

100 kV AC Yüksek Gerilim Karşılaştırması

AC High Voltage Comparison up to 100 kV

Ahmet Merev, Serkan Dedeoğlu, İsmail Karaman, Volkan Ayva,

TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı

ahmet.merev@tubitak.gov.tr , serkan.dedeoglu@tubitak.gov.tr , ismail.karaman@tubitak.gov.tr, volkan.ayva@tubitak.gov.tr

Özet

Laboratuvarlar arası karşılaştırmalar (LAK) deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının teknik yeterliliklerinin ve verdikleri hizmet kalitesinin değerlendirilmesi için önemli bir araçtır ve bu durum TS EN ISO/IEC 17025:2005 standardı ile TÜRKAK (Türk Akreditasyon Kurumu) dokümanlarında da ayrıntılı olarak belirtilmektedir [1-3]. Yüksek gerilim ölçümleri konusunda karşılaştırma organizasyonları referans sistemlerin büyüklüğü ve laboratuvarlara performanslarında değişiklik olmadan taşınmasındaki problemler nedeniyle çok sık düzenlenememektedir. Yüksek gerilim alanında, TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarının koordinatörlüğünde ilk defa çok katılımlı bir karşılaştırma organizasyonu 2016 yılı içerisinde düzenlenmiştir. Bu çalışmada, 30 katılımcı laboratuvarın yer almasıyla gerçekleştirilen AC yüksek gerilim karşılaştırmasının yapısına, değerlendirme kriterlerine ve sonuçlarına yer verilmiştir.

Abstract

Inter-laboratory comparisons (ILC) for the evaluation of test and calibration laboratories of technical competence and their service quality is an important tool and in this case is also specified in TS EN ISO / IEC 17025: 2005 and TÜRKAK (Turkish Accreditation Agency) documents in detail [1-3]. High voltage measurements comparisons often cannot be held due to size of reference systems and the difficulties in transporting to the laboratory. In high-voltage field, TÜBİTAK UME High Voltage Laboratory has coordinated the first comparisons with very participatory in 2016. In this paper; structure, evaluation criteria and results of AC high voltage comparison with 30 participants are introduced.

1. Giriş

Kalibrasyon veya deney laboratuvarlarının gerçekleştirmiş oldukları kalibrasyonlar ile rutin veya tip deneylerinde ölçümlerin güvenilirliği, gerçekleştirilen ölçümlerin kalitesi ile belirlenmektedir. Ölçüm kalitesi ise, ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile doğru orantılıdır. laboratuvarlar arası karşılaştırmalar, kalibrasyon ve deney konusunda faaliyet gösteren laboratuvarların performansının belirlenmesinde önemli bir unsurdur ve laboratuvar performansının diğer laboratuvarlarla karşılaştırılmasında da etkili bir yöntemdir.

Belli bir deney veya kalibrasyon faaliyeti içerisinde bulunan bir laboratuvarın yeterliliğini kanıtlanmasının bir diğer yolu da

laboratuvarın bağımsız kurumlar tarafından akreditasyonudur. Laboratuvar akreditasyonu sırasında ve akreditasyonun değerlendirme sürecinde, laboratuvarların katılmış oldukları karşılaştırmalardan elde ettikleri sonuçlar da önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir.

TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı, özellikle ülkemiz elektromekanik sanayi üreticilerinin sahip oldukları deney laboratuvarlarının yeterlilik deneyi ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla ilk olarak 2010 yılında olmak üzere ve bunu takip eden yıllarda da çeşitli yeterlilik deneyleri düzenlemiştir. Bilindiği üzere yüksek gerilim deneyleri, ağırlıklı olarak ölçüme dayalı olmayıp deneyden “Geçti/Başarılı” veya “Kaldı/Başarısız” prensibine göre gerçekleştirilmektedir. Bu prensip, ilkesel olarak yeterlilik deney sonuçlarının değerlendirilmesinde ISO/IEC 17043 ve ISO/IEC 13528 standartlarına göre aykırılık teşkil etmektedir [4,5]. Bu nedenle özellikle yüksek gerilim alanında gerçekleştirilmesi imkânsız olan yeterlilik deneyleri yerine, deney laboratuvarlarının yüksek gerilim deneylerinde kullandıkları ölçüm sistemleriyle karşılaştırmalara iştirak etmeleri ve başarılı sonuçlar elde etmeleri beklenmektedir. Bu metot tüm dünyada izlenen alternatif ve geçerliliği olan bir yöntemdir.

