

AC BÜYÜKLÜKLERİN AC/DC TRANSFER STANDARTLARI İLE ÖLÇÜLMESİ

Züleyha Düz¹, Mehedin Arifoviç²

¹TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Pk:21 41470 Gebze-KOCAELİ
Tel: 0 262 646 63 55 E-Mail: zuleyha@ume.tubitak.gov.tr

²TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Pk:21 41470 Gebze-KOCAELİ
Tel: 0 262 646 63 55 E-Mail: mehedin@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

AC büyüklüklerin ölçülmesinde en yüksek doğruluğu verecek olan yöntem, DC gerilim ile rms değeri bu DC gerilim değerine eşit AC gerilimin bir direnç üzerine uygulanması halinde, direnç üzerinde harcanacak gücün eşit olacağı prensibine dayanmakta ve "AC/DC Transfer Standartları" olarak adlandırılan arabirimlerin kullanımını gerektirmektedir.

AC gerilim değeri, bu gerilim ile doğruluğu bilinen ve AC rms değerine eşit DC gerilimin ardışık olarak ve sırayla bir Transfer Standardın girişine uygulanması ve standardın çıkışında AC ve DC gerilim için elde edilen DC gerilim değerlerinin, birbirlerine eşit oluncaya kadar, girişe uygulanan DC gerilimin ayarlanması ile belirlenir. Böylece DC gerilim değerinin izlenebilirliği, AC gerilime aktarılmış olur.

AC Akım kalibrasyonu ise, ölçülecek olan AC Akımın rms değeri ile bilinen DC Akım değerinin bir AC/DC şönt üzerine uygulanması ve şönt çıkışında elde edilen AC ve DC gerilim değerlerinin, AC gerilim ölçümü için uygulanan yöntem ile karşılaştırılması suretiyle gerçekleştirilir.

Bildiride, birinci seviyede AC ölçümlerde kullanılan standartlar ile AC gerilim ve AC akım kalibrasyon sistemleri hakkında ayrıntılı bilgiler sunulacaktır.

Anahtar Sözcükler : AC/DC Transfer Standardı, AC/DC Transfer Farkı

GİRİŞ

Dijital elektronik teknolojisindeki gelişmelerin cihaz yapımı üzerindeki etkilerinden dolayı, her geçen gün daha yüksek doğruluklu cihazlar üretilmekte buna paralel olarak da ölçüm biliminde (metroloji), bu cihazları kalibre edebilme yeteneğine sahip yeni standart arayışları ortaya çıkmaktadır. Geride bıraktığımız süreç içerisinde, yüksek doğruluklu ve değişen ihtiyaçlara cevap verebilecek standart arayışlarına yönelik çalışmalar sonucunda, bugün farklı yapıda pek çok standartla karşılaşılmaktadır.

AC büyüklüklerin ölçümlerinde kullanılan standartlar da çalışma prensiplerine bağlı olarak, doğruluk bakımından birbirlerinden farklılıklar gösterirler. Bugün geline nokta göstermektedir ki, AC ölçümlerinde en yüksek doğruluk, AC/DC Termal Transfer Standartları kullanılarak sağlanmaktadır.

AC/DC Transfer Standartlarıyla gerçekleştirilen ölçümlerde yöntem, ideal bir sinüs dalgasının bir direnç üzerinde oluşturduğu ortalama güç ile, aynı direnç üzerine DC gerilim uygulandığında harcanan ortalama gücün karşılaştırılmasıdır.

AC/DC TRANSFER STANDARTLARI

Bilindiği gibi, AC elektriksel büyüklükler SI birimleri ile doğrudan tanımlanamadıklarından, AC büyüklüğün karakteristik bir özelliğinin, ölçülebilir bir DC büyüklük ile bilinen ve hesaplanabilir bir şekilde ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Böylece AC elektriksel büyüklüklerin izlenebilirliği, DC büyüklükler üzerinden sağlanmaktadır. Bu şekilde direnç ve Josephson DC Gerilim Standardı^[1] kullanılarak, 10^{-9} 'lar gibi yüksek doğruluklarla, birincil seviyede elde edilebilen DC gerilim üzerinden sağlanan DC gerilim ve DC Akım doğrulukları AC ölçümlere aktarılmaktadır.

