça önem kazanmaktadır. Bu önem, elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi ve tüketilmesinde kullanılan sistemlerin kaliteli ve güvenilir olmasını zorunlu kılmaktadır. Elektrik enerjisinin tüketiminin belirlenmesinde kullanılan elektrik sayaçlarının güvenilirliği ise, hatalarının ne kadar doğru ölçüldüğüne, yani üretim aşamasında ve sonrasında ilgili laboratuvarlarda yapılan testlerin doğruluğuna bağlıdır. Test için kullanılan cihazlar doğru, güvenilir ve ulusal standartlara izlenebilir olmalı, uygun ölçüm metodları kullanılmalı ve ölçümler bilgili ve deneyim sahibi personel tarafından gerçekleştirilmelidir. Elektriksel Güç ve Enerji alanında ulusal ölçüm standartları oluşturmak, muhafaza etmek, güç ve enerji ölçüm doğruluğunu ülke içindeki ikinci seviyedeki kalibrasyon ve deney laboratuvarlarına aktarmakla görevli olan TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) kurduğu Birincil Seviye Ölçüm Sistemleri ile bu güvenilirliği uluslararası düzeyde sağlamaktadır.

Elektrik sayaçları ile birlikte enerji ölçümü, kontrolü ve monitör edilmesinde kullanılmakta olan akıllı sayaçlar, güç ve enerji analizörleri gibi cihazların kalibrasyonları da değişen ve gelişen üretim teknolojilerine uygun olarak ve ihtiyaç duyulan kalibrasyon doğruluklarının çok daha üzerinde ölçüm sistemleri geliştirilerek gerçekleştirilebilmektedir.

Ayrıca, elektrik enerjisi ölçümünün önemli bileşenlerinden olan ve uluslar arası standartlarca belirlenmiş kriterleri sağlanmaları gereken ölçü akım ve gerilim transformatörlerinin kalibrasyonları için de ölçüm standartları ve kalibrasyon sistemleri geliştirilmekte ve ülkemizin bu alandaki kalibrasyon ihtiyacı karşılanmaktadır.

### 2. ELEKTRİK SAYAÇLARI VE BAĞLI OLDUKLARI ÖLÇÜ TRANSFORMATÖRLERİ

Elektriğin son kullanıcıya doğru olarak ulaştırılması ve bunun karşılığında faturalanması doğrudan ölçmeye bağlıdır. Elektrik enerjisinin ölçümü ya elektrik sayacı ile doğrudan, ya elektrik sayacı ile birlikte akım transformatörü bağlanarak kısmen dolaylı olarak, ya da elektrik sayacıyla birlikte hem akım hem de gerilim ölçü transformatörleri bağlanarak dolaylı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Sayacın doğrudan kullanımı (evsel tüketimin ölçümünde kullanılan sayaçlar) haricindeki her iki durumda da ölçü transformatörlerinin sayaca hangi kriterlere göre bağlanması gerektiği uluslar arası standartlarda belirtilmiştir.

Enerji dağıtım hatlarının ve ölçüm istasyonlarının modernizasyonu ve ihtiyaç duyulan ek ölçme kriterleri nedeniyle, geleneksel elektromekanik sayaçlarının yerini hızlı bir şekilde elektronik elektrik sayaçları almaktadır. Elektronik sayaçların daha hassas ölçme kabiliyetleri yanında otomatik ölçüm yapabilmeye izin vermeleri ve otomasyon sistemleriyle kolay uyumlu hale getirilebilmeleri nedeniyle ve dolayısıyla enerji yönetimi için büyük kolaylık sağlanmaları nedeniyle bu modernizasyon tercihi önlenemez durumdadır.

Elektronik elektrik sayaçlarının geleneksel elektromekanik elektrik sayaçlara göre bir diğer üstün özelliği ise, doğrudan olmayan bağlantılarda yani ölçü akım ve gerilim transformatörleriyle birlikte kullanılmaları durumunda, özellikle akım transformatörlerinin sekonderlerini çok daha düşük bir düzeyde yüklüyor olmalarıdır.

TÜBİTAK UME Güç ve Enerji Laboratuvarı olarak, uzun yıllardır güç ölçümleri ile paralel olarak yürütülen ölçü akım ve gerilim transformatörleri ölçümlerinden elde edilen tecrübeler göstermiştir ki; son kullanıcıların sahip olduğu ve sayaçlara bağlanan indüktif yapıya sahip bu ölçü akım ve gerilim transformatörlerinin çok büyük bir kısmının dönüştürme oranları uzun yıllar boyunca aşağı yukarı değişmeden kalabilmekte ve çalışma doğrulukları üretim toleranslarını aşmamaktadır. Bununla birlikte, söz konusu ölçü transformatörleri yük değişimine duyarlıdır ve elektromekanik sayaçların elektronik elektrik sayaçlarla yer değiştirilmesiyle ortaya çıkan yük değişiminden etkilenmektedir.

