



TRANSFORMATÖRÜN YÜKTE VE BOŞTA KAYIPLARININ BELİRLENMESİ YETERLİLİK DENEYİ PROTOKOLÜ

**TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK GERİLİM LABORATUVARI**

Koordinatör: Dr. Ahmet MEREV

Rev. 03

17 Haziran 2014

Gebze/KOCAELİ

Bu yeterlilik deneyi çalışması “ISO/IEC 17043: 2010 Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing” standardına uygun olarak TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı tarafından düzenlenmektedir.

Yazışma Adresi

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)
Yüksek Gerilim Laboratuvarı
Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. No:1
41470 Gebze KOCAELİ
Tel: 262 6795000 (4300) Faks: 262 6795001
www.ume.tubitak.gov.tr

Koordinatör

Dr. Ahmet MEREV
ahmet.merev@tubitak.gov.tr

TÜBİTAK UME yeterlilik deneyi protokolünde değişiklik yapmaya tam yetkilidir. Yeterlilik deneyine katılmayı kabul eden tüm katılımcılar protokolde belirtilen şartları kabul etmiş sayılmaktadır.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	4
2. ÇALIŞMANIN AMACI	5
3. DÜZENLEYİCİ KURULUŞ.....	5
4. KATILIMCILAR.....	6
5. DENEY NUMUNESİ.....	7
6. DENEY İLE İLGİLİ GENEL ESASLAR.....	8
6.1 Yükte kayıp ölçümleri	8
6.2 Boşta kayıp ölçümleri	11
7. ÇALIŞMA PROGRAMI	13
8. DENEY PROGRAMI	14
9. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	15
10. NUMUNELERİN MUHAFAZASI, TAŞINMASI VE SİGORTA.....	15
11. DENEY NUMUNESİNİN KONTROLÜ	16
12. GİZLİLİK ve SORUMLULUKLAR.....	16
13. KAYNAKLAR.....	17
EK-1.....	18
EK-2.....	20
EK-3.....	21
EK-4.....	22

1. GİRİŞ

Bir laboratuvarın gerçekleştirmiş olduğu rutin veya tip deneylerinin ya da ölçümlerinin güvenilirliği, gerçekleştirilen ölçümlerin kalitesi ile belirlenmektedir. Ölçüm kalitesi ise, ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile doğru orantılıdır. Laboratuvar yeterlilik deneyleri, deney ve ölçüm konusunda faaliyet gösteren laboratuvarların performansının belirlenmesinde önemli bir araçtır ve laboratuvar performansının diğer laboratuvarlarla karşılaştırılmasında da etkili bir yöntemdir.

Belli bir deney ve ölçüm faaliyeti içerisinde bulunan bir laboratuvarın yeterliliğini kanıtlamasının bir diğer yolu da laboratuvarın bağımsız kurumlar tarafından akreditasyonudur. Laboratuvar akreditasyonu sırasında ve akreditasyonun değerlendirme sürecinde, laboratuvarın yeterlilik deneylerinden elde ettikleri sonuçlar da önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir.

Yeterlilik deneyleri (YD) deney laboratuvarlarının teknik yeterliliklerinin ve verdikleri hizmet kalitesinin değerlendirilmesi için önemli bir araçtır ve bu durum TS EN ISO/IEC 17025:2005 standardı ve TÜRKAK dokümanlarında da ayrıntılı olarak belirtilmektedir [1, 2]. TÜBİTAK UME Yüksek Gerilim Laboratuvarı, ülkemiz elektromekanik sanayi üreticilerinin sahip oldukları deney laboratuvarlarının yeterlilik deneyi ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla ilk olarak 2010 yılında olmak üzere ve bunu takip yıllarda çeşitli yeterlilik deneyleri düzenlemiştir. Ülke içinde akredite olmuş veya akredite olmayı planlayan deney laboratuvarlarının bu tür ölçüm ve deney ihtiyaçları dikkate alınarak, TÜRKAK-TÜBİTAK UME işbirliği çerçevesinde, UME-Yüksek Gerilim Laboratuvarı 2014 çalışma yılı kapsamında **“Transformatörün yükte ve boşta kayıplarının belirlenmesi”** konulu yeterlilik deneyi organize etmiştir. İlgili yeterlilik deneyi organizasyonuna katılmak için 15 laboratuvardan başvuru gelmiştir.

Bu yeterlilik deneyi 100 kVA gücünde 11.000 / 416/ $\sqrt{3}$ çevirme oranına sahip 5 kademeli bir dağıtım transformatörünün:

1. IEC 60076-1 standardı Madde 11.4'e göre transformatörün yükte kayıplarının ölçümü
2. IEC 60076-1 standardı Madde 11.5'e göre transformatörün boşta kayıplarının ölçümü

için deney yeterliliklerini kapsamaktadır.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada dağıtım ve güç transformatörlerinin üretimini gerçekleştiren ve bünyesinde deney laboratuvarları bulunan kurum veya kuruluşların, deney performanslarının belirlenmesi ve laboratuvarların kendi performanslarını geliştirmeye yönelik katkı sağlanması amaçlanmıştır.

