

YÜKSEK AC-DC AKIM ŞÖNTLERİNİN YAPIMI VE KARAKTERİZASYONU

Mehedin ARİFOVİÇ*
Naylan KANATOĞLU
Serdar UZUN

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü PK. 54 41470 Gebze/KOCAELİ
Tel: 0262 679 50 00
E-Mail*: meheddin.arifovic@tubitak.gov.tr

ÖZET

Son yıllarda gelişen ölçüm teknolojisi ile beraber yüksek doğrulukta yüksek AC akım değerlerine (100 A @ 100 kHz) sahip cihazlar üretilmiştir. Kullanımı başlayan bu tür cihazlar için ulusal standart olarak yüksek doğruluğa sahip ac-dc akım şöntü yapımı ve bu standartların uluslararası izlenebilirliğinin sağlanarak 100 A'e kadar AC akım alanında kalibrasyon hizmetinin verilebilmesi hedeflenmiştir. Bu bildiride, yüksek akım şöntlerin yapım aşamaları ve test sonuçları anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: AC akım, akım şöntü, ac-dc transfer, izlenebilirlik

Abstract

Developments of the measuring technology in the recent years lead to manufacturing of the devices operating at AC currents up to 100 A at 100 kHz. In order to provide traceability for customers which begin to use these devices we decide to design and produce reference high AC current shunts. This paper describes the construction and test results of the new shunts.

Key Words: AC current, current shunt, ac-dc transfer, traceability

1. Giriş

Yüksek doğrulukta AC akım ölçümleri için ısı çeviriciler kullanılmaktadır. Bu cihazlar, girişlerine bilinen bir DC büyüklük ile bilinmeyen AC büyüklüklerin uygulanması durumunda, bu büyüklükleri, bir direnç üzerinde yayılan ısıyla yükselen sıcaklıkların karşılaştırılmaları prensibiyle çalışırlar. Isıl çeviriciler genel olarak 5 mA - 20 mA aralığındaki akımlar için tasarlanmış, daha yüksek akımlar için AC akım şöntlerine paralel bağlanarak kullanılmaktadır [1]. AC akım izlenebilirliği, 10 mA seviyesinden başlayarak "step-up" olarak adlandırılan prosedür ile her şönt-çevirici kombinasyonunun bir önceki ile nominal akım değerinin yarısında karşılaştırılması suretiyle 20 Ampere kadar sağlanmaktadır.

Son yıllarda 100 A'e (10 Hz - 100 kHz) kadar yüksek akım değerlerine sahip yüksek doğrulukta cihazlar üretilmiştir. Bu tip cihazların kalibrasyonu gerçekleştirilmesi amacı ile 100 A değeri için referans ac-dc akım şöntleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu konuda iki tasarım öne çıkmaktadır; silindirik yapıda rezistif folyodan yapılmış yüksek akım şöntleri ve "sincap kafesi" (squirrel cage) olarak bilinen yapıdır. TÜBİTAK UME Gerilim Laboratuvarı daha ekonomik ve aynı zamanda daha iyi bir karakteristiğe sahip, bunun karşılığında yapımı daha zor koaksiyel folyo şöntlerin yapımına karar vermiştir.

2. Yüksek Akım Şöntlerin Yapımı

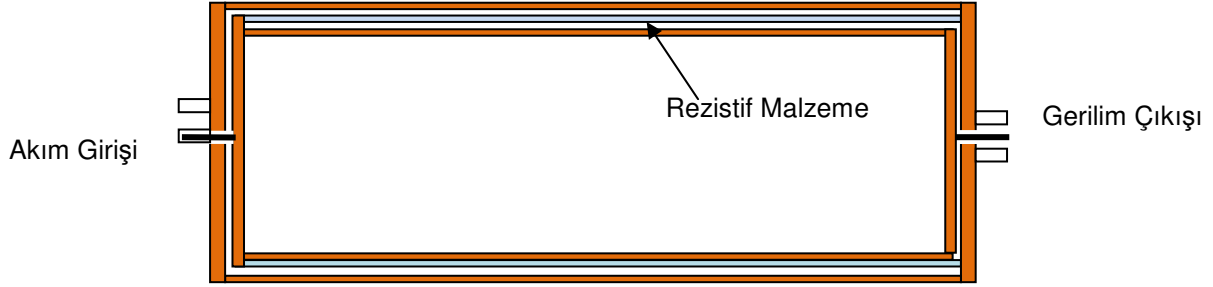
Frekans cevabı ve kararlılığı AC Şöntlerin en önemli özellikleri. Şöntün frekans cevabını tanımlamak için kullanılan parametre ac-dc transfer farkı olarak adlandırılmakta ve formül 1 ile tanımlanmaktadır.

$$\delta = \frac{R_{ac} - R_{dc}}{R_{dc}} \quad [1]$$

Förmülde:

