

AKUSTİK VE TİTREŞİM ALANLARINDA TÜBİTAK UME'NİN KALİBRASYON YETENEKLERİNİN GENİŞLETİLMESİ

Eyüp BİLGİÇ
Enver SADIKOĞLU
Cafer KIRBAŞ
İlkan COŞKUN
Serkan BEŞİROĞLU

ÖZET

TÜBİTAK UME Akustik Laboratuvarı, kurulduğu 1990'lı yıllardan itibaren misyonu gereği akustik ve titreşim alanlarındaki ölçüm birimlerine yönelik ulusal standartları kurmak, bu standartların diğer metroloji enstitülerindeki standartlarla denkliliğini sağlamak ve oluşturulan standartları ülkenin hizmetine sunmak gibi faaliyetleri yerine getirmektedir. Oluşturulan ölçüm standartlarının ülke içerisine yayılması, nihai kullanıcıların dönüştürücü ve ölçüm cihazlarının kalibrasyonları aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Akustik Laboratuvarı'nın geniş kapsamlı olarak kalibrasyon ve ölçüm alt yapısı 1994 yılında kurulmuştur. Zaman içerisinde bu alt yapıda, standartların revize olması, ölçüm cihazlarının teknolojik olarak gelişmesi ve müşteri kalibrasyon/ölçüm taleplerindeki kapsam genişlemesine bağlı olarak birtakım iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Ancak bugünkü durumda ölçüm alt yapısında kapsamlı iyileştirme gereksinimi ortaya çıkmıştır. "TÜBİTAK UME Araştırma Altyapısı Yenileme ve Geliştirme Projesi" kapsamında; birincil seviyeli mikrofon kalibrasyonlarının alt frekansının 1 Hz'e indirilmesi ve mikrofon kompleks hassasiyetinin faz bileşeninin belirlenmesi, birincil seviyeli ivmeölçer kalibrasyonunda çizgisel ivme için frekans bölgesinin 0,4 Hz – 20 kHz aralığına genişletilmesi, sismometre cihazlarının mekanik olarak uyarılabilmesi ve şok standardının oluşturulması sağlanmıştır. Bu bildiriye TÜBİTAK UME Akustik Laboratuvarı'nın genişletilmiş olan kalibrasyon yetenekleri tanıtılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akustik, Titreşim, Kalibrasyon, İzlenebilirlik, Şok Standartları.

ABSTRACT

Since its establishment in the 1990s, in line with its mission, TÜBİTAK UME Acoustics Laboratory carry out activities for realization of national standards for measurement units in acoustics and vibration areas to ensure the equivalence of these standards with the standards of other metrology institutes and to disseminate these standards users. Dissemination of the standards is made by means of calibrations of transducers and measuring devices those belongs to the users. The extensive calibration and measurement infrastructure of the Acoustics Laboratory was established in 1994. Over the time, a number of improvements have been made to this infrastructure due to the revision of standards, the modernization of measuring devices, and the expansion of the calibration / measurement demand scope of customers. However, the necessity of comprehensive improvement of the measurement infrastructure has emerged at this point reached today. The improvement includes both the widening of the upper and lower frequency ranges in the acoustic and vibration fields, as well as increasing the number of measurement quantities provided for calibration. The extension of the lower frequency of the primary level microphone calibrations to 1 Hz and determination of the phase of the microphone complex sensitivity, expanding the frequency range of primary level accelerometer calibration from 0.4 Hz to 20 kHz for linear acceleration, mechanical excitation of seismometer devices and realization of shock standards has been provided in scope of the "Renewal and Development Project of TÜBİTAK UME's Research Infrastructure". This paper outlines recently expanded calibration capabilities of TÜBİTAK UME Acoustics Laboratory.

