



TİTREŞİM UYARICISI KALİBRASYONU KARŞILAŞTIRMASI SONUÇ RAPORU

UME-G2TI-2013-01

**TÜBİTAK UME
TİTREŞİM LABORATUVARI**

21 Ekim 2013



İÇİNDEKİLER

1.	Kapsam.....	3
2.	Katılımcılar	4
3.	Sonuçların Raporlanması.....	4
4.	Karşılaştırma'da Kullanılan Titreşim Uyarıcının Kararlılık Ölçümleri	4
5.	Değerlendirme	7
6.	Sonuç.....	9

1. Kapsam

Laboratuvarlar arası karşılaştırmalar (LAK) ve yeterlilik deneyleri (YT), kalibrasyon/deney laboratuvarlarının teknik yeterliliklerini değerlendirmekte önemli araçtır. Bu husus, TS EN ISO/IEC 17025 standardında belirtilir. Akredite laboratuvarların veya akreditasyon için başvuran laboratuvarların, akreditasyon kapsamlarındaki ölçüm büyüklükleri ile ilgili YT programına ve/veya LAK'lara katılmaları ve başarılı sonuçlar elde etmiş olmaları TÜRKAK tarafından aranan bir gerekliliktir.

Ülke içindeki kalibrasyon laboratuvarlarının Titreşim Uyarıcısı Kalibrasyonu konusunda karşılaştırma ihtiyacı dikkate alınarak, bu alanda bir laboratuvarlar arası karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma titreşim uyarıcıların ürettikleri ivme ve frekans değerlerinin ölçümünü kapsamaktadır.

Karşılaştırma kapsamında, Brüel & Kjaer marka 4294 model (Şekil 1) Titreşim Uyarıcısı kullanılmıştır.



Şekil 1. Brüel & Kjaer marka 4294 Titreşim Uyarıcısı

Titreşim uyarıcısı bir frekansta ve bir seviyede ivme üretmektedir. Karşılaştırma ölçümleri sırasında Tablo 1’de verilen frekans, ivme değeri ölçülmüştür. İsteğe bağlı olan toplam harmonik bozulma (2. ve 3. harmoniklerin toplamı) ölçümleri katılımcılar tarafından ölçülmemiştir.

Tablo 1. Karşılaştırma Ölçüm Parametreleri

Parametre	Nominal Değeri
Frekans, [Hz]	159,2
İvme, (rms) [m/s ²]	10

2. Katılımcılar

Katılımcılar tarafından gerçekleştirilen ölçümlerle ilgili olarak, karşılaştırmada kullanılan titreşim uyarıcının karşılaştırmaya katılan laboratuvarlara gönderilme ve teslim alma tarihleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Titreşim Uyarıcının Laboratuvarlara Teslim Etme/Teslim Alma Tarihleri

Laboratuvar	Şehir	Teslim Etme/Alma Tarihleri
TÜBİTAK SAGE	ANKARA	03 - 08 Temmuz 2013
AVL Kalibrasyon Laboratuvarı LTD. ŞTİ.	ANKARA	12 - 23 Temmuz 2013

3. Sonuçların Raporlanması

Karşılaştırma katılımcılarından TÜBİTAK SAGE ölçümleri 04-05 Temmuz 2013 tarihlerinde gerçekleştirmiş olup Ölçüm Sonuç formunu 26 Temmuz 2013 tarihinde doldurmuş ve UME’ye göndermiştir. AVL Kalibrasyon Laboratuvarı ise 17 Temmuz 2013 tarihinde ölçümleri yapıp yine aynı tarihte Ölçüm Sonuç formunu doldurmuş ve UME’ye göndermiştir. Karşılaştırmaya katılan laboratuvarların ölçüm sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Karşılaştırmaya Katılan Laboratuvarların Ölçüm Sonuçları Ve Belirsizlik Değerleri

Laboratuvar	İvme, x_{lab} (m/s ²)	Belirsizlik, U_{lab} (%), (k=2)	Frekans, x_{lab} (Hz)	Belirsizlik, U_{lab} (%), (k=2)
TÜBİTAK SAGE	9,989	1,5	159,14	0,5
AVL Kalibrasyon Laboratuvarı	9,93	1	159,163	1

4. Karşılaştırma’da Kullanılan Titreşim Uyarıcının Kararlılık Ölçümleri

Karşılaştırmada kullanılan Brüel&Kjaer Marka 4294 Model 2056740 seri nolu titreşim uyarıcının kararlılık ölçümleri 12 Nisan 2013-26 Temmuz 2013 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu tarihler arasında titreşim uyarıcının ivme seviyesi ve frekans değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Karşılaştırmada Kullanılan Titreşim Uyarıcıya ait İvme ve Frekans Değerleri