3. DÜZENLEYİCİ KURULUŞ

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

1. Deney numunesinin temini
2. Deney numunesinin laboratuvarlara ulaşımı ve teslimi
3. Deney protokolünün hazırlanması
4. Yeterlilik deney sonuçlarının gizlilik prensibine uygun olarak muhafazası
5. Yeterlilik deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması
6. Katılım belgesinin ve sonuç raporunun posta yada 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 Faks: 262 6795001

Koordinatör

Dr. Ahmet MEREV
Tel: 262 6795000 (4300)
E-posta: ahmet.merev@tubitak.gov.tr

Yeterlilik Deneyi Web Sayfası

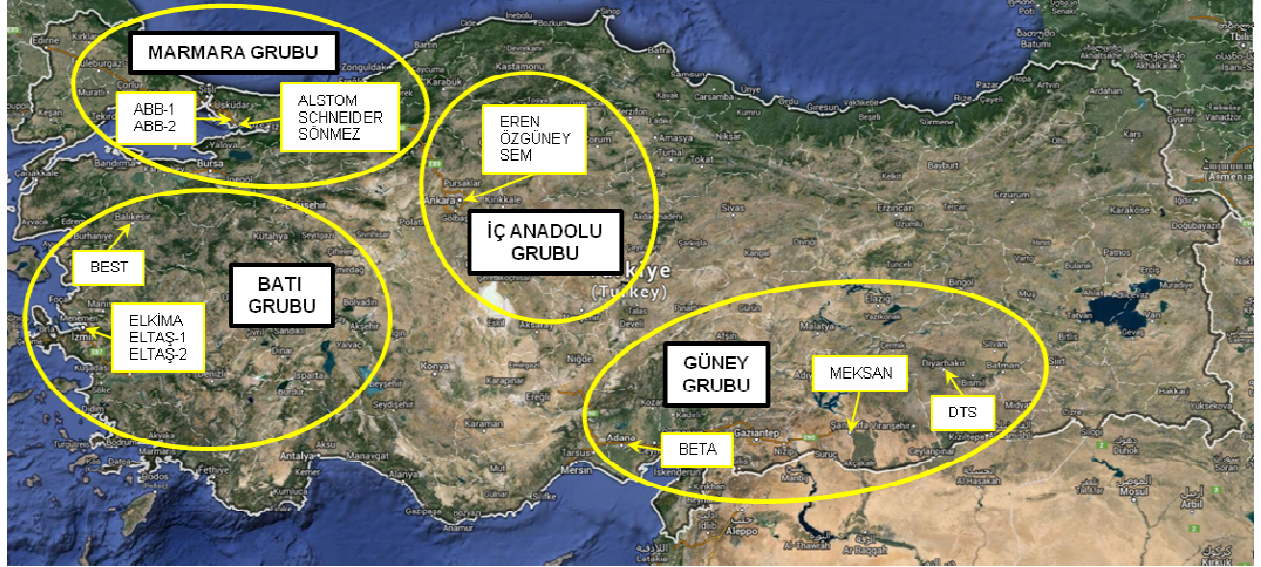
<http://www.ume.tubitak.gov.tr/tr/lak/yuksek-gerilim-yeterlilik-deneyleri-0>

4. KATILIMCILAR

Nisan-Mayıs 2014 dönemini kapsayacak şekilde planlanan yeterlilik deneyi, tüm katılımcılara açıktır. Yeterlilik deneyine katılım konusunda istekli toplam 15 katılımcı laboratuvar bulunmaktadır. Katılımcıların listesi Tablo 1’de verilmiştir. Yeterlilik deneyi katılımcıları Marmara, Batı, Güney ve İç Anadolu olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Deney numunesi sırasıyla Güney, İç Anadolu, Ege ve Marmara gruplarında bulunan laboratuvarlarda dolaştırılarak test edilecektir. Katılımcıların ülke coğrafyası içerisindeki grupsal dağılımı Resim 1’de gösterilmiştir. Çalışmanın katılım bedeli, yeterlilik deneyine iştirak eden laboratuvarların sayısına bağlı olup, ulaşım ve konaklama masraflarına göre çeşitlilik göstermektedir.

Tablo 1. Yeterlilik deneyi katılımcıları

No	Firmalar
1	ABB ELEKTRİK SANAYİ A.Ş. GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ DENEY LABORATUVARI
2	ABB ELEKTRİK SANAYİ A.Ş. DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİ DENEY LABORATUVARI
3	ALSTOM GRID ENERJİ ENDÜSTRİSİ A.Ş. DENEY LABORATUVARI
4	BEST A.Ş. DENEY LABORATUVARI
5	BETA TRANSFORMATÖR ELEKTROMEK. VE TİC. LTD. ŞTİ. DENEY LABORATUVARI
6	DTS TRANSFORMATÖR ELEKTRİK ELEKTROMEKANİK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ. DENEY LABORATUVARI
7	ELKİMA TRAFİKO DENEY LABORATUVARI
8	ELTAŞ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. A.Ş. MERKEZ DENEY LABORATUVARI
9	ELTAŞ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. A.Ş. ŞUBE DENEY LABORATUVARI
10	EREN TRAFİKO DENEY LABORATUVARI
11	MEKSAN TRAFİKO SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ. DENEY LABORATUVARI
12	ÖZGÜNEY TRAFİKO DENEY LABORATUVARI
13	SCHNEIDER ENERJİ ENDÜSTRİSİ SAN. ve TİCARET A.Ş. DENEY LABORATUVARI
14	SEM TRANSFORMATÖR A.Ş. DENEY LABORATUVARI
15	SÖNMEZ TRANSFORMATÖR SAN. TİC.AŞ. DENEY LABORATUVARI