DC gerilim izlenebilirliğinin AC büyüklüklere aktarılmasında en yüksek doğruluk, AC/DC Termal Transfer Standartları^[2] kullanılarak elde edilmektedir. Bu standartlarının kullanılmasındaki temel prensip, AC rms gerilim değerinin bir direnç üzerinde oluşturduğu gücün, aynı direnç üzerinde bilinen DC gerilimin oluşturduğu güce eşit olması halinde, uygulanan AC rms gerilim değerinin, bilinen DC gerilim ile eşit olacağıdır.

AC/DC Transfer Standartları, çıkışlarında, girişlerine uygulanan DC veya AC gerilim ile orantılı DC gerilim veren cihazlar olup, ısı çift ve elektronik yapıları guruplandırılmaktadırlar. Isıl çift yapıları transfer standartları ise kendi arasında, yapısal bazı farklılıklarından dolayı, tek-eklem ısı çift dönüştürücüler (single-junction thermal converter/SJTC) veya çoklu-eklem ısı çift dönüştürücüler (multi-junction thermal converter/MJTC) olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Günümüzde, çoklu-eklem ısı çift dönüştürücüler birincil seviyede standartlar olarak kullanılmaktadırlar.

Bir direnç üzerine, DC gerilim ve rms değeri bu DC gerilime eşit AC gerilim uygulanması halinde, Joule Yasasına göre oluşacak gücün, dolayısıyla bu güçle orantılı olarak direnç üzerine yayılacak ısının birbirine eşit olması beklenir. Ancak AC/DC Transfer Standartlarının, teoride temel aldığı bu eşitlik, farklı bazı etkilerden (Thomson, Peltier, Skin etkileri gibi) dolayı sağlanamamaktadır. Bu etkenlerin toplam etkisi, AC/DC transfer farkı olarak adlandırılmakta ve formül (1) kullanılarak hesaplanmaktadır;

$$\delta(v) = \frac{V_{ac} - V_{dc}}{V_{dc}} \quad (1)$$

$\delta(v)$: AC/DC Gerilim Transfer Farkı

V_{ac} , V_{dc} : Transfer Standardı girişine uygulanan ve çıkışta aynı DC çıkış gerilim değerini sağlayacak olan AC rms ve DC gerilim değerleridir.

AC akım ölçümlerinde ise AC/DC Transfer Standardı'nın girişine uygun bir şönt paralel olarak bağlanarak, akım için gerekli AC/DC Transfer Standardı oluşturulmaktadır. Bu kombinasyonun AC/DC Akım Transfer Farkı, formül (2) kullanılarak hesaplanmaktadır;

