

## UME'DE ISIL ÇEVİRİCİ YAPIMI ve AC/DC TRANSFER SİSTEMİ OTOMASYONU

*Mehedin ARİFOVİÇ, Züleyha DÜZ*

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

### ÖZET

Yüksek doğrulukta ac gerilim ve akım ölçümleri ısıt çeviriciler kullanılarak gerçekleştirilirler. UME Gerilim Laboratuvarı'nda bu ölçümlerde referans standart olarak kullanılmak üzere tek-eklemli ısıt çeviriciler üretilmektedir. Yapısında ısıt-çift sensör bulunduran bu standartların ac/dc transfer fark değerleri, standartların UME primer standartları ile karşılaştırılmaları suretiyle belirlenmektedir.

Ac/dc transfer ölçümleri, uzun zaman aldıkları ve özel prosedürlere ihtiyaç duydukları için, bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilirler. UME'de de bu amaçla yeni bir yazılım ve ölçüm sistemi oluşturulmuştur. Yazılım oluşturulurken, kullanım kolaylığı, ölçümlerin raporlanması gibi noktaların yanı sıra, operatörün hata yapabileceği noktalarda uyarı mesajları ile oluşabilecek hataların önlenmesine ayrıca önem verilmiştir.

Bildiride, UME Gerilim Laboratuvarı tarafından hazırlanan bilgisayar kontrollü ac/dc transfer sistemi ile UME yapımı ısıt çeviriciler anlatılmakta, ve bu çeviricilerin ölçüm sonuçları değerlendirilmektedir.

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

### GİRİŞ

Ac-dc transfer standartları, ac elektriksel büyüklükler (gerilim ve akım) ile SI birimleri arasında gerekli olan bağın kurulması için, bu büyüklüklerin bilinen ya da ölçülebilir bir yolla dc büyüklükler ile ilişkilendirilmelerini sağlamak üzere kullanılırlar. Bu doğrultuda günümüze değin geliştirilmiş olan standartlar arasında, ac büyüklüklerin rms değerleri ile dc büyüklüklerin karşılaştırılmasında kullanılan Isıt Çeviriciler en yüksek doğruluğa sahip cihazlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Isıt Çeviricilerin çalışması, bir direnç üzerine uygulanan ac büyüklük ile bu ac büyüklüğün rms değerine eşit dc büyüklüğün, bu direnç üzerinde oluşturacakları ısının aynı olacağı prensibine dayanmaktadır. Ancak teorik yaklaşımlar ve deneysel araştırmalar sonucunda, ısıt çeviricilerin ac ve dc sinyale karşı tepkilerinde, ac sinyalin frekansına bağlı olarak  $10^{-6}$  seviyelerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Ac-dc transfer farkı olarak adlandırılan bu farklılıklar ısıt çeviricilerin en önemli parametreleridir. Aşağıda ac-dc transfer fark değeri için kullanılan formül verilmektedir.

$$\delta = \frac{Q_{ac} - Q_{dc}}{Q_{dc}}$$

Burada  $Q_{ac}$ , ac giriş sinyali (gerilim veya akım),  $Q_{dc}$  her iki polaritede uygulandığında oluşan çıkışların ortalamasının  $Q_{ac}$ 'nın oluşturduğu çıkış ile aynı olması durumundaki dc giriş sinyallerinin ortalamasıdır.

Isıl çevirici kullanılarak ac gerilim ve ac akım ölçümleri, standardın girişine uygulanan ac ve dc büyüklüklere karşı göstermiş olduğu ısıl tepkinin karşılaştırılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Isıl çevirici, düşük gerilim ve akım değerlerinde (yaklaşık 0.5V ve 5mA) tek başına kullanılabilirken, daha yüksek gerilim veya akım değerlerinde kullanımı, uygun bir direncin girişine sırasıyla seri ya da paralel bağlanmasıyla mümkün olmaktadır.