Resim 1. Deney katılımcılarının genel dağılımı

5. DENEY NUMUNESİ

Yeterlilik deneyinde test edilecek olan numune 100 kVA gücünde 11000 / $416/\sqrt{3}$ çevirme oranına sahip hermetik tip bir dağıtım trafosudur. IEC 60076-1 standardına göre 10 °C - 40 °C arasında test edilmesi gereken numune bakır sargılara sahiptir ve Dyn-11 bağlantı grubundadır (Resim 2).

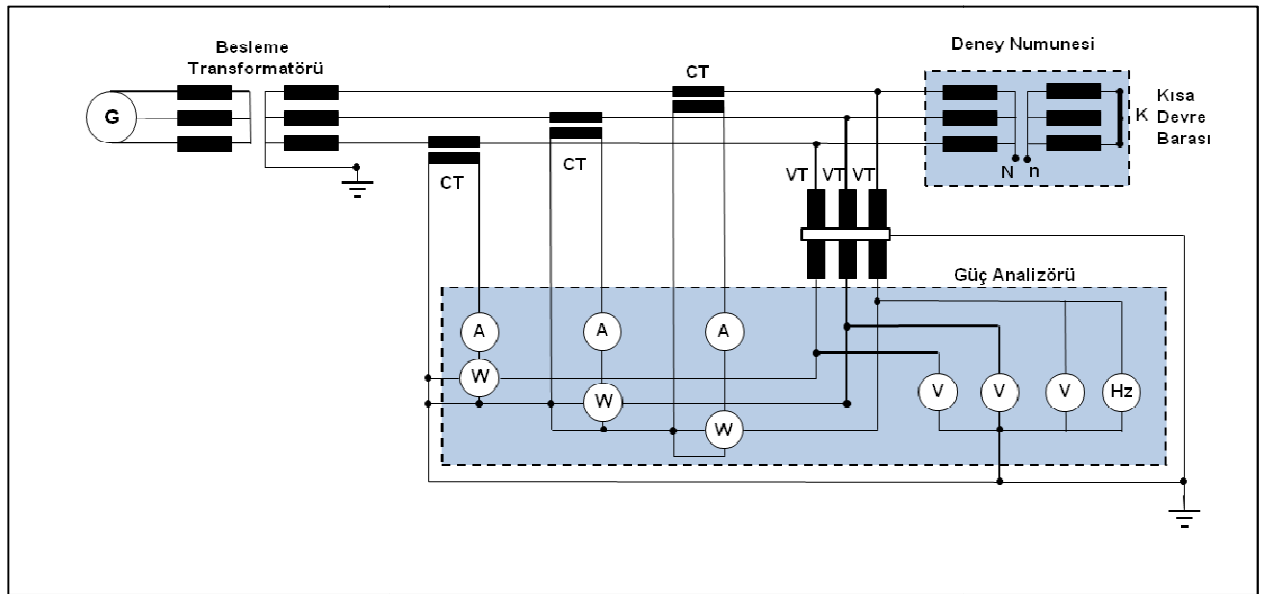


Resim 2. Deney numunesi

6. DENEY İLE İLGİLİ GENEL ESASLAR

6.1 Yükte kayıp ölçümleri

Transformatörlerdeki yük kayıpları, genellikle transformatörün alçak gerilim sargısının kısa devre edilmesiyle ve yüksek gerilim sargısından anma akımının akmasını sağlayarak gerçekleştirilen deneysel çalışma sonunda ölçülen kısa devre kayıplarıdır. Yük kayıpları; yük akımına bağlı olarak sargılarda oluşan bakır kayıplarından ($I^2.R$) ve sargı, çekirdek sıkıştırma düzenleri, kazan duvarları, manyetik ekran düzenleri ve diğer iletken parçalardaki sızıntı akısına bağlı olan girdap akımlarının neden olduğu kaçak kayıplarından oluşmaktadır. 3 fazlı bir transformatörün genel ölçme devresi Resim 3'te verilmiştir.



Resim 3. Yük Kayıpları Ölçme Devre Şeması

Yük kayıpları sıcaklığın bir fonksiyonudur. Yük kayıplarının bakır kayıpları olarak ifade edilen $I^2.R$ bileşeni, sıcaklıkla artmasına karşın kaçak kayıplarının sıcaklık artışıyla ters orantılı olarak düştüğü bilinmektedir. Buna göre ortam sıcaklığında ölçülen yük kayıplarının, referans sıcaklığa göre düzeltilmesi gerekmektedir. Yük kayıplarının tespit edilmesinde önemli yer tutan bir diğer parametre de ölçüm yöntemidir. Güç ölçümlerinin doğruluğunun ve tekrarlanabilirliğinin garantisi, deneyde kullanılan akım ve gerilim transformatörlerindeki çevirme oranları ve faz hataları, güç analizörünün ölçme kabiliyeti, bağlantı elemanları vb. sayılabilir.