Elektromekanik ve elektronik elektrik sayaçların sahip olduğu çalışma anındaki güç tüketimi ve buna bağlı güç faktörü ölçüm yöntemleri gibi elektriksel özellikleri birbirlerine benzemediği için ölçü transformatörlerinde oluşturdukları bu değişimin kendi ölçüm sonuçları üzerinde etkisi daha da artmaktadır.

Genel olarak, elektronik elektrik sayaçlarının güç tüketimi geleneksel elektromekanik sayaçlarınkine göre beş ile on kat daha düşük seviyelerdedir. Ayrıca, modern elektronik sayaçlar, aktif ve reaktif enerjiyi aynı anda ölçebilme yetenekleri sayesinde, birden fazla elektromekanik sayacın yerini alabilmekte ve böylece ölçü transformatörlerinin sekonder devrelerindeki çalışma yükleri daha da düşülmektedir. Özellikle akım transformatörlerine bağlı elektronik sayaçların çeşitli fonksiyonları nedeniyle transformatörlerle aralarındaki bağlantının oldukça kısa tutulmaları da göz önüne alındığında, ölçü akım transformatörlerindeki sekonder devrenin yükünde ilk kurulum yük değerlerinden bir hayli uzaklaşıldığı ve yük değerinin çalışma toleranslarının çok altında kaldığı görülebilmektedir.

### 3. ELEKTRİK SAYAÇLARI İLE ÖLÇÜ AKIM TRANSFORMATÖRLERİNİN YÜKLENMESİ

Çoğu durumda, ölçü akım transformatörlerinin sekonder devrelerine ya bir elektromekanik sayaç ya da bir elektronik elektrik sayacı bağlanmaktadır. Aşağıdaki tabloda verildiği üzere, elektronik elektrik sayaçları için uluslar arası standartlarla belirlenmiş olan güç tüketim limitleri elektromekanik sayaçlara göre çok düşük seviyelerdedir.

Sayaçlar	Gerilim devrelerine bağlı güç kaynağı	Gerilim devrelerine bağlı olmayan güç kaynağı
Gerilim devresi	2 W ve 10 VA	0,5 VA
Akım devresi	1 VA	1 VA
Yardımcı güç kaynağı	-	10 VA

Not 1 – Gerilim ve akım transformatörlerini sayaçlara uyumlaştırmak için sayaç imalatçısı yükün endüktif veya kapasitif olup olmadığını belirtmelidir.

Not 2 – Yukarıdaki rakamlar ortalama değerlerdir. Belirtilen bu değerlerin aşılması durumunda güç kaynaklarının anaraktlanması için verilir, ancak ilgili gerilim transformatörlerinin beyan değerlerinin uygun olması sağlanmalıdır.

Not 3 – Çok fonksiyonlu sayaçlar için IEC 62053-61'e bakılmalıdır.

Şekil 1: 0.2S ve 0.5S sınıfı Elektronik (Statik) Elektrik Sayaçları için TS EN 62053 Standardında belirtilen güç tüketimi limitleri

Bununla birlikte, ölçme akım transformatörlerinin sekonder yük tanımları halen geleneksel elektromekanik sayaçların güç tüketimleri göz önüne alınarak çok daha büyük yük değerleri için yapılmakta ve transformatör üreticileri de bu anma yük değerleri için tasarımlarını yapmaya devam etmektedir. Genellikle bu yük değerleri; 10 VA, 15 VA ve 20 VA değerlerinde yoğunlaşmakta ve üreticilerden bu yük değerlerinin çeyrek büyüklükleri (2,5 VA, 3,75 VA ve 5 VA) için de doğruluk sınıfını sağlamaları istenmektedir. Tasarımı yapılan ve üretilen ölçü akım transformatörleri anma akım değerlerinin % 5 - % 120 arasında (S sınıfı) ise anma akım değerlerinin % 1 - % 200 arasında tanımlanmış olan doğruluk sınıfı limitlerini aşmayacak yük toleranslarına sahiptir.