Ölçüm No	Tarih	Seviye	Frekans
		(m/s ²)	(Hz)
1	12.04.2013	9,959	159,156
2	31.05.2013	9,965	159,150
3	10.06.2013	9,959	159,152
4	02.07.2013	9,950	159,154
5	09.07.2013	9,946	159,155
6	26.07.2013	9,935	159,156

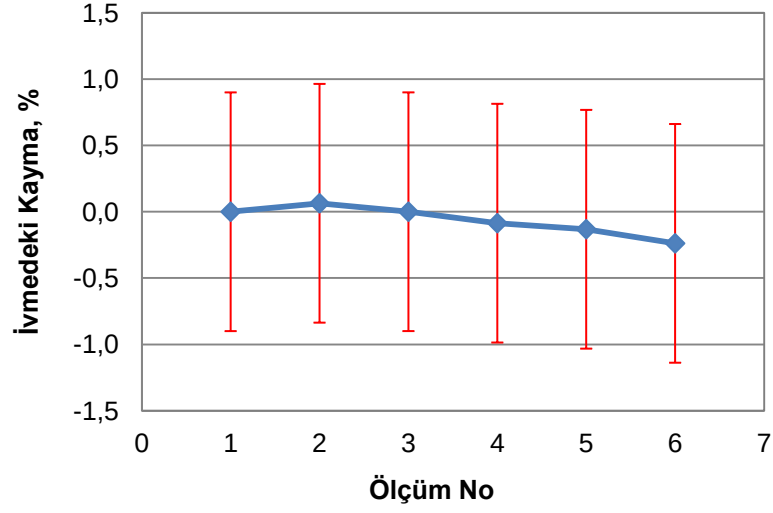
Karşılaştırma öncesinde, karşılaştırma sırasında ve sonrasında yapılan izleme ölçümlerinin sonuçları incelenmiştir. Yapılan değerlendirmede karşılaştırmada kullanılan titreşim uyarıcının hem ivme hem de frekans değerlerinde kayma olduğu ancak, karşılaştırmayı düzenleyen UME'nin belirsizlik değeri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede ise bu kaymanın ihmal edilebilir seviyede kayma olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle karşılaştırma referans değeri olarak, kararlılık ölçümlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Karşılaştırma referans değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Karşılaştırma Referans ve Belirsizlik Değerleri

	Karşılaştırma Referans Değerleri, x_{ref}	Birim	Belirsizlik, U_{lab} (%), ($k=2$)	Birim
İvme	9,952	m/s ²	0,91	%
Frekans	159,154	Hz	0,01	Hz

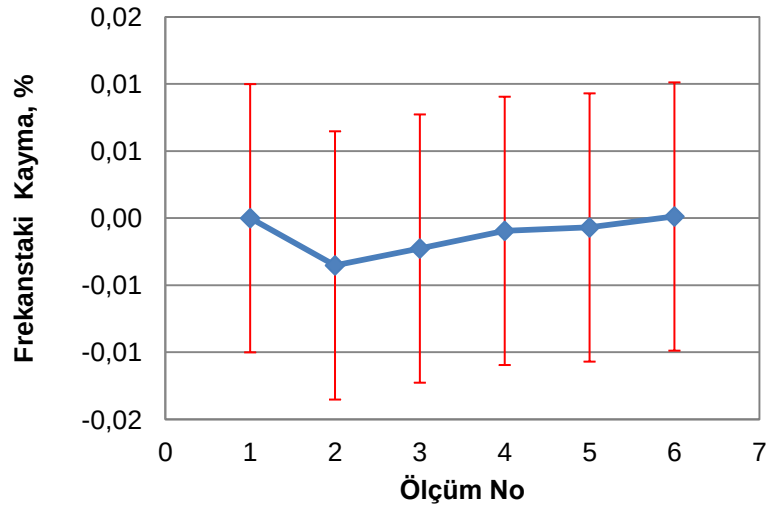
Karşılaştırma'da kullanılan titreşim uyarıcıya ait ivme ve frekans değerlerinin, 1. ölçümlerde elde edilen değerlere göre kararlılık grafikleri Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

İvme



Şekil 2. Titreşim uyarıcının ivme seviyesinin kararlılığı

Frekans



Şekil 3. Titreşim uyarıcının frekans kararlılığı

5. Değerlendirme

Karşılaştırmada referans değer, TÜBİTAK UME’de alınan ölçüm sonuçları üzerinden belirlenmiştir. Katılımcı laboratuvarların ölçüm sonuçları, ISO/IEC 17043 standardında belirtilen ve eşitlik (1)’e göre hesaplanan E_n değerine göre değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda eşitlik (1) ile verilen ifade kullanılmıştır.