$$\delta(i) = \frac{I_{ac} - I_{dc}}{I_{dc}} \quad (2)$$

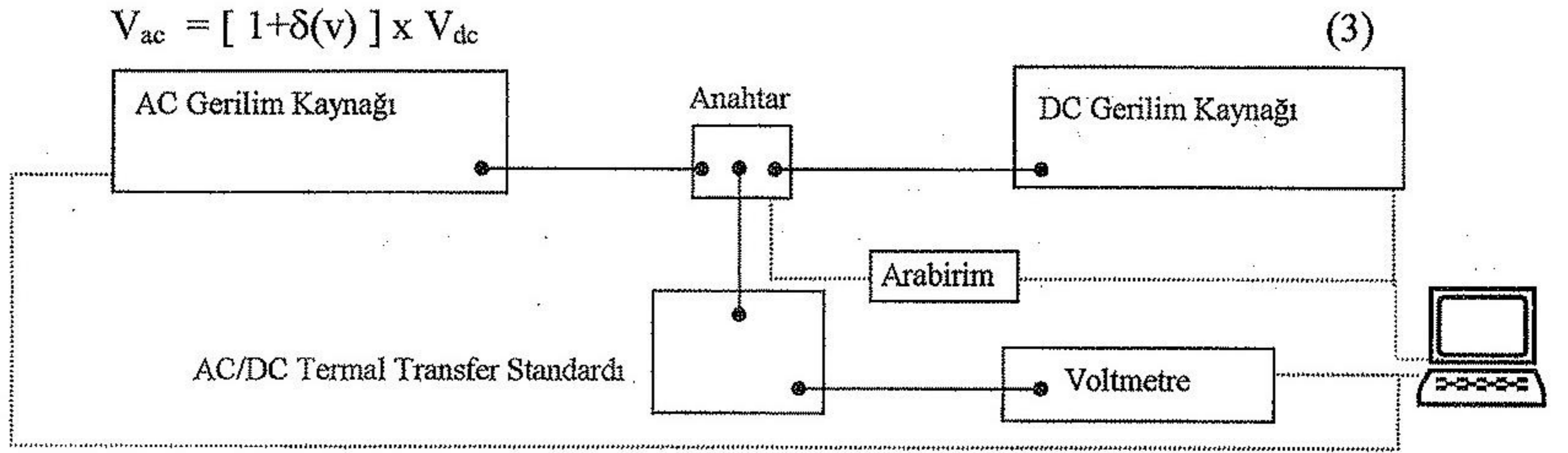
$\delta(i)$: AC/DC Akım Transfer Farkı

I_{ac}, I_{dc} : Transfer Standardı girişine bağlı şönte uygulanan ve Transfer Standardı çıkışında aynı DC çıkış gerilim değerini sağlayacak olan AC rms ve DC akım değerleridir.

Yukarıda formüle edilmiş olan AC/DC akım ve gerilim transfer fark değerleri, kalibrasyon sertifikalarında belgelenmekte olup, AC akım ve gerilim ölçümlerinde kullanılan temel parametrelerdir.

AC GERİLİM KAYNAĞI KALİBRASYONU

AC gerilim kaynağı kalibrasyonu, AC/DC Transfer Standardı kullanılarak, AC kaynaktan uygulanan gerilimin hatasının, formül (3) yardımıyla, değeri bilinen DC gerilim ve referans AC/DC Transfer Standardının AC/DC gerilim transfer farkı değerleri kullanılarak belirlenmesi suretiyle gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1. AC Gerilim Kaynağı Kalibrasyon Sistemi

UME Gerilim Laboratuvarı'nda, AC gerilim kalibrasyonları için kullanılmakta olan ölçüm sistemi Şekil 1' de şema halinde verilmiştir.

Bu sistem, şekilde de görüldüğü üzere, referans AC/DC Transfer Standardı, bu standarda bir anahtar üzerinden bağlı referans DC ve kalibre edilmek istenen AC gerilim kaynağı ile AC/DC Transfer Standardının DC çıkış gerilimini ölçecek bir voltmetreden oluşmaktadır. Bu sistem kullanılarak, DC gerilim kaynağı ve AC/DC Transfer Standardı referans alınmak suretiyle, DC gerilim doğruluğu AC gerilime aktarılmaktadır.

Sistemde kullanılan AC/DC transfer Standardı elektronik yapılı Fluke 792A olup, elektronik yapılı transfer standartların özelliklerinden dolayı, daha kısa "settling time", yüksek DC çıkış gerilimi ve düşük AC gerilimlerde kullanılabilmesi gibi avantajlara sahiptir.

Ölçüm prosedürü, aşağıda adımlar şeklinde verilmiştir;

- Şekil 1' de görülen bağlantılar gerçekleştirildikten sonra anahtar başlangıç için AC konumuna alınır ve kalibre edilecek AC kaynaktan, AC gerilim (V_{ac}) uygulanır. Transfer Standardı çıkışındaki DC gerilim değeri voltmetreden gözlenerek, bu değer kararlı hale gelinceye kadar beklenir.
- Transfer Standardının DC çıkış gerilimi ölçülerek kaydedildikten sonra, anahtar hızlı bir şekilde DC konumuna alınır ve referans DC kaynaktan AC gerilimin rms değerine eşit,