Key Words: Acoustics, Vibration, Calibration, Traceability, Shock Standards

1. GİRİŞ

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Akustik Laboratuvarı, misyonu gereği akustik ve titreşim alanlarındaki ölçme birimlerine yönelik ulusal standartları kurmak, bu standartların diğer metroloji enstitülerindeki standartlarla denkliğini sağlamak ve oluşturulan standartları ülkenin hizmetine sunmak gibi faaliyetleri yerine getirmektedir. Bu kapsamda kurulduğu yıldan bu yana mevcut alt yapısı dahilinde Türk Endüstrisinin kalibrasyon ve deney alanındaki taleplerini karşılamaktadır. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak endüstride yapılan ölçümler çeşitlenmiş, kullanılan yeni ölçüm cihaz ve dönüştürücüleri geliştirmiş ve bunlara bağlı olarak da standartlar oluşturulmuş veya revize edilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümlerin güvenilirliği büyük ölçüde, ölçümlerde kullanılan cihaz ve dönüştürücülerin kalibrasyonlu olmasına bağlıdır. Ülke içerisindeki birincil seviyeli kalibrasyon taleplerini karşılamak ve bunların izlenebilirliğini sağlamak Ulusal Metroloji Enstitülerinin ana görevlerindedir. Bu kapsamda TÜBİTAK UME'de, UME Araştırma Altyapısı Yenileme ve Geliştirme Projesi başlatılmıştır. Proje dâhilinde Akustik Laboratuvarında akustik ve titreşim alanlarındaki ulusal standartların oluşturulmasına yönelik ölçüm düzenekleri yenilenmiş ve kapsamı genişletilmiştir.

2. AKUSTİK ALANINDA YAPILAN KAPSAM GENİŞLETMESİ

Akustik alanında, ses basınç birimi Pascal'ın laboratuvar ortamında oluşturulması Laboratuvar standardı niteliğindeki mikrofonların kalibrasyonları ile sağlanmaktadır. Mikrofonların özellikleri IEC 61094-1 standardında tanımlanmıştır [1]. Laboratuvar standardı mikrofonların birincil seviyeli kalibrasyonları, kapalı bir hacim içerisindeki ses basıncı veya serbest alan şartlarındaki ses basıncı uygulamasına göre yapılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler IEC 61094-2 ve IEC 61094-3 standartlarında tarif edilmiştir [2, 3]. TÜBİTAK UME'de, akustik alanındaki birincil standart, IEC 61094-2 numaralı standartla tanımlanan, laboratuvar standardı mikrofonların karşılıklık yöntemine göre basınç kalibrasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Yöntemin uygulanabilmesi için 3 adet Laboratuvar standardı mikrofon gereklidir. Frekans bölgesi de dikkate alındığında kalibrasyon sisteminde, 3 adet 1" çapında ve 3 adet 1/2" çapında laboratuvar standardı mikrofon kullanılmaktadır.

Son dönemlerde işitme konusu üzerinde yapılan çalışmalar, işitme kaybı olan kişilerin kullandıkları işitme cihazlarının karakterizasyonlarının önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Bu kapsamda TÜBİTAK UME uluslararası düzeydeki araştırma projelerine katılmıştır [4]. İnsan kulağını simüle eden kulak simülatör cihazlarının frekans tepkisi, kullanılan referans mikrofonun hassasiyetinin faz bileşeni olmaksızın elde edilememektedir. IEC 61094-2 standardında tanımlı olan yöntemin kullanılması sonucunda, laboratuvar standardı mikrofonların kompleks hassasiyetleri bulunabilmektedir. Kompleks hassasiyet, hassasiyetin büyüklüğü ve hassasiyet faz bileşeninden oluşmaktadır. Hassasiyet büyüklüğü V/Pa birimi veya dB ref. 1 V/Pa birimi ile hassasiyet faz bileşeni ise açı birimi olan derece ile verilmektedir.

TÜBİTAK UME Araştırma Altyapısı Yenileme ve Geliştirme Projesi kapsamında akustik alanında yenilen kalibrasyon alt yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir.

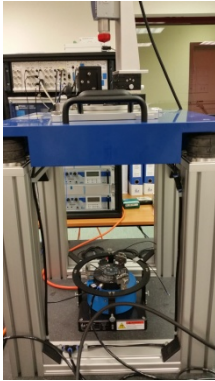


Şekil 1. Laboratuvar standardı mikrofonların karşılıklık yöntemine göre basınç kalibrasyonu sistemi

