



YÜKSEK GERİLİM ALTINDA KAPASİTANS (C) VE KAYIP FAKTÖRÜ (Tan δ) ÖLÇÜMLERİ YETERLİLİK DENEYİ

SONUÇ RAPORU

Karşılaştırma No:

UME-G1YG-2022-01

Hazırlayanlar

Sami ÖZER

Doç. Dr. Ahmet MEREV

TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI
28 Aralık 2022

Yüksek gerilim altında kapasitans (C) ve kayıp faktörü ($\tan\delta$) ölçümleri yeterlilik deneyi “ISO/IEC 17043: 2010 Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing” standardına uygun olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı tarafından düzenlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Yazışma Adresi

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)
Yüksek Gerilim Laboratuvarı
Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1
41470 Gebze KOCAELİ
Tel: 262 6795000 (4350) Faks: 262 6795001
www.ume.tubitak.gov.tr

TÜBİTAK UME karşılaştırma sonuç raporunda değişiklik yapmaya tam yetkilidir.

Yeterlilik deneyine katılmayı kabul eden tüm katılımcılar karşılaştırma protokolünde belirtilen tüm şartları kabul etmiş sayılmaktadır.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	4
2. ÇALIŞMANIN AMACI	5
3. DÜZENLEYİCİ KURULUŞ.....	5
4. KATILIMCILAR.....	6
5. DENEY NUMUNESİ.....	7
6. YETERLİLİK DENEYİ İLGİLİ GENEL HUSUSLAR	9
7. YETERLİLİK DENEYİ ÖLÇÜMLERİ	10
7.1 Yüksek Gerilim Altında Kapasitans ve Kayıp Faktörü (Tan δ) Ölçümü	10
8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	10
9. ÖLÇÜM SONUÇLARININ İLETİLMESİ	11
10. SONUÇLAR	11
11. KAYNAKLAR.....	13
EK. DEĞERLENDİRME.....	14

1. GİRİŞ

Kalibrasyon veya deney laboratuvarlarının gerçekleştirmiş oldukları kalibrasyon ve deneylerin güvenilirliği gerçekleştirilen ölçümlerin kalitesi ile belirlenmektedir. Ölçüm kalitesi ise, ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile doğru orantılıdır. “Yeterlilik Deneyleri” (YD) ve/veya “Laboratuvarlar Arası Karşılaştırmalar” (LAK), kalibrasyon ve deney konusunda faaliyet gösteren laboratuvarların performansının belirlenmesinde önemli bir araçtır ve laboratuvar performansının diğer laboratuvarlarla karşılaştırılmasında da etkili bir yöntemdir.

Belli bir deney veya kalibrasyon faaliyeti içerisinde bulunan bir laboratuvarın yeterliliğini kanıtlamasının 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.

“Yeterlilik Deneyleri” (YD) veya “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 17025:2017 standardı ve TÜRKAK dokümanlarında da ayrıntılı olarak belirtilmektedir [1-2].

Ülke içinde akredite olmuş veya akredite olmayı planlayan kalibrasyon ve deney laboratuvarlarının bu tür yeterlilik deneyi ihtiyaçları dikkate alınarak, TÜRKAK-TÜBİTAK UME işbirliği çerçevesinde, TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı 2022 çalışma yılı kapsamında “YÜKSEK GERİLİM ALTINDA KAPASİTANS (C) VE KAYIP FAKTÖRÜ (Tan δ) ÖLÇÜMLERİ YETERLİLİK DENEYİ” konulu yeterlilik deneyi organize etmiştir. İlgili organizasyonuna 18 laboratuvar iştirak etmiştir.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma ile; yüksek gerilim konusunda faaliyet gösteren kalibrasyon ve deney laboratuvarlarının, yüksek gerilim altında kapasitans (C) ve kayıp faktörü ($\tan\delta$) ölçümlerindeki performanslarının belirlenmesi ve laboratuvarların kendi performanslarını geliştirmeye yönelik uygulamaların oluşmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

3. DÜZENLEYİCİ KURULUŞ

Bu yeterlilik deneyi, “ISO/IEC 17043 Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing” [3] standardına uygun olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı tarafından düzenlenmiştir. Düzenleyici kuruluş olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı’nın görev ve sorumlulukları aşağıda sıralanmıştır:

1. Karşılaştırma protokolünün hazırlanması
2. Deney numunelerinin temini
3. Deney numunelerinin laboratuvarlara ulaştırılması ve teslim alınması
4. YD sonuçlarının gizlilik prensibine uygun olarak muhafazası
5. YD sonuçlarının değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması
6. YD sonuç raporunun posta veya elden katılımcılara ulaştırılması

Yazışma Adresi:

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Yüksek Gerilim Laboratuvarı
Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1 41470 Gebze KOCAELİ
Tel: (262) 6795000 (4351) Faks: (262) 6795001

Koordinatör

Sami ÖZER

Tel: 262 6795000 (4351)

E-posta: sami.ozer@tubitak.gov.tr

Yeterlilik Deneyi Web Sayfası

<https://www.ume.tubitak.gov.tr/tr/lak/yuksek-gerilim-altinda-kapasitans-c-ve-kayip-faktoru-tand-olcumleri-yeterlilik-deneyi-0>

4. KATILIMCILAR

2022 yılının ikinci yarısında başlayan yeterlilik deneyi ölçümleri, yüksek gerilim konusunda faaliyet gösteren tüm kalibrasyon ve deney laboratuvarlarının katılımına açık olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Organizasyonda toplam 18 katılımcı laboratuvar yer almıştır. Katılımcıların listesi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yeterlilik Deneyi Katılımcıları (Alfabetik Sıralamayla)

No	Laboratuvarlar	Kısaltmalar
1	TÜBİTAK UME YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI	TÜBİTAK UME
2	ALCE ELEKTRİK SANAYİ ve TİCARET A.Ş.	ALCE
3	ASTOR ENERJİ A.Ş.	ASTOR
4	AZP TRANSFORMATÖR DENEY LABORATUVARI LTD.ŞTİ.	AZP
5	ELKİMA TRAFİO LTD.ŞTİ.	ELKİMA
6	ELTAŞ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. A.Ş.	ELTAŞ
7	EMEK ELEKTRİK ENDÜSTRİSİ A.Ş.	EMEK
8	ENPAY ENDÜSTRİYEL PAZARLAMA VE YATIRIM A.Ş.	ENPAY
9	ESİTAŞ ELEKTRİK SAN ve TİC.A. Ş.	ESİTAŞ
10	GRID SOLUTIONS ENERJİ ENDÜSTRİSİ A.Ş.	GRID
11	HES HACILAR ELEKTRİK SAN. TİC. A.Ş.	HES
12	HITACHI ENERGY TURKEY ELEKTRİK SANAYİ A.Ş. (DUDULLU)	HITACHI
13	KESİR MÜHENDİSLİK ELEKTRİK MAK. İNŞ. SAN. VE LTD. ŞTİ.	KESİR
14	PIFFNER TRANSFORMATÖR VE ELEKTRİK GEREÇLERİ A.Ş.	PIFFNER
15	SCHNEIDER ENERJİ ENDÜSTRİSİ SAN. VE TİC. A.Ş.	SCHNEIDER
16	SEM TRANSFORMATÖR A.Ş.	SEM
17	SÖNMEZ TRANSFORMATÖR SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	SÖNMEZ
18	TRANSFORMATOR ELEKROMEKANİK SAN. TİC. A.Ş.	BETA

5. DENEY NUMUNESİ

“Yüksek Gerilim Altında Kapasitans (C) ve Kayıp Faktörü ($\tan\delta$) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi” numunesi yüksek gerilim kapasitörü (Şekil 1) ve kayıp faktörü ($\tan\delta$) ölçüm standardından (Şekil 2) oluşmaktadır. Karşılaştırma numunesinin taşıma ve muhafaza kutusuna ait görseller Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir. Kapasitans ve kayıp faktörü ($\tan\delta$) ölçüm standardına ait teknik özellikler Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Yüksek Gerilim Kapasitörü



Şekil 2. Kayıp Faktörü ($\tan\delta$) Ölçüm Standardı



Şekil 3. Taşıma Kutusu İç Görşeli



Şekil 4. Taşıma Kutusu Genel Görşeli

Tablo 2. Kapasitans ve Kayıp Faktörü Ölçüm Standardı Teknik Özellikleri

Cihaz	Özellikler	Açıklama
Standart Kapasitör	Marka	TÜBİTAK UME
	Model	UME1000
	Seri No	26829
	En Yüksek Test Gerilimi	10 kV AC 50 Hz
	Boyut	44x24x24 cm
	Ağırlık	5 kg
Kayıp Faktörü Ölçüm Standardı	Marka	TÜBİTAK UME
	Model	DF-1000
	Seri No	UMEG1YG202203
	Boyut	10x13x17 cm
	Ağırlık	1 kg