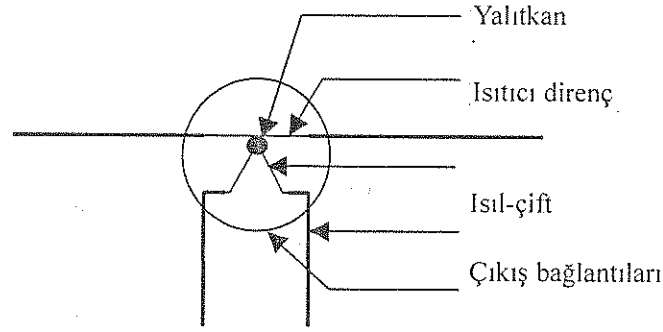
Düşük nominal değerlerdeki ısıl çeviricinin gerilim veya akım karakteristiği teorik yaklaşımlarla belirlenebilirken, yüksek değerlerde girişe bağlanan direnç etkisi nedeniyle bu yaklaşım güvenilir bir yöntem olmaktan çıkmaktadır. Bunun yerine step-up olarak adlandırılan metodun kullanılması ve direncin uygun biçimde seçilmesi çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Isıl tekniklerin kullanımından dolayı oldukça uzun zaman alan bu ölçümler için bir başka önemli parametre ise ölçüm prosedürünün doğru olarak belirlenmesidir. Ayrıca ac-dc transfer ölçümlerinde hata oranını minimize etmek ve daha güvenilir sonuçlar elde etmek için bu ölçümlerin otomatik hale getirilmesi tercih edilmektedir.

### TEK-EKLEMLİ ISIL GERİLİM ÇEVİRİCİ VE YAPIMI

Isıl çeviriciler, yapılarında bulunan ısıl-çift sayısına bağlı olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Bunlardan çok-eklemlili ısıl çeviriciler, özellikle audio frekanslarda  $10^{-7}$  seviyesine düşen ac-dc gerilim transfer fark değerleri ile günümüzde uluslararası alanda primer seviyede ac-dc transfer standartları olarak kabul edilmektedirler. Ancak temin edilmesi daha kolay, dolayısıyla kullanımı daha yaygın olan tek-eklemlili ısıl çeviriciler ile de güvenilir bir ac-dc transfer sistemi kurmak mümkündür.

Isıl gerilim çeviricilerin temel çalışma prensibi, bir direnç üzerine uygulanan ac gerilim ile bunun rms değerine eşit dc gerilimin direnç üzerinde oluşturacakları gücün dolayısıyla güçle orantılı olarak açığa çıkacak ısının aynı olacağıdır. Ac ile dc gerilimler arasında bu karşılaştırma işlemi yapmak üzere özel olarak tasarlanmış ve içerisinde bir direnç ile direncin üzerine elektriksel olarak yalıtılmış bir şekilde yerleştirilmiş ısıl-çift bulunduran yapı, ısıl-element olarak adlandırılmaktadır. Tek-Eklemlili Isıl Gerilim Çevirici içinde bir adet ısıl-element bulundurur ve en yaygın halde kullanılan bu ısıl-elementlerin özellikleri aşağıda verilmektedir.

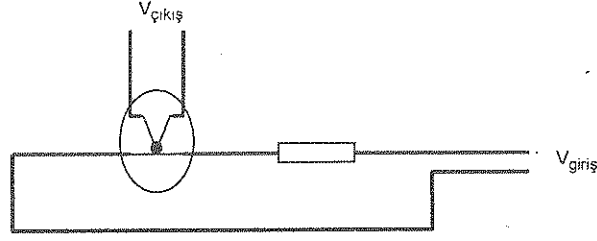
|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| Tipi                  | UHF         |
| Nominal akım girişi   | 5 mA        |
| Isıtıcı direnç değeri | 90 $\Omega$ |
| Isıl-çift direnci     | 8 $\Omega$  |
| Çıkış                 | 7 mV        |



Şekil.1. Isıl Element

Sadece ısıl-elementten oluşan bir tek-eklemlili ısıl gerilim çeviriciyi, nominal değerini (0.45V) aşmamak suretiyle bu değer %30'undan itibaren kullanmak mümkündür. Metrolojide düşük frekanslardaki ac gerilim ölçüm aralığı, maksimum volt-hertz çarpımı  $10^8$  olacak biçimde (100mV-1000V)@(10Hz-1MHz) olarak dikkate alınmaktadır.