Yükte kayıp ölçümlerine geçilmeden önce, $I^2.R$ bileşenin tespiti için transformatörün YG ve AG sargı dirençlerinin ölçülmesi gerekir. Buna göre (1) bağıntısı yardımıyla $I^2.R$ kayıpları olarak bilinen transformatörün DC kaybı hesaplanır.

$$P_{DC} = 1,5 \cdot (I_{AG}^2 \cdot R_{AG} + I_{YG}^2 \cdot R_{YG}) \quad (1)$$

Burada;

I_{AG} : Ortam koşullarında ölçülen alçak gerilim hat akımı

I_{YG} : Ortam koşullarında ölçülen yüksek gerilim hat akımı

R_{AG} : Alçak gerilim sargı direnci

R_{YG} : Yüksek gerilim sargı direncidir

Resim 3'te genel prensip şeması verilen ölçme devresi kullanılarak tespit edilen kayıp güç ifadesi P_{Km} olarak gösterilecek olursa, girdap akımlarının neden olduğu kaçak kayıplar (2) bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$P_{AC} = P_{Km} - P_{DC} \quad (2)$$

Burada;

P_{AC} : Sargı, çekirdek sıkıştırma düzenleri, kazan duvarları, manyetik ekran düzenleri ve diğer iletken parçalardaki sızıntı akısına bağlı olan girdap akımlarının neden olduğu kaçak kayıplardır. AC kayıp güç ya da ek kayıplar olarak ta bilinmektedir.

(1) ve (2) bağıntılarındaki kayıp ifadeleri transformatörün ortam sıcaklığında tespit edilen kayıp bileşenleridir. Ancak bu ifadelerin referans sıcaklığa göre düzeltilmesi (icra edilmesi) ve buna göre değerlendirilmesi gerekir. Buna göre transformatörün referans sıcaklığa göre düzeltilmiş bağıntısı (3) denkleminde verilmiştir.

$$P_K = P_{DC} \frac{K + \theta_r}{K + \theta_m} + P_{AC} \frac{K + \theta_m}{K + \theta_r} \quad (3)$$

Burada;

P_K : Referans sıcaklığa göre düzeltilmiş yükte kayıp güç

P_{DC} : Ortam koşullarında tespit edilen DC kayıp güç

P_{AC} : Ortam koşullarında tespit edilen AC kayıp güç

K : Malzeme katsayısı (IEC standartlarına göre Bakır için $K=235$, Alüminyum için $K=225$)

θ_m : Ölçmenin gerçekleştirildiği ortamdaki sıcaklık

θ_r : Referans sıcaklık (IEC standartlarına göre $\theta_r=75$ °C)

Yükte kayıp deneyinde ölçüm yapılan akım değerinin anma akımının % 50'si ile %100'ü arasında olması tercih edilmektedir. Ölçme akımının anma akımından farklı olması durumunda, yükte kayıpların anma akımlarına göre düzeltilmesi (akımın anma değerine icra edilmesi) gerekmektedir. Bunun için (4) bağıntısından faydalanılmaktadır.

$$P_K = P_{Km} \cdot \left(\frac{I_N}{I_{Nk}} \right)^2 \quad (4)$$

Burada;

P_K : Anma akımındaki yükte kayıpları

P_{Km} : Anma akımından farklı bir akım değerinde tespit edilen yükte kayıpları,

I_N : Anma akımı

I_{Nk} : Ölçme akımı

Transformatörün test edildiği frekansın anma frekansından farklı olması durumunda ise (5) bağıntısı yardımıyla düzeltme yapılmalıdır.

$$P_K = P_{DC} + P_{AC} \cdot \left(\frac{f_N}{f_{Nk}} \right)^2 \quad (5)$$

Burada;

P_K : Anma frekansındaki yükte kayıpları

P_{AC} : Anma frekansındaki ek kayıplar (AC) kayıpları,

f_N : Anma frekansı

f_{Nk} : Ölçme frekansı

Yükte kayıp deneyinde kullanılan güç analizörü, akım ve gerilim transformatörlerinin sahip oldukları oran ve faz hataları, güç ölçümlerinde hatalara yol açtığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle kullanıcı; özellikle güç transformatörlerindeki yükte kayıp ölçümlerinde ciddi hatalara meydan vermemek için ölçme sisteminin faz açısı hatalarını göz önünde bulundurarak, düzeltme yapması beklenmektedir. Konu ile ilgili hesaplama yöntemi EK-1'de verilmiştir.