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

x_{lab} : Katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu

x_{ref} : TÜBİTAK UME’nin ölçüm sonucu

U_{lab} : Katılımcı laboratuvarın ölçüm belirsizliği

U_{ref} : TÜBİTAK UME’nin ölçüm belirsizliği

Yapılan hesaplama sonucunda hesaplanan E_n değerleri ve laboratuvarın ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. İvme Seviyesi için Hesaplanan E_n faktörü ve Karşılaştırmının Değerlendirmesi

Lab Adı	İvme, x_{lab} (m/s ²)	Belirsizlik, U_{lab} (%), (k=2)	Belirsizlik, U_{lab} (m/s ²), (k=2)	E_n	Durum
AVL	9,93	1,0	0,099	-0,17	Başarılı
SAGE	9,99	1,5	0,150	0,21	Başarılı

Tablo 7. Frekans için Hesaplanan E_n faktörü ve Karşılaştırmının Değerlendirmesi

Lab Adı	Frekans, x_{lab} (Hz)	Belirsizlik, U_{lab} (%), (k=2)	Belirsizlik, U_{lab} (Hz), (k=2)	E_n	Durum
AVL	159,163	1,00	1,592	0,006	Başarılı
SAGE	159,154	0,50	0,796	0,000	Başarılı

TÜBİTAK UME'nin karşılaştırmada referans olarak kullanılan ölçüm sonuçları, UME'nin bu alanda verdiği hizmetlerin bir göstergesidir. TÜBİTAK UME'nin sonuçları için de bir değerlendirme yapılması istendiğinde eşitlik (1) ile verilen E_n değerleri UME için hesaplanamayacaktır.

Titreşim alanında yapılan uluslararası karşılaştırmalarda (CCAUV.V-K1, EURAMET AUV.V-K1 Karşılaştırmaları) karşılaştırmayı düzenleyen pilot laboratuvarın sonuçlarının da değerlendirilmeye alınabilmesi için karşılaştırma ortalama ve belirsizlik değerleri (Tablo 8) hesaplanmasında ağırlıklı ortalama değerleri dikkate alınır. Ağırlıklı ortalama değerlerinde tüm katılımcıların belirsizlik değerleri dikkate alınır. Böyle bir durum dikkate alınarak yapılan hesaplama ve karşılaştırmaların değerlendirme sonuçları Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 8. İvme için Ağırlıklı Ortalama Kullanılarak Hesaplanan Referans Değerler ve Belirsizlikleri

	Referans Değer, x_{ref}	Belirsizlik, U_{ref} ($k=2$)
İvme, m/s^2	9,950	0,0608
Frekans, Hz	159,154	0,0100

Tablo 9. İvme için Ağırlıklı Ortalama Kullanılarak Hesaplanan Referans Değer Kullanıldığında Hesaplanan E_n faktörü ve Karşılaştırmaların Değerlendirmesi

Lab Adı	İvme, x_{lab} m/s^2	Belirsizlik, U_{lab} m/s^2 , $k=2$	E_n	Durum
AVL	9,93	0,099	-0,25	Başarılı
SAGE	9,99	0,150	0,28	Başarılı
UME	9,95	0,090	0,04	Başarılı

Tablo 10. Frekans için Ağırlıklı Ortalama Kullanılarak Hesaplanan Referans Değer Kullanıldığında Hesaplanan E_n faktörü ve Karşılaştırmaların Değerlendirmesi

Lab Adı	Frekans, x_{lab} Hz	Belirsizlik, U_{lab} Hz, $k=2$	E_n	Durum
AVL	159,163	1,592	0,006	Başarılı
SAGE	159,154	0,796	0,000	Başarılı
UME	159,154	0,01	-0,003	Başarılı



6. Sonuç

Ülkemizde titreşim alanında ilk kez düzenlenen titreşim uyarıcıların kalibrasyonu kapsamındaki karşılaştırma ölçümleri tamamlanmıştır. Karşılaştırma teknik protokolünde tanımlanan değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda katılımcı laboratuvarlar için ivme ve frekans büyüklükleri için hesaplanan normalizasyon hatası $E_n \leq 1$ şartını sağlanmaktadır. Bu nedenle katılımcı laboratuvarların Titreşim Uyarıcı kalibrasyonları için beyan ettikleri belirsizlik değerlerinin laboratuvarların kalibrasyon yeteneklerini desteklediği sonucuna varılmıştır.