Yüksek gerilim değerlerinde kullanabilmek için ısıl-elementin girişine, kullanılmak istenen nominal gerilim değerine bağlı olarak seçilmiş uygun bir direnç seri olarak bağlanmaktadır. Böylece ısıl-element üzerine düşecek olan gerilim, ısıl çevirici girişine nominal gerilim değeri uygulandığı durumda, maksimum 0.45V olacak şekilde ayarlanmış olmaktadır. Bütün bu bilgiler doğrultusunda en basit haliyle bir ısıl gerilim çevirici Şekil.2'de görülmektedir.



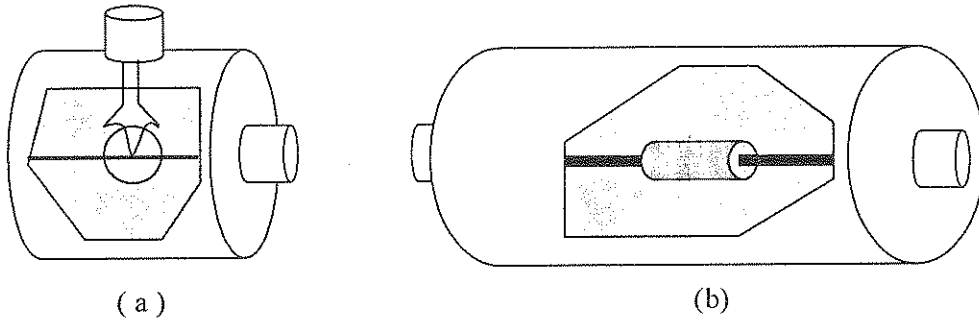
Şekil.2. Isıl Gerilim Çevirici İç Yapısı

Isıl-element girişine bağlanacak direncin seçimi yapılırken karakteristik özelliklerinin dikkatle incelenmesi gerekmektedir.

Bu direncin indüktivitesinin ve ısıl katsayısının düşük olması gerekir. Bu tip bir ısıl çeviricide en iyi sonuçlar, silindirik ince film dirençlerin kullanımıyla sağlanmıştır.

2000 yılından itibaren sahip olduğu çok-eklemli ısıl çeviriciler ile izlenebilirlik açısından uluslararası alanda primer seviyeye çıkmış bulunan UME Gerilim Laboratuvarı'nda, gerek ac ölçümlerin kesintisiz olarak devam edebilmesi, gerekse ikinci seviye laboratuvarların ac ölçüm izlenebilirliğini sağlamak üzere duydukları ihtiyacın giderilebilmesi için, tek-eklemli ısıl çevirici yapımına başlanmıştır. Laboratuvarda yapımı gerçekleştirilen bu standartların değerlendirilmesi mevcut primer sistem kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmektedir.

Isıl gerilim çevirici yapımında kullanılan muhafaza, ısıl-elementin ortamın ısı ve elektromanyetik etkilerden korunmak amacıyla, nikel kaplı pirinç malzemeyle silindir biçiminde tasarlanmıştır. Yüksek değerlerde kullanılan bir ısıl çeviricide ısıl-element ile girişine bağlanan direnç aynı muhafaza içerisine yerleştirilebileceği gibi birbirine bağlı farklı iki muhafaza içerisinde de bulundurulabilirler. Yapımı UME' de gerçekleştirilen ısıl çeviricilerde ısıl-element ve giriş direnci için ayrı iki muhafaza kullanılmaktadır (Şekil.3).