2016 yılı içerisinde gerçekleştirilen karşılaştırmada, TÜBİTAK UME'ye ait referans ölçüm sistemi kullanılarak;

- Kullanıcıya ait ölçüm sisteminin doğrusalığının IEC 60060-2 standardına [6] göre belirlenmesi (performans deneyi);
- Kullanıcıya ait ölçüm sisteminin kısa dönem kararsızlığının IEC 60060-2 standardına [6] göre belirlenmesi konularını kapsamaktadır.

2. Karşılaştırma Bilgileri

2.1. Katılımcı Laboratuvarlar

2016 yılının Şubat ayı içerisinde başlayan karşılaştırma organizasyonu, Temmuz ayı içerisinde ölçüm alma aşaması ile tamamlanmıştır. Organizasyona 30 katılımcı laboratuvar kayıt olmuş ve katılımcılar 5 grupta toplanmıştır. TÜBİTAK UME'ye ait referans ölçüm sistemi sırasıyla İstanbul, Kocaeli, Ankara-1, Ankara-2, Ege ve Güney Anadolu adı verilen gruplara bölünmüş olan katılımcılara gönderilmiştir. Katılımcıların listesi Tablo 1'de verilmiştir. Laboratuvarların grupsal dağılımı Resim 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Karşılaştırma Katılımcıları

No	Laboratuvar	Kısaltmalar
1	ABB ELEKTRİK SANAYİ A.Ş. GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ TEST LAB.	ABB-1
2	ABB ELEKTRİK SANAYİ A.Ş. DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİ TEST LAB.	ABB-2
3	ALCE ELEKTRİK SAN. VE TİC. A.Ş.	ALCE
4	ALSTOM GRID ENERJİ ENDÜSTRİSİ A.Ş. DENEY LAB.	ALSTOM
5	ANADOLU KALİBRASYON LTD.ŞTİ.	ANADOLU
6	DGS ENERJİ TEST KONT. KAL. ÖLÇ. MUA. VE GÖZ. SAN. TİC.LTD.ŞTİ. KAL. LAB.	DGS
7	BEST A.Ş. DENEY LABORATUVARI	BEST
8	ELİMSAN ŞALT CİHAZLARI VE ELEKTROMEKANİK SAN. VE TİC. A.Ş. DENEY LAB.	ELİMSAN
9	ELKİMA TRAFÖ TEST LABORATUVARI	ELKİMA
10	ELTAŞ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. A.Ş. MERKEZ TEST LAB.	ELTAŞ-1
11	ELTAŞ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. A.Ş. ŞUBE TEST LAB.	ELTAŞ-2
12	ELOPAR ELEKTRONİK ELEKTRİK OTO. İNŞ. SAN. TİC. A.Ş.	ELOPAR
13	EMEK ELEKTRİK ENDÜSTRİSİ A.Ş.	EMEK
14	ENPAY TRANSFORMER COMPONENTS	ENPAY
15	ESİTAŞ ELEKTRİK SAN. VE TİCARET A.Ş.	ESİTAŞ
16	EUROPOWER ENERJİ VE OTOMASYON TEK. SAN. TİC. A.Ş.	EUROPOWER
17	HES KABLO (HACILAR ELEKTRİK SAN. TİC. A.Ş.)	HES
18	HIZAL ELEKTROEROZYON SAN. TİC. LTD	HIZAL
19	ÖZGÜNEY TRAFÖ DENEY LABORATUVARI-1	ÖZGÜNEY-1
20	ÖZGÜNEY TRAFÖ DENEY LABORATUVARI-2	ÖZGÜNEY-2
21	PIFFNER TRANSFORMATÖR ve ELK. GEREÇLERİ ÜRETİM SAN. Ve TİC. A.Ş.	PIFFNER
22	SCHNEIDER ELEKTRİK SAN. VE TİCARET A.Ş.	SCHNEIDER-1
23	SCHNEIDER ENERJİ ENDÜSTRİSİ SAN. VE TİCARET A.Ş. DENEY LABORATUVARI	SCHNEIDER-2
24	SEM TRANSFORMATÖR A.Ş. DENEY LABORATUVARI	SEM
25	SÖNMEZ TRANSFORMATÖR SAN. TİC. A.Ş. DENEY LAB.	SÖNMEZ
26	TRANSFORMATÖR ELEKTROMEKANİK TİC. LTD. ŞTİ. DENEY LAB.	BETA
27	TESTONE TEKNOLOJİ ÇÖZÜMLERİ SAN. TİC. A.Ş. KALİBRASYON LAB.	TESTONE
28	ULUSOY ELEKTRİK İMALAT TAAHHÜT VE TİCARET A.Ş.	ULUSOY
29	UMS KALİTE ELEKTRİKSEL KALİBRASYON SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	UMS
30	TÜBİTAK ÜME YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI	TÜBİTAK ÜME