Yeterlilik deneyi ile ilgili yukarıda ifade edilen genel tarifler göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre aşağıdaki hususlar konusunda da katılımcı laboratuvarların dikkat etmesi beklenmektedir:

- Deney numunesi, deney öncesi en az 5 saat laboratuvar ortamında bekletilmelidir.
- Deney numunesinin AG sargılarının kısa devresi edilmesi için, uygun kısa devre barası seçilmelidir. Aksi durumda, kısa devre barasında oluşacak kayıplar da ölçme sonucunu etkileyeceğinden, bu konuda tüm sorumluluk katılımcı laboratuvara aittir.
- Deney numunesine uygulanacak deney gerilimi IEC 60060-2 standardında belirtildiği üzere % 2'den düşük toleransta yeteri kadar sinüs işaretli olmalıdır [4].
- Deneyler 50 Hz $\pm$ % 1 şebeke frekanslı kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Aksi durumlarda, ölçüm raporlarına çalışma frekansı belirtilmelidir.
- Deney geriliminin sinüs dalga formundaki toplam harmonik %5'i aşmamalıdır.
- Sargı sıcaklığının yükselmesini önlemek için ölçme işlemi süratle gerçekleştirilmelidir. Deney öncesi ve sonrasında numunenin üst yağ sıcaklıkları kaydedilmelidir.
- Ölçme akımı, anma akımın %50 ile %100 arasında bir değer olarak seçilmeli ve buna uygun gerilim ile deney numunesi beslenmelidir.
- Ölçülen akımın anma akımından farklı olması durumunda, akım düzeltilmesi ve kısa devre geriliminin hesaplanması konusunda gereken hassasiyet gösterilmelidir.
- Deney sonuç formuna düzeltilmiş, nihai ve değerlendirilmesi istenen test sonucu kaydedilmelidir. Ölçülen güç değeri 75°C referans sıcaklık değerine düzeltilmelidir.

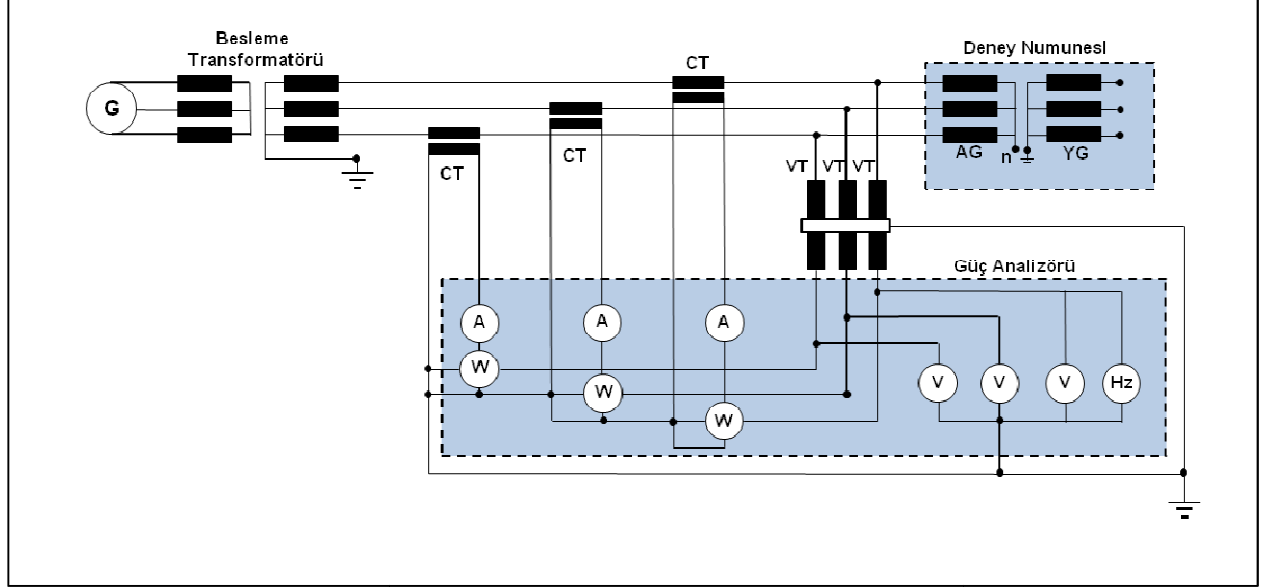
6.2 Boşta kayıp ölçümleri

Transformatörlerdeki boştaki kayıpları, genellikle transformatörün yüksek gerilim sargısının boşta konumdayken AG sargısının anma gerilimi ve frekansında beslenmesi ile yapılan ve boşta akım ile boştaki kayıpların ölçüldüğü deneylerdir. Boşta kayıplar genel olarak; transformatör çekirdeğindeki demir kayıpları, yalıtkan malzemedeki dielektrik kayıpları ve boşta akımın ortaya çıkardığı bakır kayıplarından oluşmaktadır. Dielektrik kayıpları ile boşta akımın yarattığı bakır kayıplarının ihmal edilebilecek düzeyde olduğundan boşta kayıplarının demir kayıplarından geldiği kabul edilmektedir. 3 fazlı bir transformatörün boşta kayıp genel ölçme devresi Resim 4'te verilmiştir.