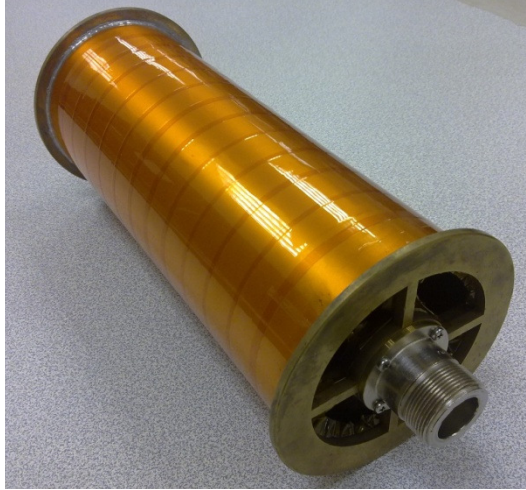
- δ : ac-dc transfer farkı
- R_{ac} : Şöntün AC direnci
- R_{dc} : Şöntün DC direnci

AC şöntün geniş frekans bandında düşük ve düz ac-dc transfer farkına sahip olabilmesi için şönt empedansının reaktif bileşenin minimum düzeyde tutmak için tasarlanmış olması gerekir. Aşağıdaki şekilde gösterilen üçlü silindir yapısına sahip şöntün, rezistif malzemenin iki iletken arasında kalacak şekilde yapılmıştır. Bu yapının indüktansı 10^{-9} H mertebesinde olup ac-dc farkın üzerindeki etkisi ihmal edilebilecek seviyededir. Şöntün kapasitansı ise 10^{-9} F mertebesinde ve ac-dc farkın üzerindeki etkisi ikincil derecededir.



Şekil 1. AC yüksek akım şöntün yapısı

UME'de yapılan şöntlerin gövdesini oluşturan malzemeler pirinçten, direnç manganin folyodan, dış silindir ise bakır folyodan yapılmıştır. Manganin folyonun kalınlığı $22 \mu\text{m}$, bakırın $35 \mu\text{m}$, aralarda kapton bant ise yalıtım malzeme olarak kullanılmıştır. Şöntün boyutları, kullanılan folyonun öz direnci ile kalınlığı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Pirinç boru şeklindeki iç silindirin yan yüzeylerine levhalar monte edilip üzerine sırasıyla; yalıtım bandı, manganin folyo, yalıtım bandı, bakır folyo, yalıtım bandı sarılarak dış yan yüzeylere sabitlenmiştir. Şöntün akım girişi LC tip ve gerilim çıkışı N tip konektörler gövdenin yan yüzeylerine monte edilerek yapımı tamamlanmıştır.



Şekil 2. AC yüksek akım şöntü

Bu şekilde 25A, 50A ve 100A olmak üzere üç şönt yapılmıştır. 50A ve 100A şöntlerin aşırı ısınmasını önlemek amacıyla yan yüzeylerinde pencereler açılmış ve 100A şöntün içine ayrıca soğutucu fan yerleştirilmiştir. Şöntlerin boyutları Tablo 1’de verilmiştir.

Akım	Uzunluk	Çap	Direnci
25 A	20 cm	4 cm	0,0300 Ω
50 A	27 cm	11 cm	0,0152 Ω
100 A	27 cm	11 cm	0,0051 Ω

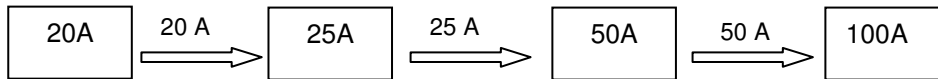
Tablo 1 Şöntlerin boyutları

Nominal akım uygulandığında şönt üzerinde üretilen gerilimin 0,5 – 0,8 V aralığında olup, ölçülmesi için uygun ısıl çeviriciler yapılmıştır. Ölçümleri sırasında kablo etkilerini minimum seviyede tutmak amacı ile seri bağlantı sağlayacak uygun T-konektörü tasarlanmış ve yapılmıştır.

Son olarak, laboratuvarında kullanılmakta olan ac-dc yazılımı revize edilerek yüksek akım ac-dc şönt kalibrasyon prosedürü dahil edilmiştir.

3. Şöntlerin Kalibrasyonu ve Belirsizlik Hesabı

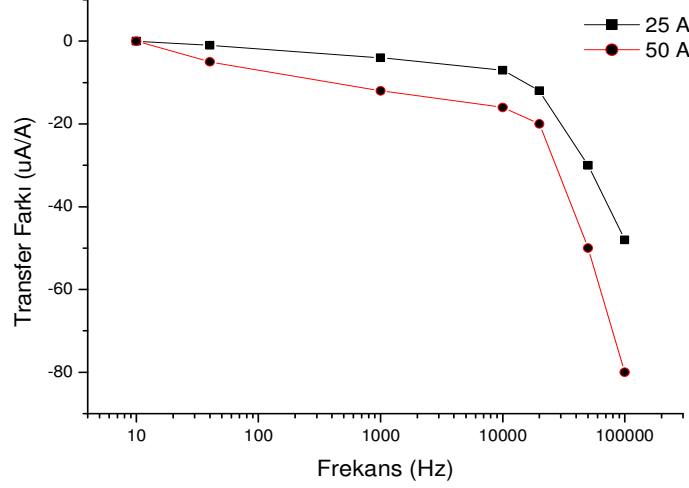
Yapılan şöntler, laboratuvarında mevcut olan 20 A akım şöntü ile karşılaştırılarak step-up yöntemi ile kalibre edilmiştir. Prosedürün adımları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3. Şöntlerin Karşılaştırma Şeması

Karşılaştırma esnasında seri bağlanan referans ve test şöntler üzerine sırası ile dc ve ac akımlar uygulanmış ve şönt üzerinde oluşan gerilimler ısıl çevirici vasıtası ile ölçülerek çeşitli frekanslarda ac-dc transfer farkları hesaplanmıştır.