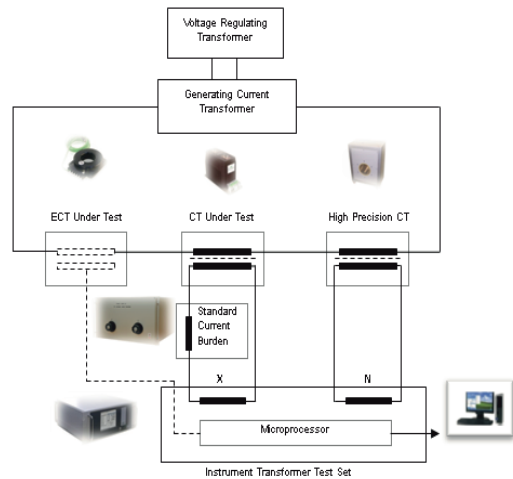
### 3.1. Sayaç akım devresinin güç tüketimi ve ölçü akım transformatörlerinde oluşan oran ve faz hataları

Şekil 1'de verilen standart limitleri göz önüne alındığında, 1VA gibi çok düşük güç tüketimine sahip elektronik elektrik sayacına bağlanacak olan akım transformatörlerinin hiçbir zaman tam yük değerinde çalışmayacağı ve düşük yükten kaynaklanacak dönüştürme oranı ve faz hatalarına sahip olacakları öngörülerek, hataların büyüklüğünün tespiti için laboratuvar ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.2. Ölçüm düzeneği ve ölçüm yöntemi

Sayaç tipine ve türüne göre değişen yük etkilerinin ölçü akım transformatörleri üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi amacıyla referans çok kademeli akım transformatörü, referans akım karşılaştırma köprüsü ve standart yük setinden oluşan otomatik akım kontrollü bir ölçüm sistemi kullanılmıştır.

Laboratuvar şartlarında herhangi bir ölçü akım transformatörüne ait oran hatasının % 0,05 ve faz hatasının 0,05 crad (0,2 dakika) belirsizlikle tespit edilebildiği bu kalibrasyon sistemi ile transformatörün yük değişiminden kaynaklanabilecek çok düşük hata değişimlerinin dahi ölçülerek kaydedilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 2: Akım Transformatörü Ölçüm Sistemi

Test ve ölçümler için akım transformatörü seçiminde aşağıdaki kriterler belirleyici olmuştur:

- Sekonder akım değeri ve sayaçlar için uyumluluğu,
- Doğruluk sınıfı,
- Anma yük değeri,
- Anma yük değerinin güç faktörü,
- Tam yük ve çeyrek yük hatalarındaki değişim,
- Anma akımının %5 - %120 arasındaki değişim.

Ölçümler ise, aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir:

- Akım transformatörünün anma yükünde,
- Akım transformatörünün anma yükünün çeyreğinde,
- Elektromekanik sayaç bağlanarak ya da karşılık gelen yük değerinde,
- Elektronik sayaç bağlanarak ya da karşılık gelen yük değerinde.

Ayrıca, birden fazla elektromekanik sayacın bağlanmak zorunda olduğu aktif ve reaktif enerji ölçümlerinin yalnızca bir elektronik sayacın bağlanabilmesiyle yapılabiliyor olmasından kaynaklanan hata değişimleri, akım transformatörü ile sayaç arasında kullanılan bağlantı kablolarının kesit farklılıklarının ve kablo uzunluğunun etkileri gibi parametreler için de ölçümler gerçekleştirilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bilindiği üzere, ölçü akım transformatörleri tasarımları ve çalışma prensipleri gereği, negatif akım hatasına sahip olurlar. Yapılan ölçümler göstermiştir ki, anma yükünün altında düşük yüklerle çalıştırılmaya zorlanan ölçü akım transformatörleri, örneğin bir elektronik elektrik sayacı bağlandığında, özellikle çalışma akımının % 10'undan itibaren pozitif akım hataları vermeye başlamaktadır.

Sahada kullanılmakta olan ve üretim toleransları belirli ve nispeten büyük yükler için tasarlanmış olan ölçü akım transformatörleri, sekonder devrelerine bağlanan elektronik elektrik sayaçlarından kaynaklanan standart dışı yüklerde çalışmaya zorlanmakta ve sonucunda ise üretim toleranslarının (tam yük ve çeyrek yük) çok altındaki bu yüklerin oluşturduğu pozitif yöndeki akım hatasını sayaçların enerji ölçümlerine doğrudan yansıtılmaktadır.