İstanbul Grubu	Kocaeli Grubu	Ankara-1 Grubu	Ankara-2 Grubu	Ege Grubu	G.Anadolu Grubu
<ul style="list-style-type: none"> • ABB-1 • ABB-2 • ALCE • DGS ENERJİ • ESİTAŞ • SCHNEIDER-2 • TESTONE 	<ul style="list-style-type: none"> • ALSTOM • ELİMSAN • ELOPAR • ENPAY • SÖNMEZ • TÜBİTAK ÜME 	<ul style="list-style-type: none"> • EMEK • EUROPOWER • HIZAL • PFIFFNER • UMS 	<ul style="list-style-type: none"> • ÖZGÜNEY 1 • ÖZGÜNEY 2 • SEM • ULUSOY 	<ul style="list-style-type: none"> • BEST • ELKİMA • ELTAŞ-1 • ELTAŞ-2 • SCHNEIDER-1 	<ul style="list-style-type: none"> • ANADOLU • BETA • HES

Şekil 1. Katılımcıların grupsal dağılımı

2.2. Referans Ölçüm Sistemi

AC yüksek gerilim karşılaştırmasında referans olarak kullanılacak ölçüm sistemi; 100 kV'luk 100 pF kapasitansa sahip SF₆ gaz yalıtımlı gerilim bölücüsünden (Şekil 2), 50 Ω karakteristik empedansa sahip ölçüm kablosundan, kablo konektörlerinden, 6,5 dijital çözünürlüğe sahip dijital multimetreden, özel bir yazılım ve taşınabilir bir bilgisayardan

oluşmaktadır. Referans ölçüm sistemini oluşturan en önemli metrolojik eleman olan gerilim bölücüsünün özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Gerilim Bölücüsünün Özellikleri

Parametre	Özellikler
Çalışma Gerilimi	≤ 100 kV
YG Kapasitörü (Nominal)	100 pF
İzolasyon Gazı	SF ₆
Gaz Basıncı (Maksimum)	4 bar
Tan δ (Maksimum)	1×10 ⁻⁵
Ölçüm Belirsizliği	≤ 500 ppm
Sıcaklık Katsayısı	3×10 ⁻⁵ 1/K
Gerilim Katsayısı	3×10 ⁻⁵
Çalışma Sıcaklığı	5-40 °C
Mutlak Nem (40 °C)	≤ 75 °C
Yükseklik	950 mm
Taşıyıcı Boyutları	420×420 mm
Ağırlık	46 kg

**Resim 2. Referans Gerilim Bölücüsü**

2.3. Ölçüm Yöntemi

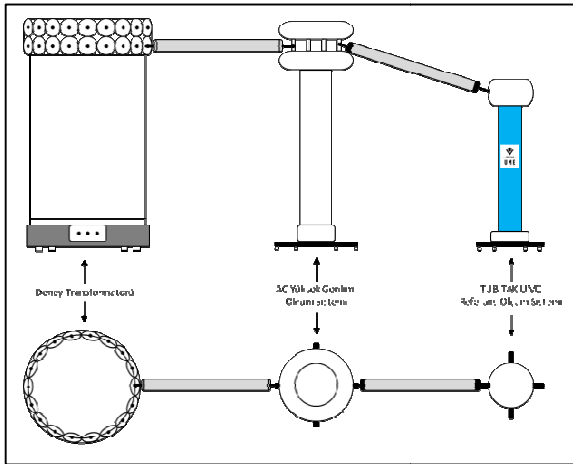
AC yüksek gerilim karşılaştırmasıyla; kalibrasyon ve deney laboratuvarlarında kullanılmakta olan ölçüm sistemlerinin 50 Hz RMS veya tepe değerli (peak) şebeke frekanslı yüksek