Şekil.3. a) Isıl-Element  
b) Giriş Direnci

UME yapımı Isıl Çeviricilerin temel karakteristik özellikleri aşağıda verilmektedir.

|                  |                |
|------------------|----------------|
| Nominal Giriş    | 0.45V veya 5mA |
| Çıkış            | yaklaşık 7mV   |
| Giriş Konnektörü | N Tipi         |
| Çıkış Konnektörü | Twin koaksiyel |

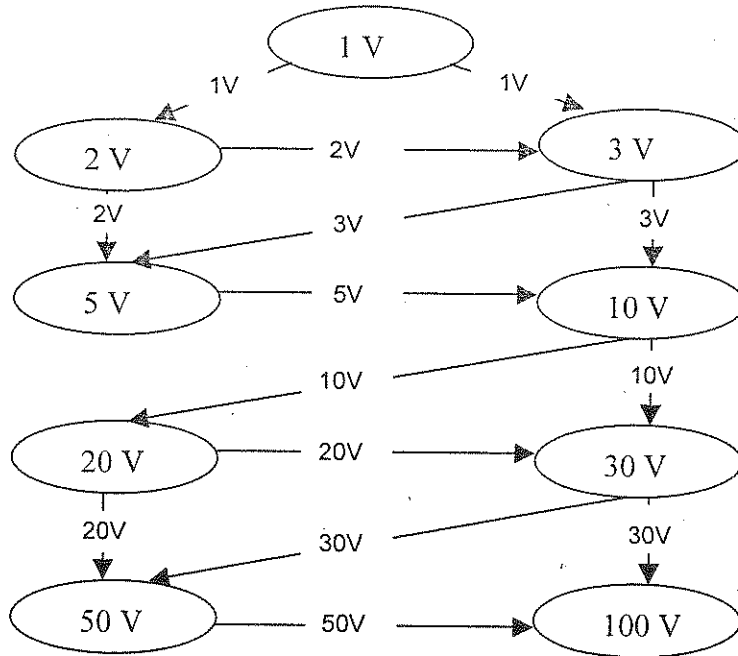
Tablo.1. Isıl Çeviricilerde Kullanılan Direnç Değerleri

| Gerilim | Direnç         | Kullanım Aralığı |
|---------|----------------|------------------|
| 1 V     | 110 $\Omega$   | 0.3V – 1V        |
| 2 V     | 310 $\Omega$   | 0.6V – 2V        |
| 3 V     | 510 $\Omega$   | 0.9V – 3V        |
| 5 V     | 910 $\Omega$   | 1.5V – 5V        |
| 10 V    | 1.9 k $\Omega$ | 3V – 10V         |
| 20 V    | 3.9 k $\Omega$ | 6V – 20V         |
| 30 V    | 6 k $\Omega$   | 9V – 30V         |
| 50 V    | 10 k $\Omega$  | 15V – 50V        |
| 100 V   | 20 k $\Omega$  | 30V – 100V       |

### Step-Up Metodu

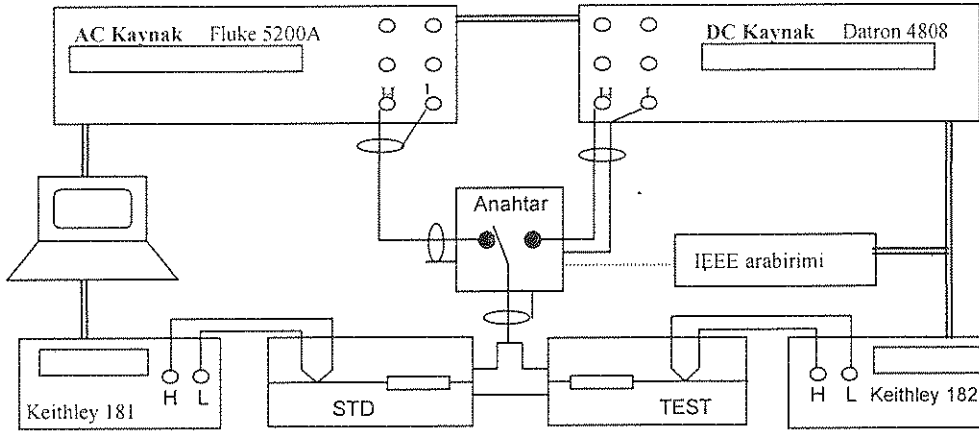
Tablo.1'den de görüldüğü üzere bir ısıtıcı çeviricinin kullanım aralığı, nominal değerinin %30'u ile %100'ü arasında olup, bu aralıklar göz önünde bulundurulduğunda, birbirine komşu iki ısıtıcı çevirici arasında üstüste binen bir bölge oluştuğu görülmektedir. Böylece komşu iki ısıtıcı çeviriciyi örtüşen bu ara bölgede karşılaştırmak mümkün olmaktadır. Bu yöntem step-up olarak adlandırılmakta ve bir ısıtıcı çevirici setinin 1V' tan başlamak suretiyle 100V'a kadar kalibre edilmesinde kullanılmaktadır. Hatta ölçümün güvenilirliğini arttırmak için, bir ısıtıcı çeviriciyi sadece komşu standartla değil kullanım aralığı içerisine giren farklı standartlarla da karşılaştırmak mümkündür. Şekil.3'te bu yöntemle gerçekleştirilebilecek karşılaştırmaların bir kombinasyonu görülmektedir