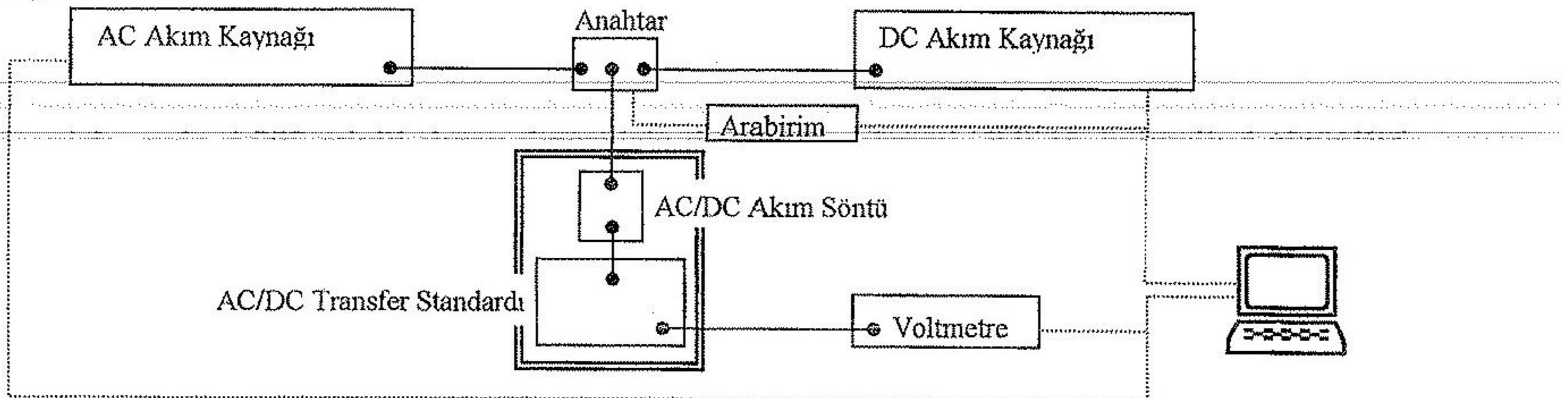
doğruluğu bilinen DC gerilim uygulanır. Dikkat edilmesi gereken nokta, anahtarın konumu dikkate alınmaksızın, AC ile DC değerlerin sisteme uygulanması arasındaki geçiş süresinin çok kısa tutulması gerekliliği nedeniyle, her iki kaynağında sürekli "ON" konumunda olmasıdır.

- Transfer Standardı çıkışı karalı hale geldiğinde voltmetre üzerinde, daha önce okunan AC gerilimin Transfer Standardı çıkışına eşit bir değer görülene kadar, referans DC Kaynaktan uygulanan gerilim üzerinde değişiklik yapılır ve sonuç kaydedilir.
- Aynı yöntemle, DC ters polaritede de uygulanan gerilim değeri tespit edilerek, bu iki değer ortalaması (V_{dc}) alınır.
- Belirlenen V_{ac} ve V_{dc} ile gerekli formül (1) kullanılarak hesaplanan transfer farkına, Transfer Standardının transfer farkı da katılarak, kalibre edilen AC gerilim kaynağının hatası belirlenir.

Bu şekilde AC gerilim kalibrasyonu, 10 mV' tan 1000 V' a kadar 10 Hz-1MHz frekans bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Bu ölçümleri etkileyen temel belirsizlik kaynakları, büyük oranda DC kaynağın ve AC/DC Transfer Standardının belirsizlik değerleridir. Ayrıca AC ölçümlerinde belirsizlik açısından dikkat edilmesi gereken önemli bazı noktalar vardır; sistemde kullanılan bütün cihazların bir noktada topraklanmış olması ve bağlantılarının mümkün olduğunca kısa tutulması gibi. Bu şartlar altında, AC gerilim ölçümlerinde elde edilebilecek en düşük belirsizlik 10^{-6} mertebesindedir.

AC AKIM KAYNAĞI KALİBRASYONU

AC Akım kaynağı kalibrasyonunda da, AC gerilim kaynağı kalibrasyonunda olduğu gibi AC/DC Transfer Standartları kullanılmakta olup, standart girişine uygulanacak akım, daha önce bir şönt vasıtasıyla gerilime çevrilmektedir. Bu şekilde oluşturulması gereken sistem, Şekil 2' de gösterilmekte olup, AC/DC Transfer Standardı ile AC/DC Akım Şöntü kombinasyonundan oluşan ve şekilde çift-çizgi ile gösterilen kısım, AC/DC Akım Transfer Standardı gibi davranmaktadır. Bu kombinasyonun hesaplanan AC/DC Akım Transfer Farkı, sertifikalandırılmakta ve AC akım değeri, formül (4) yardımıyla, DC akım üzerinden hesaplanmaktadır.