Oluşan bu hataların ve yanlış enerji okumaların düzeltilmesi için iki yol önerilebilir: birincisi ve pratik olanı, akım transformatörlerinin etiket yük değerlerinde toleransları içinde çalıştıkları kabul edilerek, sayaca bağlı oldukları kabloların kalınlığı-uzunluğu-malzemesi üzerinde değişiklikler yapılması suretiyle anma yük değerinin ayarlanması olacaktır. İkincisi ise; söz konusu akım transformatörlerinin mevcut düşük yükler altındaki oran ve faz hatalarının ölçülmesi ve elde edilen kompanzasyon değerlerinin sayaçlara girilmesi olacaktır. Her iki şekilde de, tüketilen enerjinin çok daha doğru ölçülmesi ve fatura bilgilerinin güvenilir olması sağlanabilecektir.

#### 5. KAYNAKÇA

- [1] TS EN 62053-11, Elektrik Ölçme Donanımı (a.a.) – Özel Kurallar – Bölüm 11: Elektromekanik Sayaçlar - Aktif Enerji için (Sınıf 0,5 – Sınıf 1 ve Sınıf 2).
- [2] TS EN 62053-22, Elektrik Ölçme Donanımı (a.a.) – Özel Kurallar – Bölüm 22: Statik Sayaçlar - Aktif Enerji için (Sınıf 0,2S ve Sınıf 0,5S).
- [3] TS 620 EN 60044-1, Ölçü Transformatörleri – Bölüm 1: Akım Transformatörleri.
- [4] TS 718 EN 60044-2, Ölçü Transformatörleri – Bölüm 2: Endüktif Gerilim Transformatörleri.
- [5] Hüseyin Çaycı, Özlem Yılmaz, "Ölçü Transformatörlerinin Kalibrasyonu ve Dikkat Edilmesi

Gereken Hususlar", 7'nci Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, s. 447-451, 30 Ekim - 01 Kasım 2008, İzmir.

- [6] Hüseyin Çaycı, "A Complex Current Ratio Device for the Calibration of Current Transformer Test Sets", *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. XVIII (2011), No. 1, pp. 159-164.
- [7] Hüseyin ÇAYCI, "Application of Digital Sampling Method for Voltage Transformer Test Set Calibrations", *IMEKO TC 4: 17'nci Sempozyum*, 8-10 Eylül 2010, Köse, Slovakia.
- [8] Hüseyin Çaycı, "Akım ve Gerilim Transformatörü Yükleri İçin Yeni Kalibrasyon Yöntemi", *Teknik Rapor, UME*, 2009.

# SOĞUK SU VE ISI SAYAÇLARININ İZLENEBİLİRLİĞİ VE TEKNİK GEREKSİNİMLER

## TRECEABILITY AND TECHNICAL REQUIREMENTS OF COLD WATER AND HEAT METERS

Başak Akselli

Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME)  
Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarları  
basak.akselli@tubitak.gov.tr

### ÖZETÇE

Bir ülkede yapılan ölçümlerin ulusal ölçme standartlarına izlenebilir olması, ölçümlerin uluslararası kurumlarca belirlenen kurallara göre yapılması, endüstride kullanılan ölçü aletlerinin kalibrasyonu, ayarlanması, piyasaya sürülen ürünlerin çeşitli standart, direktif veya kurallara uygun olarak üretilip pazarlandığının tescil edilmesi, o ülkenin metroloji dünyasında hangi seviyede olduğunun birer göstergesidir. Dolayısıyla su ve ısı sayaçlarının güvenilirliği için izlenebilirliklerinin ulusal standartlara bağlanması da zorunluluk teşkil etmektedir. Sayaçların hangi hata ve belirsizlik ile okuma yaptığı tüketiciler ve dağıtımclar için önem arz etmekte ve yasal metroloji kapsamında denetlenmektedir. Bu yüzden evlerimizde ve endüstride kullandığımız sayaçların hata ve belirsizliklerinin belirlenmesi için dağıtımclar ve sayaç üreticilerinde ulusal standartlardan izlenebilirliği aktaracak sistemin olması ve devamlılığının sağlanması önemlidir. Bu bildiri de temel izlenebilirlik çatısı ve tanımlar verilecek, su ve ısı sayaçlarında güvenilirliği sağlamak için gereksinimler anlatılacaktır.

### ABSTRACT

Being traceable to national measurement standards for the measurements in a country, performing measurement according to international standards, the calibration and adjustment of measurement devices used in industry, approving that the products are manufactured and marketed in certain directives and standards indicate the level of a country in the metrology area. Therefore the traceability of water and heat meters has to be based on national standards. It is very important for consumers and distributors that in which error and uncertainty the meters read, and it is checked within the context of legal metrology. For that reasons, the distributors and meter manufacturers must have the system which transfers the traceability from national standards to determine the errors and uncertainties of the domestic and industrial meters and have sustainability. In this paper basics of traceability and definitions are given, and the requirements for maintaining reliability of water and heat meters are explained.