Her ne kadar bu şöntlerin teorik olarak ac-dc transfer farklarının 100 kHz'e kadar sifıra yakın olması beklense de pratikte bu durum farklı. Şekil 4'te 25A ve 50A şöntlerin ısıl çevirici ile ölçülen ac-dc akım farklar gösterilmiştir.



Şekil 4. Şöntlerin ac-dc transfer farkları

Bu bildirin yazıldığı sırada ilk yapılan 100A şönt için gerçekleştirilmiş ölçümlerde 100 kHz frekansında transfer farkın 280 $\mu\text{A/A}$ olduğu görülmüştür. 25A ve 50A şöntlerin transfer farkları hedeflenen limitler içinde kalırken 100A'lik şöntün transfer farkının 200 $\mu\text{A/A}$ altına çekmek amacı ile tasarımda iyileştirme çalışmalarına devam edilmektedir. Genel olarak şöntün gövdesini oluşturan parçaların yapım kusurları ve folyonun gövde üzerine iyi sarılmaması en önemli hata kaynakları olduğu gözlenmiştir.

Her şönt için belirlenen transfer farkı belirsizliği hesaplanmıştır. Belirsizliği etkileyen parametreler, ölçümün standart sapması, referans cihazın belirsizliği, ölçüm sistemi, çevresel şartlar, şöntlerin bağlantı pozisyonu ve şöntlerin kararlılığıdır. Yapılan hesaplamalar, şöntlerin ses frekanslarında 15 $\mu\text{A/A}$ 'in altında, 100 kHz'te 50 $\mu\text{A/A}$ belirsizliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Şöntlerin kararlılığı dışındaki parametreler laboratuvarımızda mevcut şöntlere benzer şekilde değerlendirilmiştir. Yeni yapılan şöntlerin kararlılığı birkaç ay içinde yapılmış ölçümler göz önüne alınarak incelenmiş ve kayda değer bir kayma tespit edilmemiştir. Ancak, bu değerlendirmeyi teyit etmek amacıyla test ölçümlerine periyodik olarak devam edilecektir.

4. Sonuç

Bildiride, TÜBİTAK UME Gerilim laboratuvarı tarafından yapılmış yüksek akım AC akım şöntler tanıtılmıştır. Yapılan şöntler 20 A ile 100 A akım ve 10 Hz – 100 kHz frekans aralığında ve 15 $\mu\text{A/A}$ ile 50 $\mu\text{A/A}$ belirsizliğe sahip olup UME Gerilim laboratuvarının AC akım ölçüm kabiliyetlerin 20 A'den 100 A'e kadar genişletmesini sağlayacaktır.

Kaynak

- [1] Francis L. Hermach, Thermal Converters as AC-DC Transfer Standards for Current and Voltage Measurements at Audio Frequencies, J. Res. Natl. Bur. Stand. 48, 121-138 (1952)
- [2] P.S. Filipski, M. Boecker and M. Garcocz: "20-A to 100-A AC-DC Coaxial Current Shunts for 100 kHz frequency range", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.57, no 8, pp 1637-1641, (2008)
- [3] <http://www.fluke.com/fluke/uses/about/press/a40b+shunt+set.htm>

ÖZGEÇMİŞ**Mehedin ARİFOVİÇ**

1997 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1997 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Laboratuvarında araştırmacı olarak çalışmaya başlamıştır. 2001 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde Elektronik alanında yüksek lisans çalışmasını tamamlamıştır. Halen UME Gerilim Laboratuvarında laboratuvar sorumlusu olarak görev yapmaktadır. Birincil seviyede elektriksel ölçümler, referans cihazlar yapımı ve ölçüm otomasyonu konularında çalışmaktadır.

Naylan KANATOĞLU

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik-Haberleşme Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1994 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Laboratuvarında çalışmaya başlamıştır. Birincil seviyede elektriksel ölçümler, referans cihaz yapımı ve laboratuvar akreditasyonu konularında çalışmaktadır.

Serdar UZUN

2001 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Uluborlu MYO Elektronik Teknikerliği, 2012 yılında Hoca Ahmet Yesevi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2002 yılında TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Laboratuvarında çalışmaya başlamış ve halen elektriksel cihazların kalibrasyonunda ve referans cihaz yapımında görevini sürdürmektedir.