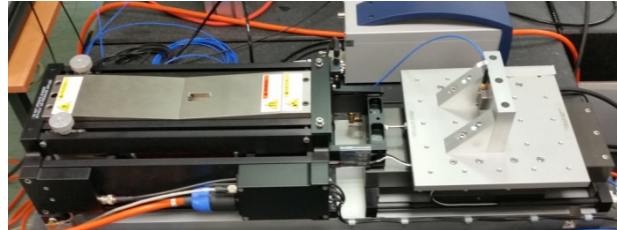
Akustik alanında, yenilenen birincil seviyeli kalibrasyon sistemi ile 1" çapındaki laboratuvar standardı mikrofonların kalibrasyonları 1 Hz - 10 kHz aralığında, 1/2" çapındaki laboratuvar standardı mikrofonların kalibrasyonları 1 Hz – 31,5 kHz aralığında yapılabilmektedir. Kalibrasyonlar genellikle 1/1 veya 1/3 oktav bant merkez frekanslarında yapılmaktadır. Bunun dışında, gerekli olan durumlarda da maksimum 1/24 oktav bant merkez frekanslarında da yapılabilmektedir. Kalibrasyon sonrasında mikrofonların büyüklük ve faz bileşenlerinden oluşan kompleks hassasiyet değerleri elde edilmektedir. Elde edilen bu çıktılar, ülke içerisinde yapılan akustik ölçüm ve testler için izlenebilirlik sağlamaktadır.

3. TİTREŞİM ALANINDA YAPILAN KAPSAM GENİŞLETMESİ

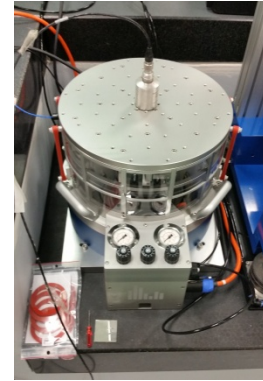
Titreşim alanında, çizgisel ivme birimi olan m/s^2 'nin laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi referans standardı ivmeölçerlerin kalibrasyonları ile sağlanmaktadır. Referans standardı ivmeölçerlerin birincil seviyeli kalibrasyonları, belirli frekanslarda sinüzoidal tipteki çizgisel ivmeye maruz bırakılan ivmeölçerlerin elektriksel çıkışlarının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Çizgisel ivme için referans standardı ivmeölçerlerin kalibrasyonunda kullanılan yöntem ISO 16063-11 standardında tanımlanmıştır [5]. Yöntemin uygulanması sırasında sadece kalibre edilen referans standardı ivmeölçerlerin kendisi yeterlidir. Yapılan kalibrasyonların frekans aralığı ve dönüştürücünün kütlesine bağlı olarak titreşim üretmede farklı titreşim uyarıcılar gereklidir. Bu yaklaşım ile birlikte, birincil seviyeli ivmeölçer kalibrasyonunda frekans bölgesinin 0,4 Hz – 20 kHz'e genişletilmesi, üç farklı titreşim uyarıcı kullanılmıştır. Kurulan kalibrasyon sistemi Şekil 2'de gösterilmektedir.



Yüksek Frekans
5 Hz < f < 20 kHz



Yatay Uyarıcı
0,4 Hz < f < 160 Hz



Dikey Uyarıcı
0,4 Hz < f < 400 Hz

Şekil 2. Referans standardı ivmeölçerler için birincil kalibrasyon sistemi

İvmeölçerler, yaygın olarak titreşim ölçümlerinde ve testlerde, Ar-Ge çalışmalarında kullanılmaktadır. Kullanıldıkları alanlar, sahip olmaları gerekli özellikleri belirler. Yer kabuğu hareketleri gibi çok düşük ivme ve frekans özelliklerine sahip zemin hareketlerinin izlenmesinde yaygın olarak sismometre, geofon (geophone) vb. isimlerle bilinen dönüştürücüler/sistemler kullanılmaktadır. Bu tip sistemlerden, monte edildikleri konumlarda birbirine dik üç eksenle, örneğin kartezyen koordinat sistemine göre, zemin titreşimlerini algılamaları beklenmektedir. Mekanik kalibrasyon sırasında bu sistemlerin normal kullanımlarındaki montaj şekline göre uyarıcıları gerekmektedir. Pratikte bu durum, yatay ve dikey olarak periyodik titreşim sağlayan titreşim uyarıcıları ile karşılanabilmektedir. Şekil 2'de verilen kalibrasyon sistemi ile sismometre, geofon vb. sistemlerin mekanik kalibrasyonları yapılabilir durumdadır.