Yeterlilik deneyi ile ilgili olarak katılımcı laboratuvarların aşağıdaki hususlara dikkat etmesi beklenmektedir:

- Deney numunesi, deney öncesi en az 5 saat laboratuvar ortamında beklemelidir.
- Deney numunesine uygulanacak deney gerilimi IEC 60060-2 standardında belirtildiği üzere % 2'den düşük toleransta yeteri kadar sinüs işaretli olmalıdır [4].
- Ölçülecek kayıpların deney gerilimin şekline ve frekansına bağlı olduğundan, gerilimin yeterince sinüs biçimli ve anma frekansında olmasına dikkat edilmelidir.

- Besleme geriliminin efektif değeri ile ortalama değeri arasında %3'den daha az bir fark olması durumunda gerilimin şekli deney için yeterlidir. Aksi durumda boştaki kayıpların düzeltilmesi gerekmektedir [5]. İlgili düzeltmeler ve beyan edilen boşta kayıp güç değerinden katılımcı laboratuvar sorumludur.



Resim 4. Boşta Çalışma Kayıpları Ölçme Devre Şeması

Besleme geriliminin normal sinüs dalga biçiminden farklı olması durumunda ölçülen boşta kayıpların düzeltilmesi gerekmektedir. ANSI ve IEC standartlarına göre farklı düzeltme hesaplamaları bulunmaktadır. ANSI standartlarına göre düzeltme hesaplamaları aşağıda verilmiştir. Düzeltilecek güç ifadesi (6) bağıntısıyla verilmiştir.

$$P_K = \frac{P_{Km}}{P_1 + k \cdot P_2} \quad (6)$$

k düzeltme katsayısı ile düzeltilen güç ifadesi (7) bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$P_K = \frac{P_{Km}}{P_1 + \left(\frac{U_{rms}}{U_{mean}}\right)^2 \cdot P_2} \quad (7)$$

Burada;

P_K : Besleme geriliminin sinüs olmaması durumunda düzeltilen boşta kayıp güç

P_{Km} : Ölçülen boşta kayıp güç

P_1 : Toplam kayıplardaki histerezis kayıp oranı (yaklaşık olarak 0,5 pu)

P_2 : Toplam kayıplardaki Eddy akım kayıp oranı (yaklaşık olarak 0,5 pu)

U_{mean} : Besleme geriliminin ortalama (mean) değeri

U_{rms} : Besleme geriliminin rms değeri

ANSI standartlarında, test edilen numunenin ortam ve çekirdek sıcaklıklarının durumuna göre boşta yük düzeltme hesaplamaları da bulundurulmaktadır [5].

IEC standartlarına göre düzeltilmiş güç ifadesi (8) bağıntısında verilmiştir.

$$P_K = P_{Km}(1 + d) \quad (8)$$

d düzeltme katsayısı (9) bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$d = \left(\frac{U_{mean} - U_{rms}}{U_{mean}} \right) \quad (9)$$

Burada;

P_K : Besleme geriliminin sinüs olmaması durumunda düzeltilen boşta kayıp güç

P_{Km} : Ölçülen boşta kayıp güç

U_{mean} : Besleme geriliminin ortalama (mean) değeri

U_{rms} : Besleme geriliminin rms değeri

7. ÇALIŞMA PROGRAMI

Deney numunesi, organizatör tarafından katılımcılara ulaştırılır. Numunenin laboratuvarda işlem yapılmaksızın minimum 5 saat dinlenme ve çevre koşullarına alışma süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Ardından ölçümler gerçekleştirilerek ölçüm sonuçları, EK-2'de verilen forma kaydedilir ve formlar kapalı zarf içinde numuneden sorumlu araç personeline teslim edilir. Laboratuvarlar belirsizlik hesaplamalarını, eğer deney tamamlandıktan sonra gerçekleştirebilirse EK-2'deki formda beyan etmelidirler. Belirsizlik hesaplamaları konusunda zamana ihtiyaçları olmaları durumunda, sonuç formuna sadece deney sonuçlarını beyan edebilirler. Ancak belirsizlik değerleri, deneyin sonlandığı tarihten 1 hafta içinde mail yoluyla koordinatöre iletilmelidir. Tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlar koordinatöre ulaştıktan sonra katılımcı laboratuvarların sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilerek z-skorumları hesaplanır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve taslak sonuçların oluşturulması için koordinatörün 3 aylık süreye ihtiyacı bulunmaktadır. 3 aylık süre sonunda hazırlanacak olan sonuç raporunda laboratuvarların isimleri verilmeden sadece katılımcı laboratuvar tarafından bilinen özel numaralandırmayla katılımcılar kendi durumlarını değerlendirme olanağına sahip olurlar.

Raporun taslak hali web sayfasında yayınlanır. Katılımcı laboratuvarların iki hafta içerisinde raporla ilgili varsa düzeltme önerileri bildirmeleri istenir. Daha sonra raporda uygun bulunan düzeltmeler koordinatörün gerekli görmesi durumunda, bir hafta içerisinde yapılır ve raporun son hali web sayfasında yayınlanır. Raporun son hali yayımlandıktan sonra katılımcı laboratuvarlar iyi olmayan sonuçlarını geri çekemezler. Katılımcı laboratuvarlara sonuç raporu posta veya elden teslim edilecektir.