### 1. GİRİŞ

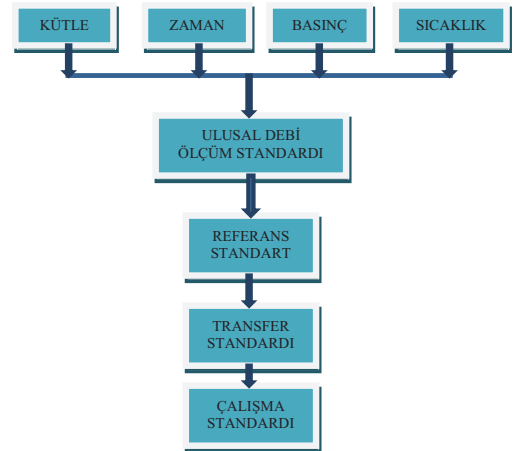
Hayatımızın her alanına girmiş olan ölçümlerin ne kadar doğru ve ne kadar güvenilir olduğunu bilmek isteriz. Ölçümlerin doğruluğunu kontrol etmek için, doğruluğunu bildiğimiz güvenilir referanslara ihtiyaç duyarız. Yapılan ölçümler elbette ki belirli bir aralıkta güvenilirdir. Bunu da “ölçüm belirsizliği”

ile sayısal değer olarak ifade ederiz. Ölçüm belirsizliği; ölçüm sonucu ile beraber yer alan ve ölçülen büyüklüğe, gerçek değerinin içinde bulunduğu değerler aralığına karşılık gelebilecek değerlerin dağılımını karakterize eden bir parametredir. Belirli koşullar altında bir ölçme cihazı veya bir ölçme sisteminin gösterdiği değerler ile bir maddi ölçüt veya bir referans malzemenin verdiği değerler arasındaki ilişkiyi kuran işlemler dizisi ise “kalibrasyon” olarak tanımlanır.

Başka bir ifadeyle kalibrasyon; bir ölçme cihazının göstergesinin, ölçülen büyüklüğün gerçek değerinden sapmasını belirlemek ve belgelendirmek anlamını taşır. Kalibrasyon, pasif bir gözlemdir ve ayar işlemi içermez.

Bir ölçüm sonucunun veya bir ölçüm standardının değeri, tamamının ölçüm belirsizliği belirlenmiş olan belirli referanslarla (genellikle ulusal veya uluslararası standartlarla) kesintisiz bir karşılaştırmalı ölçüm zinciri ile ilişkilendirilir (Şekil 1). Ölçme cihazının gösterdiği ölçüm değeri ile ilgili ölçme büyüklüğünün ulusal standartla karşılaştırılması kademeler halinde sağlanır. Kademelerin her birinde, ölçme cihazı; ölçüm sapması daha önceden bir üst seviye standartla kalibre edilerek belirlenmiş bir standart ile karşılaştırılır ve yaptığı hata belirlenir.

Bu bağlamda ulusal standart, bir ülkede resmi olarak tanınmış ve ülkedeki diğer tüm standartlar için değeri referans teşkil eden yüksek doğruluklu standarttır. Ulusal standartlar, her ülkenin ulusal metroloji enstitülerince veya muadili kuruluşlarca oluşturulur ve muhafaza edilir.



Şekil 1: Su debi ölçümü için izlenebilirlik zinciri örneği.

Akredite olmuş laboratuvarın ve diğer kuruluşların ölçüm yerlerinde bulunduran ve buralarda yapılan ölçümler için değeri referans teşkil eden yüksek doğruluklu standartlar “referans standart” olarak adlandırılır. Referans cihazların genişletilmiş belirsizliği, müsaade edilen hatanın  $1/5$ 'ni ve hatası da yine müsaade edilen hatanın  $1/3$ 'ünü geçemez. Referans standartların birbirleri ile karşılaştırılabilmesi için kullanılan ve genellikle taşınabilir özelliklere sahip standartlar ise “transfer standardı”dır. Son olarak; referans standartları ve uygun ölçme cihazları ile kalibrasyonu yapılmış, günlük kalibrasyon ve kontrol işlemlerinde kullanılan, nispeten daha düşük doğruluğa sahip standartlar ise “çalışma standardı” olarak adlandırılırlar.