gerilim altındaki ölçüm performansı (doğrusallık) ve kısa dönem kararsızlığının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Ölçüm performansı 50 Hz şebeke frekanslı yüksek gerilim altında RMS ve tepe değerleri için gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmaya katılan 30 laboratuvaradan 23'ü RMS, 11'i tepe değer ölçümler gerçekleştirmiştir. 4 laboratuvar ise hem RMS hem tepe değer ölçümlerine katılım sağlamışlardır.

Ölçüm düzeneğinin prensip gösterilimi Resim 3'de verilmiştir. Bu yapı temsili bir gösterilimdir. Çünkü katılımcıların laboratuvar şartları, deney transformatörü ya da AC kaynağı ve gerilim bölücüsünün yapısı farklılıklar göstermektedir. Ölçümler en düşük seviye olan 20 kV'dan başlayarak 40-60-80 ve 100 kV'da gerilim seviyelerinde 10'ar okuma alınarak eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Toplam 50 karşılıklı okuma sonucunda referans ölçüm sisteminin skala faktörü belirlenmiş ve elde edilen değer referans değere göre karşılaştırılmıştır.

Performans deneyi sonucunda elde edilen değerler kullanılarak, laboratuvara ait ölçüm sistemlerinin doğrusallığı da tespit edilmiştir. Bu konuda herhangi bir değerlendirme kriteri belirlenmemiş, ölçüm sisteminin doğrusallığının IEC 60060-2 standardına göre uygun olup olmadığı konusunda katılımcı laboratuvarlara bilgi vermek amaçlanmıştır. Ölçüm sistemlerinin doğrusallık etkisi, IEC 60060-2 standardına göre $\pm 1\%$ toleransın dışında olmaması gerekmektedir [5].

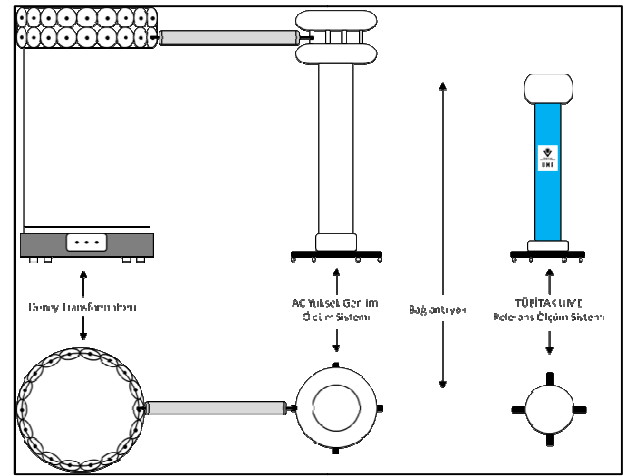


Resim 3. Karşılaştırma ölçüm düzeneği

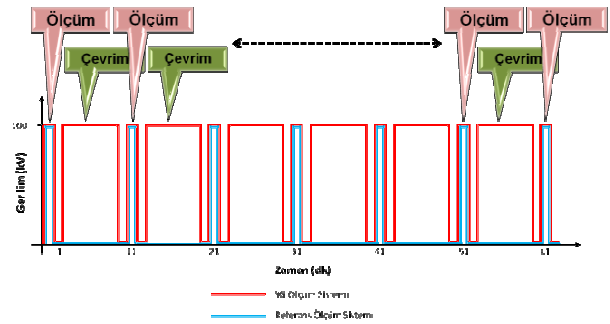
Kısa dönem kararsızlığı (KDK) deneyi, laboratuvara ait ölçüm sisteminin, 100 kV gerilim seviyesinde ve 60 dakika boyunca gerilim altında skala faktörünün değişiminin belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu deneyde Resim 3 ile birlikte Resim 4'te gösterilen 2 farklı tipte devre düzeneği ve Resim 5'de verilen çevrim düzeni göz önünde bulundurulmuştur.