Mekanik hareket sonucu bir yüzeyin veya makine parçasının çizgisel ivmelenme, yer değiştirme ve hız ölçümleri temassız olarak da yapılabilmektedir. Bu amaç için lazer enterferometreler kullanılmaktadır. Ölçüm sisteminin taşınabilir olması ve/veya ölçümlerdeki gerekli optik ayarlamaların pratik yapılması söz konusu olduğunda, enterferometre sistemi bir paket halinde karşımıza çıkar. Bu tip cihazlar genel

olarak vibrometre adını almaktadır. Uygulama aşamasında vibrometrenin lazer ışığını, ölçümü yapılacak nesne üzerinde uygun şekilde konumlandırmak yeterlidir. Doğal olarak her ölçüm yapan cihaz/sistem gibi vibrometre cihazlarının da kalibrasyon ihtiyaçları vardır. Bu kapsamdaki kalibrasyonlar, ISO 16063-41 standardında tanımlanmıştır. Şekil 2'de verilen kalibrasyon sistemindeki yüksek frekanslı titreşim uyarıcı, titreşim kaynağı olarak kullanılabilir. Şekil 2'de verilen kalibrasyon sistemindeki yüksek frekanslı titreşim uyarıcı, titreşim kaynağı olarak kullanılabilir.

Titreşim alanında diğer dinamik büyüklüklerden biri de şok büyüklüğüdür. Şok terimi, genel olarak kısa zaman aralığında büyük genlikli ivmelenme için kullanılmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, uygulama yönüyle şok, çizgisel ivmelenmeden farklılık göstermektedir. Şok büyüklüğü, geliştirilen araç/cihaz/sistem vb. ürünlerin; depolama, taşınma ve çalışma gibi süreçlerinde maruz kalabilecekleri mekanik darbelere karşı dayanım testlerinde karşımıza çıkmaktadır. Test sistemlerinde kullanılan ivmeölçerlerin kalibrasyonlarının yapılmış olması testlerin güvenilirliğini arttırmaktadır. Şok alanında kullanılan dönüştürücülerin izlenebilirliğini sağlamada kullanılan birincil kalibrasyon sistemi ISO 16063-13 standardında tanımlanmıştır [7]. Bu kapsamda (500 – 200000) g aralığını kapsayan birincil şok kalibrasyon sistemi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Şok dönüştürücüler için birincil kalibrasyon sistemi

Titreşim alanında kurulan yeni sistem ile sayısal çıkışlı ivmeölçerlerin kalibrasyonlarının yapılması da amaçlanmıştır. Bu aşamada belirli bir konfigürasyona sahip sayısal çıkışlı ivmeölçerlerin karşılaştırmalı kalibrasyonları da yapılabilecektir. Kurulu olan yeni sistemle, bu yöndeki kullanımı çok önerilmese de birincil seviyede kalibre edilmiş referans dönüştürücülerine bağlı olarak ikincil seviyeli kalibrasyonlar da yapılabilmektedir.

SONUÇ

TÜBİTAK UME Araştırma Altyapısı Yenileme ve Geliştirme Projesi kapsamında Akustik Laboratuvarında bulunan akustik ve titreşim alanlarındaki mevcut kalibrasyon yetenekleri geliştirilmiş, şok ve lazer vibrometrelerin birincil seviyeli kalibrasyonları için kalibrasyon sistemleri ilk kez kurulmuştur.

Kurulan bu sistemlerin uluslararası sisteme entegrasyonu ve kalitesinin temini faaliyetleri kapsamında, akustik alanı için Eylül 2019, titreşim alanı için Kasım 2019 döneminde uluslararası düzeyde anahtar karşılaştırmalara katılım sağlanacaktır. Karşılaştırmalardan elde edilen olumlu sonuçlar, TÜBİTAK UME'nin uluslararası ölçekte tanınırlığını gösteren ve Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'nun Anahtar Karşılaştırma Veri Tabanı'nda (KCDB) yeni kalibrasyon ve ölçüm yetenekleri verilerinin yayınlanabilmesi için teknik kanıtları oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] IEC 61094-1:2000: Measurement microphones - Part 1: Specifications for laboratory standard microphones
- [2] IEC 61094-2:2009: Measurement microphones - Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique
- [3] IEC 61094-3:2016: Electroacoustics - Measurement microphones - Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique
- [4] EURAMET EMPIR Projesi, "15HLT03 Ears II - Metrology For Modern Hearing Assessment And Protecting Public Health From Emerging Noise Sources"
- [5] ISO 16063-11:1999 Methods for the calibration of vibration and shock transducers - Part 11: Primary vibration calibration by laser interferometry
- [6] ISO 16063-41:2011 Methods for the calibration of vibration and shock transducers - Part 41: Calibration of laser vibrometers
- [7] ISO 16063-13:2001, Methods for the calibration of vibration and shock transducers - Part 13: Primary shock calibration using laser interferometry