6. YETERLİLİK DENEYİ İLGİLİ GENEL HUSUSLAR

Yüksek Gerilim Altında Kapasitans (C) ve Kayıp Faktörü ($\tan\delta$) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi ile; kalibrasyon ve deney laboratuvarlarında kullanılmakta olan C/ $\tan\delta$ ölçüm sistemlerinin performansının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırmayla ilgili olarak katılımcıların referans aldığı doküman Yüksek Gerilim Altında Kapasitans (C) ve Kayıp Faktörü ($\tan\delta$) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi Teknik Protokolü'dür [4] . Karşılaştırma ölçümleri sırasında katılımcı laboratuvarlar aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmuşlardır.

- Deney numunesinin taşınması, muhafazası ve ölçümler esnasında gerekli hassasiyeti gösterilmiştir. Deney numunesinde herhangi bir ciddi arıza/hasar kaydı oluşmamıştır.
- Laboratuvara ait üreteç ve ölçüm sistemlerinin özellikleri IEC 60060-1 ve IEC 60060-2 standartlarına uygun niteliklere sahip olması katılımcılardan önemle talep edilmiştir [5, 6].
- Katılımcı laboratuvar, yeterlilik deney numunesine uygulanan gerilim değerine ait ölçme metodunu U_{rms} veya $U_p/\sqrt{2}$ olarak sonuçları ile beraber beyan etmeleri istenmiştir.
- Uygulanan gerilime ait frekans değerinin 50 Hz olması gerektiği konusunda katılımcılar bilgilendirilmiştir.
- Ölçüm yapılacak deney alanının tavsiye edilen ortam sıcaklığı (23 ± 2) °C olduğu katılımcılar ile paylaşılmıştır.

7. YETERLİLİK DENEYİ ÖLÇÜMLERİ

7.1 Yüksek Gerilim Altında Kapasitans ve Kayıp Faktörü (Tanδ) Ölçümü

Bu deneyde, TUBİTAK UME tarafından gönderilen yüksek gerilim kapasitörü ve kayıp faktörü ölçüm standardı ilgili karşılaştırmaya ait teknik protokol [4] **EK-3**'te gösterildiği gibi birbirine bağlanmış ve karşılaştırma numunesinin C1, C2, C3 ve C4 numaralı çıkışlarının her biri için kapasitans ve kayıp faktörü değerleri ölçülmüştür. Ölçümler UST ölçüm modunda gerçekleştirilmiş ve her bir ölçüm kademesi için 10 adet ölçüm alınarak kayıt altına alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda değerlendirme işlemi sadece C1 kademesinde ölçülen kapasitans (C) değeri ile C3 ve C4 kademelerinden ölçülen kayıp faktörü (Tanδ) değerleri için gerçekleştirilmiş olup, sonuç raporu bu değerlendirmeye göre yazılmıştır.

Katılımcı laboratuvarlar tarafından uygulanan gerilim değerlerinin değişiklik göstermesi nedeni ile TUBİTAK UME tarafından gerçekleştirilen ölçümler her bir kademe için sırası ile 2 kV - 4 kV - 6 kV - 8 kV ve 10 kV AC rms 50 Hz değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede her bir kademeye ait kapasitans (C) ve kayıp faktörü (Tanδ) değerinin gerilim bağımlılıkları belirlenmiş ve ölçüm belirsizliği değerlendirmesinde referans sistemin gerilim bağımlılığı kaynaklı düzeltme değeri olarak kullanılmıştır.

Karşılaştırma ölçümleri farklı zamanlarda ve 4 farklı coğrafi bölgede gerçekleştirilmiştir. Her bir bölgede tamamlanan ölçümler sonrası karşılaştırma numunesine ait referans değerler TUBİTAK UME tarafından tekrar ölçülerek tespit edilmiştir. Referans değerler tüm katılımcılara ait değerlendirmeler için tekrar hesaplandığından ilgili bu değerler katılımcılara iletilen sonuç raporlarında yer almaktadır.