Başlangıç durumunda ölçüm sistemi Şekil 3'deki gibi bağlanmış (ölçüm düzeni) ve gerilim 100 kV'a yükseltildikten sonra performans deneyindeki gibi karşılıklı 10'ar değer alınmıştır (0. dk ölçümleri). Ardından yüksek gerilim kesilerek ve referans gerilim bölücüsü devreden ayrılarak Resim 4'deki ölçüm düzeneği oluşturulmuş, tekrar sistem enerjilendirilerek gerilim tekrar 100 kV seviyesine artırılmıştır. Bu gerilim seviyesi korunarak, sistemde herhangi bir ölçüm alınmaksızın 10 dakika boyunca ölçüm sistemi gerilim altında tutulmuştur (çevrim düzeni). 10. dakikanın ardından yüksek gerilim kesilmiş, sistem topraklanarak referans gerilim bölücüsü

devreye tekrar bağlanmış ve Resim 3'deki gibi ölçüm düzeneği yeniden oluşturulmuştur. Gerilim 100 kV'a yükseltildikten sonra performans deneyindeki gibi karşılıklı 10'ar değer alınmış (10. dk ölçümleri) ve 1. çevrim tamamlanmıştır. Bu çevrim işlemi 5 kez tekrarlanarak 50. dakikadaki ölçümler alındıktan sonra (5. çevrim tamamlandıktan sonra) deney sonlandırılmıştır. Kısa dönem kararsızlığı deneyi sonucunda, 1 tanesi deney öncesi (0. dk ölçümleri) ve 5 tanesi de çevrim sonrasında gerçekleştirilen ölçümler olmak üzere toplam 6 seri ölçüm elde edilmiştir. Elde edilen değerlerden ölçüm sisteminin kararsızlığı IEC 60060-2 standardına göre değerlendirilmiş ve ilgili standarda göre uygun olup olmadığı konusunda laboratuvarlar bilgilendirilmiştir. Kısa dönem kararsızlığı deneyi ile ilgili olarak, IEC 60060-2 standardının belirtmiş olduğu $\pm 1\%$ toleransın dışında olan laboratuvarlardan herhangi bir aksiyon gerçekleştirip gerçekleştirilmemesi konusunda sorumluluk kendilerine bırakılmıştır [5].



Resim 4. KDK deneyi çevrim anındaki bağlantı durumu (çevrim durumu)



Resim 5. KDK deneyi ölçüm ve çevrim düzeni

2.4. Değerlendirme

Karşılaştırma ölçümlerinde katılımcılardan performans (doğrusallık) ve kısa dönem kararsızlık deneylerini (KDK) gerçekleştirmeleri istenmiştir. Ancak ISO/IEC 17043 standardına göre değerlendirme kriteri sadece performans deneyi sonucu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Performans deneyinde elde edilen ölçüm sonuçları belirsizlik ifadesiyle birlikte katılımcı laboratuvarlar tarafından koordinatöre gizlilik koşulları altında iletilmiştir. Tüm katılımcılardan elde

edilen sonuçlar ve belirsizlik değerleri ISO/IEC 17043 standardında belirtilen değerlendirme ölçütleri arasında yer alan E_n skoru metodu kullanılarak sonuçlandırılmıştır. Her laboratuvara ait E_n değeri (1) bağımsız kullanılarak hesaplanmıştır [4].

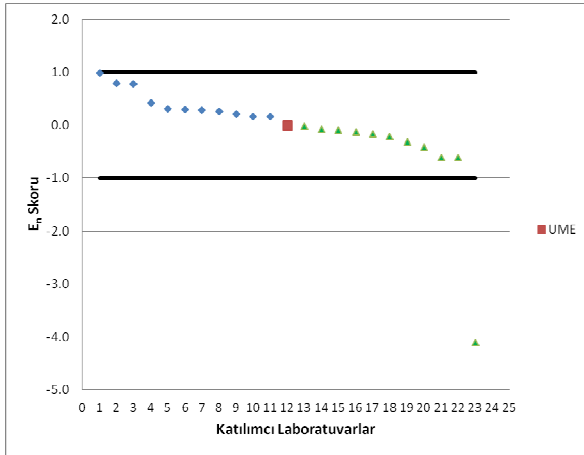
$$E_n = \frac{(x_{lab} - X_{ref})}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