Bir ısıtıcı çevirici seti için, temel seviyede (1V, 2V ve 3V) primer seviye standartlardan alınan izlenebilirliğin yapılacak karşılaştırmalarla 100V'a kadar aktarılması mümkündür. Yapılan karşılaştırmaların doğruluğu, bu zincir içerisindeki çeşitli seviyelerde (örneğin 1V, 10V ve 100V gibi) ısıtıcı çeviricilerin primer seviyedeki standartlarla kalibrasyonu ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasıyla mümkündür.



## AC-DC TRANSFER SİSTEMİ OTOMASYONU

AC transfer ölçümlerinde görülen en önemli problem, bu ölçümlerin uzun sürmesidir. Standartların zaman sabiti, her frekansta gerilimlerin artarda uygulanmaları ve her frekans için bu ölçümlerin birden fazla sayıda tekrarı ölçüm süresini oldukça uzun olmasına sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra ölçüm prosedürü gereği kaynakların ayarlanması ve pek çok hesaplama gerekmektedir. Sonuçta, operatörden kaynaklanabilecek hata olasılığı artmaktadır. Ayrıca, TVC çıkışlarında görülen kaymalar, her ölçümün tekrarlanması gerektirir. Ölçümlerin tekrarlanmasında zamanlama oldukça önemlidir ve elle yapılan ölçümlerde gerekli hassasiyeti sağlamak mümkün değildir. Bu nedenlerden dolayı ac ölçümlerin otomatik olarak yapılması bir zorunluluk haline gelmektedir. Şekil.4'te UME'de otomatik olarak gerçekleştirilen ac-dc transfer standartları karşılaştırma ölçümleri için gerekli donanım görülmektedir.



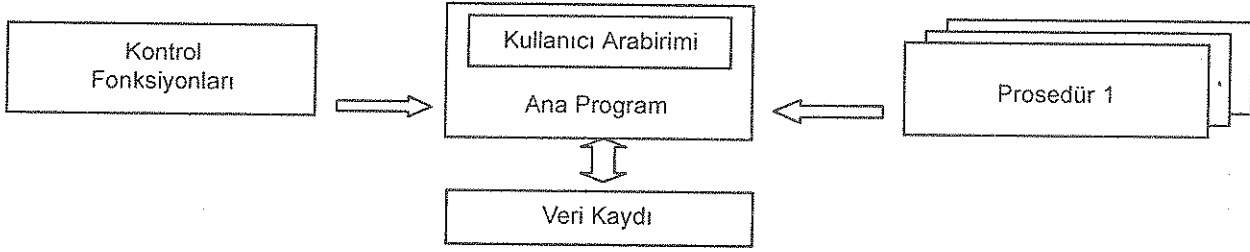
Şekil.4. UME AC-DC Transfer Standartları Karşılaştırma Sistemi