ÖZGEÇMİŞ

Eyüp BİLGİÇ

1966 yılı Ankara doğumludur. 1988 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendislik Bölümünü bitirmiştir. 1993 yılında Anadolu Üniversitesi'nden Bilim Uzmanı (Yüksek Lisans), 2005 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nden Doktor ünvanı almıştır. 1991 yılından itibaren TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Akustik Laboratuvarında çalışmaktadır. Halen Akustik Laboratuvarı sorumlusu, TÜRKAK akreditasyon faaliyetlerinde Baş denetçi, teknik alanda denetçi olarak görev yapmaktadır.

Enver SADIKOĞLU

1969 yılı Bakü doğumludur. 1992 yılında Bakü Devlet Üniversitesi Fizik Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. 1992 yılında Bakü Devlet Üniversitesi Yarıiletken Fiziği Araştırma Laboratuvarı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2001 yılında Azerbaycan Bilimsel Akademisi Fotoelektronik Enstitüsü'nde doktora çalışmasını tamamlamıştır. 1993 yılından beri TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Akustik Laboratuvarlarında Başuzman Araştırmacı olarak ve TÜBİTAK UME'nin Kalite Yöneticisi görevlerini yapmaktadır. 2009 yılından beri Avrupa Metroloji Enstitüler Birliği (EURAMET)'nde Kalite Yöneticiliği görevini yürütmekte, ayrıca TÜRKAK Laboratuvar ve diğer ülkelerin akreditasyon kurumları tarafından düzenlenen akreditasyon denetimlerinde baş denetçi ve teknik denetçi olarak görev almaktadır.

Cafer KIRBAŞ

Ankara'da 1969 yılında doğmuştur. 1996 Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik bölümünden mezun olmuştur. Aynı üniversiteden 1999 yılında kapasitif mikrofonların davranışlarının teorik olarak incelenmesi konusunda Yüksek Lisans derecesi almıştır. Şu an Gebze Teknik Üniversitesi Fizik Bölümünde katmanlı yarı iletken ferroelektrik malzemelerdeki kusurların ses hızı yöntemiyle araştırılması konusunda doktora yapmaktadır. 1996 yılında Araştırmacı olarak başladığı Akustik Laboratuvarında şu an Başuzman Araştırmacı olarak görev almaktadır. Çok sayıda projelerde araştırmacı ve yürütücü olarak görev almış ve yine akustik alanında çok sayıda konferans bildirisi ve bilimsel makalesi bulunmaktadır.

İlkcan COŞKUN

1987 yılı İzmit doğumludur. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. 2015 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamlamıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine devam etmektedir. Ayrıca Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü'nü 2014 yılında bitirmiştir. Bir müddet T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nda Mekatronik Mühendisi olarak çalıştıktan sonra, 2011-2017 yılları arasında Türk Standardları Enstitüsü Makine Laboratuvarı Müdürlüğü'nde Deney Personeli, Kalibrasyon Müdürlüğü'nde Elektriksel Kalibrasyon Laboratuvarı Sorumlusu, Anadolu Yakası İthalat Müdürlüğü'nde ise Denetçi olarak görev almıştır. 2017 yılından bu yana TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Akustik Laboratuvarı'nda Uzman Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Ayrıca TÜRKAK denetçi havuzunda teknik uzman olarak yer almaktadır.

Serkan BEŞİROĞLU

1976 yılı İstanbul doğumludur. 1994 yılında Gebze Endüstri Meslek Lisesi'nde mezun olmuştur. 1995-1997 yılları arasında Süperlas Fabrikasında Elektronik teknisyeni olarak çalışmış, 2002 - 2014 yılları arasında TÜBİTAK Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü'nde çalışarak çeşitli projelerde görev almıştır. 2014 yılından bu yana TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Akustik Laboratuvarı'nda Uzman Teknisyen olarak çalışmaktadır.