## 2. SU SAYAÇLARI KALİBRASYONU

Günlük hayatımızda sıkça kullandığımız su sayaçlarının belirli hata sınırları içinde çalışması beklenmektedir. 2004/22/AT Ölçü Aletleri Yönetmeliği ile bildirilen, soğuk su sayaçlarının müsaade edilebilir en yüksek hata değerleri, aşırı debi ( $Q_4$ ) ile geçiş debisi ( $Q_2$ ) arasındaki debilerdeki hacimler için pozitif veya negatif olarak:

$\leq 30$  °C'de su için % 2 ,  $> 30$  °C'de su için % 3' dir.

Minimum debi ( $Q_1$ ) ile geçiş debisi ( $Q_2$ ) ( $Q_2$  hariç) arasındaki debilerdeki hacimler için pozitif veya negatif olarak, her sıcaklıktaki su için % 5'dir.

Bu ölçüm hatalarının kontrolü referans debi ölçüm sistemleri ile gerçekleştirilir. Su sayaçları kalibrasyonları, kütleli veya hacimsel su debi ölçüm sistemleri ile yapılabilir. Bunlar içinde de farklı çalışma prensiplerine sahip olan alt gruplar vardır.

### 2.1. Kütleli Su Debi Ölçüm Sistemleri

Kütleli sistemler, statik ve dinamik olmak üzere iki farklı çalışma prensibine sahiptir.

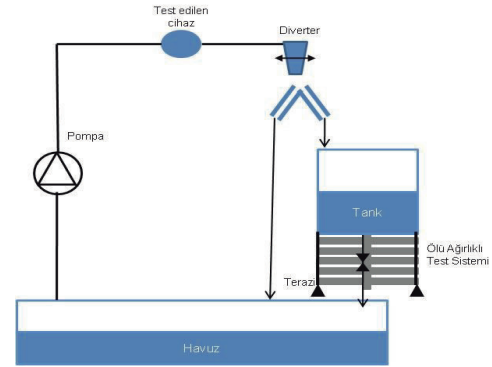
Statik tartım metodunda sıvı akışkanın kütleli debisi direkt olarak hesaplanır. Şekil 2'de görüldüğü gibi statik tartım metodunda kullanılan sistem; bir tank, tartım sistemi (terazi/loadcell), diverter, zaman ölçüm düzeneği, besleme tankı (ya da havuz), pompa ve vanalardan oluşur. Besleme için taşmalı sabit seviye tankı kullanılabilceği gibi, şekilde gösterildiği gibi doğrudan pompalar ile de besleme yapılabilir. Dinamik tartım metodunun farkı, sistemin akış yönlendirici (diverter) kullanılmaması, yani akışı ölçüm alınmayan zamanlarda kesmesidir. Bu durumda, açma-kapama şeklinde çalışan bir vana kullanılır. Zaman ölçümü yapılacaksa, bu işlem vanadan sinyal alınarak yapılır.

Tartım cihazı olarak gerekli hassasiyeti, kararlılığı ve tekrarlanabilirliği sağlayan mekanik veya strain-gaugeli load-celler kullanılabilir. Tartım sisteminin kurulmasından sonra tüm ölçüm aralığı boyunca standart ağırlıklar ile tartım cihazının kalibrasyonunun yapılması gerekir. Sistemin iç kalibrasyonunu gerçekleştirmek için ölü ağırlıklardan oluşan bir kalibrasyon sistemi kurulması da mümkündür.

Diverterin görevi; ölçüm yapılmadığı zamanlarda sıvıyı bypass ederek besleme havuzuna/tankına göndermektir. Böylece akış kesilmez ve süreklilik sağlanır. Başlangıç ve bitiş arasında debi değişiminden sakınılmış olunur. Ölçüme başlanmadan önce ilk tartım  $m_0$  alınır ve diverter sıvıyı tanka yönlendirdiği anda zaman sayımı başlatılır. Sayaçtan geçen sıvı istenen belirsizliği verebilecek miktara ulaşıncaya kadar diverter vasıtasıyla terazi üzerindeki tankta toplanır. Ölçüm bittiğinde, yani diverter by-pass'ı sıvıyı verdiğinde, zaman

sayımı durdurulur ve terazi durağan hale geldiğinde son tartım  $m_1$  alınır. Sıvı by-pass'dan geçerek akmaya devam eder. İlk ve son tartımlar arasındaki fark ( $\Delta m$ ) alınıp, sayılan zamana ( $t$ ) bölünerek kütleli debi bulunur [1].