Burada; X_{ref} referans değer; x_{lab} katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu, U_{lab} katılımcı laboratuvarın genişletilmiş ölçüm belirsizliği ve U_{ref} , referans laboratuvarın tanımladığı referans değer genişletilmiş ölçüm belirsizliğidir. Değerlendirme aşamasında her laboratuvarın E_n skorları tespit edilmiştir ve ölçüm sonuçları aşağıda belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Buna göre;

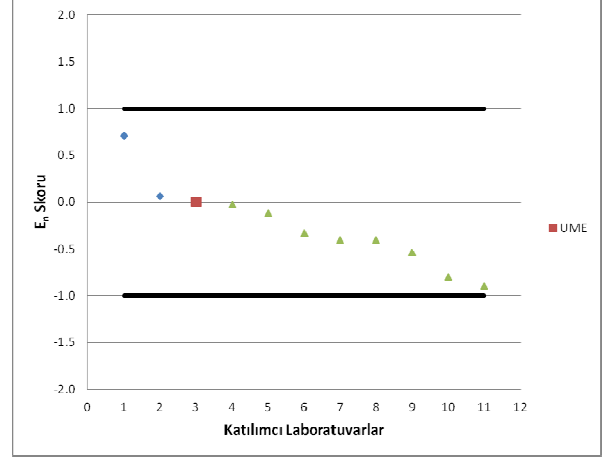
- $|E_n| \leq 1,0$ durumunda laboratuvarın karşılaştırmadaki performansı uygun (yeterli) olarak değerlendirilmiş,
- $|E_n| > 1,0$ durumunda ise laboratuvarın performansı uygun görülmemiştir.

3. Ölçüm Sonuçları

Karşılaştırmaya katılan 30 laboratuvardan 23'ü RMS, 11'i tepe değer ölçümler gerçekleştirmiştir. 4 laboratuvar ise hem tepe değer hem de RMS ölçümleriyle karşılaştırmaya iştirak sağlamışlardır. RMS ölçümlerinde karşılaştırmaya katılım sağlayan 1 laboratuvar ISO/IEC 17043 standardında belirtilen E_n skoru sınırları dışında kalmıştır (Resim 6).



Resim 6. Karşılaştırma Sonuçları (rms)



Resim 7. Karşılaştırma Sonuçları (tepe değer)

4. Sonuç

Belli bir deney veya kalibrasyon faaliyeti içerisinde bulunan bir laboratuvarın yeterliliğini kanıtlamasının en önemli yolu laboratuvarın bağımsız kurumlar tarafından akreditasyonudur. Laboratuvar akreditasyonu sırasında ve akreditasyonun değerlendirme sürecinde, laboratuvarların katılmış oldukları karşılaştırmalardan elde ettikleri sonuçlar da önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir. Yüksek gerilim ölçümlerinde ve deneylerinde kullanılan ölçüm sistemlerinin taşınabilirlikleri çok sınırlı olması sebebiyle, bu konuda yeterlilik deneyleri ve karşılaştırmaların organizasyonları yeteri sıklıkla gerçekleştirilememektedir. TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarının koordinasyonunda 2016 yılı başında başlatılan AC Yüksek Gerilim Karşılaştırması, en fazla 100 kV AC yüksek gerilim seviyesinde (50Hz) planlanmıştır. Toplam 30 katılımcı laboratuvarın iştirak ettiği karşılaştırma RMS ve tepe değer ölçümlerinde yapılmış olup ISO/IEC 17043 standardı referans alınarak E_n skoru üzerinden değerlendirilme yapılmıştır. Buna göre RMS ölçümlerinde karşılaştırmaya katılan 1 laboratuvar uygun olmayan sonuçlar elde etmiştir. Tepe değer ölçümlerinde karşılaştırmaya katılan laboratuvarlardan herhangi bir uygunsuz sonuçla karşılaşmamıştır [4].

5. Referanslar

- [1] IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, 2010.
- [2] ILAC-P9: Policy for participation in proficiency testing activities, 2014.
- [3] EA-4/18: Guidance on the level and frequency of proficiency testing participation, 2010.
- [4] IEC 17043: Conformity assessment-General requirements for proficiency testing, 2010.
- [5] ISO/IEC 13528: Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison, 2015.
- [6] IEC 60060-2: High-voltage testing techniques-Measuring systems, 2010.