Şekil 2. AC Akım Kaynağı Kalibrasyon Sistemi

$$I_{ac} = [1 + \delta(i)] \times I_{dc} \quad (4)$$

Ölçüm prosedürü, aşağıda adımlar şeklinde verilmiştir;

- Şekil 2' de görülen bağlantılar gerçekleştirildikten sonra anahtar başlangıç için AC konumuna alınır ve kalibre edilecek AC kaynaktan AC akım (I_{ac}) uygulanır. AC/DC Transfer Standardı – AC/DC akım şöntü kombinasyonu çıkışındaki DC gerilim değeri voltmetreden gözlenerek, bu değer kararlı hale gelinceye kadar beklenir.
- Transfer Standardının DC çıkış gerilimi ölçülerek kaydedildikten sonra, anahtar hızlı bir şekilde DC konumuna alınır ve referans DC kaynaktan AC akımın rms değerine eşit, doğruluğu bilinen DC akım uygulanır. Dikkat edilmesi gereken nokta, anahtarın konumu dikkate alınmaksızın, AC ile DC değerlerin sisteme uygulanması arasındaki geçiş süresinin çok kısa tutulması gerekliliği nedeniyle, her iki kaynağında sürekli “ON” konumunda olmasıdır.
- Transfer Standardı çıkışı karalı hale geldiğinde voltmetre üzerinde, daha önce okunan AC akımın Transfer Standardı çıkışına eşit bir gerilim değeri görülene kadar, referans DC Kaynaktan uygulanan akım üzerinde değişiklikler yapılır ve sonuç kaydedilir.
- Aynı yöntemle, DC ters polaritede de uygulanan akım değeri tespit edilerek, bu iki değer ortalaması (I_{dc}) alınır.
- Belirlenen I_{ac} ve I_{dc} ile gerekli formül (2) kullanılarak hesaplanan transfer farkına, AC/DC Transfer Standardı–AC/DC akım şöntü kombinasyonunun transfer farkı da katılarak, kalibre edilen AC akım kaynağının hatası belirlenir.

SONUÇ

AC büyüklüklerin birinci seviyede kalibrasyonları, AC/DC Transfer Standardları kullanılarak gerçekleştirilmekte ve bu şekilde yüksek doğrulukta DC izlenebilirliği, AC/DC Transfer Standardının doğruluğuna bağlı olarak AC büyüklüklere aktarılmaktadır.

Bildiride, birinci seviyede AC ölçümlerde kullanılan standartlar ile AC gerilim ve AC akım kalibrasyon sistemleri ve bu sistemlerin uygulamalarında dikkat edilmesi gereken noktalar hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Ancak AC elektriksel büyüklüklerin kalibrasyonlarında ölçümlerin, her bir gerilim veya akım noktası için pek çok frekans değerinde tekrarlanarak gerçekleştirilmesi ve yapılan her ölçümün aynı periyotlara sahip olması gerekliliği, kalibrasyon işlemini uzatmakta, ve buna paralel olarak kalibrasyonu yapacak kişinin dikkatinin dağılmasına yol açabilmektedir. Gerek ölçüm aralıklarının yüksek doğrulukta belirlenebilmesi ve ölçüm prosedürünün kişiden kaynaklı hatalardan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmesi, gerekse zamandan kazanım gibi önemli etkenlerden dolayı bu ölçümler için bugün pek çok laboratuvarında, otomatik kalibrasyon sistemleri tercih edilmektedir. Otomatik sistem için kullanılan prosedürde, herhangi bir farklılık söz konusu değildir.

REFERANSLAR

- [1] Selçik, S., Akyel, B., Gutmann, P., “The 10V Fixed Frequency Josephson Voltage Standard at UME-Ulusal Metroloji Enstitüsü”, CPEM Digest, 1998, s.556-557
- [2] Selçik, S., “AC Gerilim Standartları ve AC Gerilim İzlenebilirliği”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası 1. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, 1995, s.1-7