Kütleli debinin, ölçülen veya hesaplanan sıvının yoğunluğuna bölünmesi ile de hacimsel debi bulunur. Ancak bu durumda sıvının tartım anındaki yoğunluğunu gerekli hassasiyette tespit etmek gerekir. Eğer sıvımız saf ve temiz ise sadece sıcaklığını ölçüp tablolardan yoğunluk değerini elde edebiliriz. Sıcaklık ölçümü için herhangi bir sıcaklık ölçer kullanabiliriz. Sıvımızın su olması durumunda, sıcaklıktaki  $0,5$  °C'lik belirsizlik, yoğunlukta  $10^{-4}$ 'ten daha az bir hataya neden olmaktadır [1].

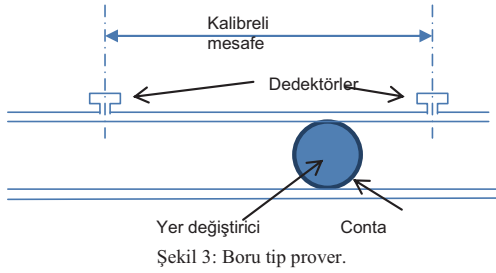


Şekil 2: Kütleli su debi ölçüm sistemi.

Sistemde zaman sayımı akış yönlendiricinin açılıp kapanması ile başlar ve sona erer. Bu yüzden, sistemde kullanılan akış yönlendiricinin açılması ve kapanması arasında geçen zamanın birbirine çok yakın olması gerekmektedir. Çünkü zamanın saymaya başladığı an ile vananın tam açıldığı anlar farklıdır. Aynı şekilde ölçüm bitirme komutu verildiğinde, zaman sayıcı hemen duracak, ancak vananın tamamen kapanması belli bir zaman alacaktır. İşte bu iki zaman farkının eşit olması durumunda hatalar minimuma inecektir.

### 2.2. Hacimsel Su Debi Ölçüm Sistemleri

Hacimsel yöntemlerde, hacim tankları ya da pistonlu veya benzer yapıda bilinen hacme sahip sürekli veya kesikli sistemler kullanılır. Bunlara genellikle “prover” adı verilir. Bunlardan “pipe prover”, temel olarak bir boru, bir küre/piston(yer değiştirici) ve yer değişimini algılayan sensörlerden oluşur. Yer değiştiren kısım piston ise, elastomer conta ile kullanılmaktadır. Ancak çoğu boru tip proverlarda, yer değiştiren kısım elastomerden yapılmış bir küredir. Sızdırmazlığın iyi sağlanması için, boru iç yüzeyinin çok iyi işlenmiş olması gerekmektedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi; iki veya daha fazla noktada dedektörler boru duvarına sabitlenmiştir. Bu dedektörler yer değiştiriciyi gördüğünde bir elektrik sinyali verir. İlk dedektör sinyali zaman sayıcıyı başlatmak, ikincisi de durdurmak için kullanılır[2]. Bilinen miktardaki hacim, sıvının geçiş süresine bölünerek hacimsel debi hesaplanır.

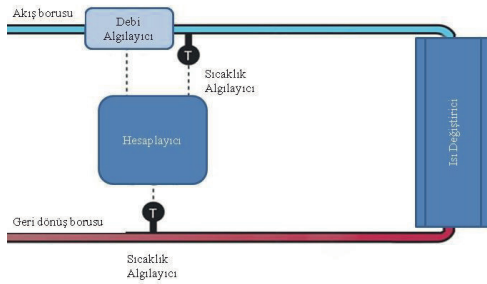


Şekil 3: Boru tip prover.

### 3. ISI SAYAÇLARI

Isı değıştirici tesisatlarında ısı taşıyıcı akışkan olarak da adlandırılan sıvı tarafından alınan (soğutma) veya verilen (ısıtma) ısıyı ölçmesi için tasarlanan ölçü aletleri "ısı ölçer" olarak adlandırılır. Günümüzde merkezi ısıtma sistemlerinin kullanıldığı gerek ev gerekse sanayide faturalandırmanın kullanıma göre yapılması için ısı ölçerler kullanılmaktadır.

Isı ölçerler üç kısımdan oluşur: Debi algılayıcısı, sıcaklık algılayıcı çift ve hesaplayıcı. Debi algılayıcısı; bir ısı değıştirici sisteminin gidiş ve dönüş hattında ısı taşıyan sıvının aktığı ve hacmin veya kütlelen bir fonksiyonu olarak hacimsel veya kütleli debi sinyali gönderen kısımdır. Sıcaklık algılayıcı çift, gidiş ve dönüş hattında, ısı taşıyıcı sıvının sıcaklıklarını algılayan kısımdır. Debi ve sıcaklık algılayıcılarından sinyal olarak ısı değışim miktarını hesaplayan ve gösteren kısım da hesaplayıcıdır (Şekil 4).