8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tüm katılımcılardan yeterlilik deneyi sonuçları geldikten sonra, sonuçlar TUBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarları tarafından değerlendirilerek sonuç raporu hazırlanmıştır. Yeterlilik deneyinde referans değer, TUBİTAK UME'de alınan ölçüm sonuçları üzerinden belirlenmiştir.

“Yüksek Gerilim Altında Kapasitans ve Kayıp Faktörü (Tanδ) Ölçümü” için tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlar, ISO/IEC 17043 ve ISO 13528 standartlarında belirtilen değerlendirme ölçütleri arasında yer alan **En** skoru metodu kullanılarak değerlendirilmiştir [3, 7].

$$E_n = \frac{(x_i - X_{ref})}{\sqrt{U^2(x_i) + U^2(X_{ref})}} \quad (1)$$

Burada,

- X_{ref} : atanmış değer (TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarının referans ölçüm sistemiyle gerçekleştirmiş olduğu ölçüm değeridir.)
- x_i : katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu
- $U(x_i)$: katılımcı laboratuvarın ölçüm belirsizliği
- $U(X_{ref})$: referans laboratuvarın ölçüm belirsizliği

Yeterlilik deneyi sonucunda katılımcıların hesaplanan **En** skorları aşağıda belirtilen kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

- $|En| \leq 1,0$ durumunda laboratuvarın yeterlilik deneyindeki performansı uygundur (yeterlidir),
- $|En| > 1,0$ durumunda laboratuvarın performansı uygun değildir, düzeltici faaliyet uygulanmalıdır.

9. ÖLÇÜM SONUÇLARININ İLETİLMESİ

Katılımcı laboratuvarlar, karşılaştırma ölçümlerinde kullanılan laboratuvara ait ölçüm sistemi, ölçümlerin gerçekleştirildiği ortam şartları ve ölçüm sonuçlarına ait bilgiler yeterlilik deneyi protokolü EK-4, EK-4,1 ve EK-4,2'de verilen formları kullanarak karşılaştırma koordinatörüne mail yoluyla iletilmiştir [4].

10. SONUÇLAR

“Yüksek Gerilim Altında Kapasitans ve Kayıp Faktörü (Tan δ) Ölçümlerine ait En skorları Tablo 3'de, Laboratuvarlara ait değerlendirmeler EK-1'de verilmiştir.

Tablo 3. Yüksek Gerilim Altında Kapasitans (C) ve Kayıp Faktörü (Tan δ) Ölçümleri *En* Skorları

	(C1) pF	(C3) Tan δ	(C4) Tan δ
Lab. No	<i>E_n</i> -Skoru	<i>E_n</i> -Skoru	<i>E_n</i> -Skoru
P01	0,00	0,00	0,00
P02	2,50	-0,17	-1,71
P03	1,42	0,88	0,27
P04	0,32	0,10	-0,05
P05	0,57	0,11	-0,13
P06	-0,24	-0,22	-0,32
P07	2,14	0,10	0,06
P08	-0,09	0,00	-0,03
P09	0,17	0,10	-1,96
P10	1,97	0,00	-0,28
P11	0,00	-1,30	-2,97
P12	0,11	0,02	0,32
P13	0,88	-0,29	-0,40
P14	-0,21	-0,39	-0,41
P15	-0,76	-0,18	-0,18
P16	2,03	-0,02	-0,38
P17	-0,21	0,05	0,75
P18	0,10	0,11	-1,63

* *En* skorları $|En| \leq 1,0$ olan ölçümler yeşil, $|En| > 1,0$ olan ölçümler kırmızı renk ile gösterilmiştir,

11. KAYNAKLAR

1. ISO/IEC 17025 General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories, 2017,
2. P704: “Yeterlilik Deneyleri ve Laboratuvarlar Arası Karşılaştırma Programları Prosedürü” TURKAK, 2016,
3. IEC ISO/IEC 17043 Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing, 2010,
4. UME-G1YG-2022-01,Yüksek Gerilim Altında Kapasitans (C) ve Kayıp Faktörü (Tanδ) Ölçümleri Yeterlilik Deneyi Protokolü
5. IEC 60060-1 High-Voltage Test Techniques, Part-1: General definitions and test requirements, 2010,
6. IEC 60060-2 High-Voltage Test Techniques, Part-2: Measuring systems, 2010,
7. ISO 13528 Statistical Methods for Use in Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons, 2015,