8. DENEY PROGRAMI

Deney takvimi Tablo 2’de verilmiştir. Bu tarihlerin dışına çıkılmamasına özen gösterileceğinden laboratuvarların planlamalarını bu programa göre gerçekleştirmeleri beklenmektedir.

Tablo 2. Deney Programı

Bölge	Laboratuvar Adı	Deney Tarihleri
Güney Grubu	DTS TRANSFORMATÖR DENEY LABORATUVARI	29-30 Nisan
	MEKSAN TRANSFORMATÖR DENEY LABORATUVARI	2-4 Mayıs 2014
	BETA TRANSFORMATÖR DENEY LABORATUVARI	4-6 Mayıs 2014
İç Anadolu Grubu	SEM TRANSFORMATÖR A.Ş. DENEY LABORATUVARI	7 Mayıs 2014
	ÖZGÜNEY TRAFİKO DENEY LABORATUVARI	8 Mayıs 2014
	EREN TRAFİKO TEST LABORATUVARI	9 Mayıs 2014
Batı Grubu	ELKİMA TRAFİKO TEST LABORATUVARI	12-13 Mayıs 2014
	ELTAŞ TRANSFORMATÖR MERKEZ TEST LABORATUVARI	14 Mayıs 2014
	ELTAŞ TRANSFORMATÖR ŞUBE TEST LABORATUVARI	15 Mayıs 2014
	BEST DENEY LABORATUVARI	15-16 Mayıs 2014
Marmara Grubu	ABB DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİ TEST LAB.	20 Mayıs 2014
	ALSTOM GRID ENERJİ DENEY LABORATUVARI	21 Mayıs 2014
	SCHNEIDER ENERJİ ENDÜSTRİSİ DENEY LABORATUVARI	22 Mayıs 2014
	SÖNMEZ TRANSFORMATÖR DENEY LABORATUVARI	23 Mayıs 2014
	ABB GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ TEST LABORATUVARI	26 Mayıs 2014

9. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada referans değer katılımcı laboratuvarlardan gelen deney sonuçlarından belirlenir. Standart sapma değeri olarak referans değerinin % 5'i alınacaktır. ISO/IEC 17043 standardında belirtilen değerlendirme ölçütleri arasında yer alan z-skoru metodu kullanılacaktır. z-zkorları (10) bağıntısı kullanılarak hesaplanır.

$$z = \frac{(x-X)}{\sigma} \quad (10)$$

Burada,

X : referans değer

x : katılımcı laboratuvarın ölçüm sonucu

σ : yeterlilik deneyi değerlendirmesi için standart sapma

Yeterlilik deneyi sonucunda katılımcıların hesaplanan z-skorları, aşağıda belirtilen kriterlere göre değerlendirilmektedir.

- $|z| \leq 2,0$ durumunda laboratuvarın yeterlilik deneyindeki performansı uygundur (yeterlidir),
- $2,0 \leq |z| \leq 3,0$ durumunda laboratuvarın performansı kabul edilebilir ancak laboratuvar sorunu irdelemelidir,
- $|z| \geq 3,0$ durumunda laboratuvarın performansı uygun değildir, düzeltici faaliyet uygulanmalıdır.

10. NUMUNELERİN MUHAFAZASI, TAŞINMASI VE SİGORTA

Deney numunelerinin muhafazasından ve ilgili laboratuvarlara ulaşımından TÜBİTAK UME sorumludur. Deney numunesinin laboratuvara tesliminden itibaren, numunenin laboratuvar ve fabrika içerisinde muhafazası ve taşımacılığında deney laboratuvarı sorumludur. Bu sorumluluk sınırları içerisinde, deney numunesinde arıza ve hasar oluşması durumunda ve yeterlilik deneyinin tekrarlanması gerektiğinde tüm maddi sorumluluklar (yeterlilik deneyinin toplam hizmet tutarı) kusuru tespit edilen kuruluşlara aittir. Bu nedenle deney numunesi katılımcı laboratuvar tarafından istenirse sigorta ettirilebilir. Kusur tespitinde tek yetkili yeterlilik deneyi koordinatörüdür. Gerekli görülmesi durumunda koordinatör, teknik görüş ve desteği diğer katılımcı laboratuvarlardan alabilir.

Bu yeterlilik deneyi, ölçümlerin başlangıcından bitimine kadar deney numunelerinin sağlam ve ölçüm değerlerinin kararlı kalacağı varsayımıyla yapılmaktadır. Eğer deney numunesi herhangi

bir şekilde zarar görür, kullanılamayacak duruma gelir veya bir başka nedenle elde edilen deneysel sonuçların kullanılamayacağı anlaşılırsa, tüm deney masrafları sorumlu laboratuvar tarafından karşılandıktan sonra, yeterlilik deneyine benzer nitelikte başka deney numunesiyle yeniden başlanacaktır.

11. DENEY NUMUNESİNİN KONTROLÜ

Laboratuvarlar, deney numunesinin teslim alma ve teslim verme aşamasında aşağıdaki hususlara dikkat etmelidir.