Şekil 4: Isı ölçer hattı bileşenleri.

Debi algılayıcı kısmın performans testleri, Bölüm 2.1 ve 2.2'de bahsedilen yöntemlerle yapılabileceği gibi, referans sistem olarak hassas bir debimetre de kullanılabilir. Bunun için sayacın sınıfına uygun olarak standartlarda belirtilen debilerde ve ısıtma sistemleri için kullanılan tüm debi algılayıcı tipleri için üç farklı sıcaklıkta testler yapılır. Manyetik debimetreler söz konusu olduğunda suyun iletkenliği de ölçülür ve sertifikada not edilir[3,4].

Hesaplayıcının performans testleri de, hem ısıtma hem de soğutma uygulamalarında 3 farklı sıcaklıkta yapılır. Ayrıca, sıcaklık algılayıcı çiftler, standartlarda belirtilen sıcaklıklarda, cepler olmadan ve ceplerle deneye tabi tutulur.

Isı ölçerlerle bir ısı değışim tesisatında değıştirilen ısının belirlenmesi için, ısıyı taşıyan sıvının tipi ve ısı iletim katsayısı dikkate alınmalıdır. Isı iletim katsayısı; basınç, akış sıcaklığı ve dönüş sıcaklığının ölçülebilir fiziksel miktarlarının bir fonksiyonudur.

Isı ölçerlerde müsaade edilebilir en yüksek hata değeri (MEH); hesaplayıcı, sıcaklık algılayıcı çift ve debi algılayıcısının müsaade edilebilir en yüksek hatalarının toplamı alınarak hesaplanır. Hesaplayıcı için MEH,  $E_c = \pm(0,5 + \frac{\Delta\theta_{en\ d\usuk}}{\Delta\theta})$ , sıcaklık algılayıcı çift için MEH,  $E_t = \pm(0,5 + 3 \times \frac{\Delta\theta_{en\ d\usuk}}{\Delta\theta})$  olarak alınır.

Debi algılayıcı için 3 farklı sınıfa göre MEH değeri vardır:

Sınıf 1 için,  $E_f = \pm(1 + 0,01 \times \frac{q_p}{q})$ , ancak,  $\pm\%$  5'ten fazla olmamalıdır.

Sınıf 2 için,  $E_f = \pm(2 + 0,02 \times \frac{q_p}{q})$ , ancak,  $\pm\%$ 5'ten fazla olmamalıdır.

Sınıf 3 için,  $E_f = \pm(3 + 0,05 \times \frac{q_p}{q})$ , ancak,  $\pm\%$ 5'ten fazla olmamalıdır.

Burada, sabit debi,  $q_p$ , ısı ölçerin müsaade edilebilir en yüksek hatalar aşılması, üzerinde çalışılabileceği en yüksek debidir. Sıcaklık farkının alt sınırı,  $\Delta\theta_{en\ d\usuk}$ , müsaade edilebilir en yüksek hatalar aşılması ısı ölçerin işlevini yerine getirebileceği en düşük sıcaklık farkıdır.

Son olarak ısı ölçerin müsaade edilebilir en yüksek hatası,  $E = E_f + E_t + E_c$  olarak hesaplanır.

### 4. SONUÇLAR

Soğuk su sayaçları ve ısı sayaçlarının ölçüm güvenilirliğinin sağlanması için öncelikle ilgili referans sistemlerin kurulması ve bu sistemlerin izlenebilirliklerinin sağlanması gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen güvenilirlik düzeylerinin sağlanmış olması hem tüketici hem de üreticiler açısından önemlidir. Günümüzde bu tür test ihtiyaçlarını karşılayacak ikincil seviye laboratuvarların artması ile su sayaçları ile ilgili kullanıcılara sağlanan teknik destek de yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu ölçümlere cevap veren ve ulusal standartlara izlenebilir sistemlere her zaman ihtiyaç duyulacaktır. Ancak dikkat edilmesi gereken bir başka önemli nokta da, ölçüm yapan yerler ve ölçüm sayısı arttıkça yapılan ölçümlerin kalitesinin düşmemesidir.

### 5. KAYNAKÇA

- [1] ISO 4185-1980, Measurement of Liquid Flow in Closed Conduits-Weighing Method.
- [2] Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 4- Proving Systems, Section 8-Operation of Proving Systems.
- [3] TS EN 1434-1, Isı Ölçerler-Bölüm 1:Genel Özellikler.
- [4] OIML R 75-1 Heat Meters, Part 1: General Requirements.