Şekil.4'de görülen sistemde ac ve dc kaynaktan uygulanan gerilimler anahtar aracılığıyla kontrol edilmek suretiyle test ve standart ac-dc transfer standartlarına sırasıyla ac, +dc, ac, -dc, ac gerilimleri uygulanır. Standartların çıkışları, zaman sabitlerine bağlı olarak belli aralıklarla okunur ve alınan veriler aşağıda verilen formülde kullanılarak test ac-dc transfer standardına ait ac-dc transfer fark değeri hesaplanır. Bu işlem seçime bağlı olarak tekrarlanarak ölçümün standart sapması da hesaplanır.

$$\delta t = \frac{Eas - Eds}{ns \cdot Eds} + \frac{Eat - Edt}{nt \cdot Edt} + \delta s$$

Formülde,  $\delta s$  ve  $\delta t$  sırasıyla standart ve teste ait transfer fark değerleri,  $n_s$  ve  $n_t$  sırasıyla standart ve teste ait  $n$  karakteristik değerleri,  $Eas$  ve  $Eat$  sisteme ac gerilim uygulandığı durumda sırasıyla standart ve test ac çıkışlarında okunan değerler,  $Eds$  ve  $Edt$  sisteme dc gerilim uygulandığı durumda sırasıyla standart ve test çıkışlarında okunan değerlerdir. Isıl Çeviriciye ait  $n$  değerinin giriş ve çıkış gerilimlerine bağlı ifadesi şu şekildedir,  $E = k \times V^n$ . Bu eşitlik, ısı çeviriciye  $V$  giriş gerilimi uygulanması durumunda çıkışında görülen gerilimin ( $E$ ) girişe bağlı ifadesidir.

UME'de ac-dc transfer ölçümleri için kullanılan yazılım LabWindows' ta yazılmıştır. Bu program, GPIB cihazların kontrolü için gerekli kütüphanelerle donatılmış ve cihazların bilgisayar kontrolünde kullanılan popüler bir paket programıdır. Programın çalışması veri kaydı, prosedürler ve kontrol fonksiyonları alt programlarıyla bağlantı içerisinde bulunan ana program tarafından kontrol edilir. Programın çalışma organizasyonu Şekil.4'te görülmektedir.



Şekil.4. Yazılımın Çalışma Organizasyonu

Ana programın tanıyabileceği bir formatta yazılmış olan prosedürler üzerinde değişiklikler yapılması ve yeni prosedürlerin eklenmesi mümkündür. Ac-dc transfer ölçümlerinin hassasiyeti nedeniyle yazılan programda çeşitli seviyelerde, koruma maksatlı kontrol fonksiyonları kullanılmıştır. Böylece gerek kullanıcının dışardan hatalı veri girmesi, gerekse ölçüm esnasında beklenenin dışında bir durum görülmesi halinde programın koruma fonksiyonları devreye girmekte ve oldukça hassas cihazlar olan ısıt çeviricilerin zarar görmesi engellenmektedir. Programın bir başka özelliği ise, ölçüm sonuçlarını detaylı bir rapor halinde kaydetmesidir.

## SONUÇ

Bu bildiri de UME Gerilim Laboratuvarı'nda yapılmış gerçekleştirilen tek-eklemli ısıt çeviriciler ve ac-dc transfer ölçümlerinde kullanılan otomatik sistem anlatılmaktadır. Yapılan ısıt çeviricilerin, primer seviyedeki çok-eklemli ısıt çeviriciler ile karşılaştırılmaları sonucu belirlenen karakteristikleri, bu cihazların yüksek doğruluklu ac-dc transfer ölçümlerinde kullanılabilirliklerini göstermektedir. Ancak ac-dc transfer ölçümlerinin güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için ölçümlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. UME Gerilim Laboratuvarı bünyesinde bütün ac-dc transfer ölçümlerinde kullanılacak ve doğruluğu yapılan ölçümlerle test edilmiş bir program hazırlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, M. Arifoviç Yüksek Lisans Tezi "UME'de Kurulan Primer AC Sistemi", 2001
- [2] Williams E.S., "Thermal Voltage converters and comparators for very accurate ac voltage measurements," J. Res.Nat. Bur. Stand, 75C, 1971