- Yeterlilik deney numunesinin TÜBİTAK UME yetkilisinden teslim alındığında, gözle görülür bir kontrol yapılmalı ve numune üzerinde ciddi sayılabilecek bir hasar olup olmadığını kontrol etmelidir. Laboratuvar hasarlı olduğunu düşündüğü konuları resimleyerek kayıt altına almalı ve en kısa zamanda koordinatörü bilgilendirmelidir.
- Yeterlilik deneyi numunesini EK-3'te verilen "Teslim Alma Formu"nu doldurarak TÜBİTAK UME yetkilisinden almalıdır.
- Laboratuvar ortam koşullarında en az 5 saat bekletilen deney numunesi üzerinde ölçümleri gerçekleştirdikten sonra numuneyi teslim aldığı TÜBİTAK UME yetkilisine haber vererek numunenin geri iadesi için çağrıda bulunmalıdır.
- Yeterlilik deneyi numunesi EK-4'te verilen "Teslim Etme Formu" taraflarca doldurularak TÜBİTAK UME yetkilisine iade edilmelidir.

12. GİZLİLİK ve SORUMLULUKLAR

Laboratuvarlara ait sonuçların gizliliği esastır. Çalışma sonuçlarının takibi için her bir laboratuvara, sonuç raporu hazırlanırken ayrı bir numara verilir. Sonuç raporunda her laboratuvar sadece kendisinin bildiği bu numara ile tanımlanır ve sonuçlar laboratuvar numaraları ile raporlanır. Benzer şekilde ölçüm sonuçlarının laboratuvarlar arasında da paylaşılmaması katılımcılardan beklenmektedir. Aksi şekilde davranan katılımcıların tespit edilmesi durumunda, ilgili laboratuvarlar yeterlilik deneyinde değerlendirme dışında tutulacak, yeterlilik deneyi ölçümleri koordinatör eşliğinde tekrarlanacaktır. Yeterlilik deneyine katılımı kabul eden tüm katılımcıların aynı zamanda deney protokolünde belirtilen şartları da yerine getireceği kabul edilmiş sayılmaktadır. Koordinatör protokolde belirtilen her türlü koşulu değiştirme hakkına sahiptir.

TÜBİTAK UME ile katılımcı laboratuvarlar arasında doğabilecek her türlü anlaşmazlık durumunda, öncelikle katılımcı laboratuvar(lar) ile karşılıklı mutabakat aranır. Buna rağmen taraflar anlaşmazlığı gideremezlerse, mahkeme yolu açıktır. Bu durumda ihtilafların hal mercii, T.C. Gebze Mahkemeleri ve İcra Daireleri'dir.

13. KAYNAKLAR

1. ISO/IEC 17043 Conformity Assessment - General Requirements for Proficiency Testing, 2010.
2. ISO/IEC 17025 General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories, 2005.
3. ISO 13528 Statistical Methods for Use in Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons, 2005.
4. IEC 60060-1 High-Voltage Test Techniques. Part-1: General definitions and test requirements, 2010.
5. IEEE Std. C57.12.90 IEEE Standard Test Code for Liquid Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers and IEEE Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers, 1999.

EK-1 Ölçme Sistemindeki Faz Açısı Hatalarıyla İlgili Düzeltmeler

Özellikler güç transformatörlerindeki yükte kayıp ölçümlerinde güç faktörü ($\cos \phi$) 0,009 ile 0,03 gibi çok düşük bir aralıktadır. Güç faktörünün çok düşük olması sebebiyle, yükte güç ölçümlerinde kullanılan güç analizörü, akım ve gerilim transformatörlerinin özellikle faz açısı hataları, ölçümün doğruluğuna direk etki etmektedir. Bu nedenle ölçme sonuçlarının düzeltilmesi gerekmektedir.

Her fazda kullanılan ölçme cihazının farklı faz açısı hatalarına sahip olmaları sebebiyle, faz açısı düzeltmeleri her faz için gerçekleştirilmelidir. Akım ve gerilim transformatörlerinin faz açısı hatalarının ölçme aralığına ve yüke göre değişiklikler göstereceğinden, bu cihazların kalibrasyonlarının geniş ölçüm aralıklarında ve farklı yükler altında gerçekleştirilmeleri beklenmektedir. Kalibrasyonun belirsizlik değerinin bilinmesi sertifikalandırılması ve çok düşük değerde olması önemlidir.

İleri ölçme tekniklerinde çok düşük faz açısı hatalarına sahip kademeli akım transformatörler veya akım kelepçeleri ile kapasitif gerilim bölücüleri kullanılmaktadır. Bu tür cihazların kullanılması durumunda herhangi bir faz açısı hatasına bağlı düzeltmelere gerek görülmemektedir. Ancak periyodik olarak bu cihazların kalibrasyonları gerçekleştirilmeli ve performansları gözlenmelidir. Cihazların oran hataları çok düşük olduklarından ihmal edilebilir. Düzeltilmiş kayıp güç ifadesine (E_1) bağıntısında yer verilmiştir.

$$P_K = P_{Km} \cdot \left(1 - \frac{H_T}{100}\right) \quad (E1)$$

Burada;

P_K : Düzeltilmiş yükte kayıplar (W)

P_{Km} : Güç analizöründen ölçülen değer (W)

H_T : Toplam kayıp ölçüm hatası (%)

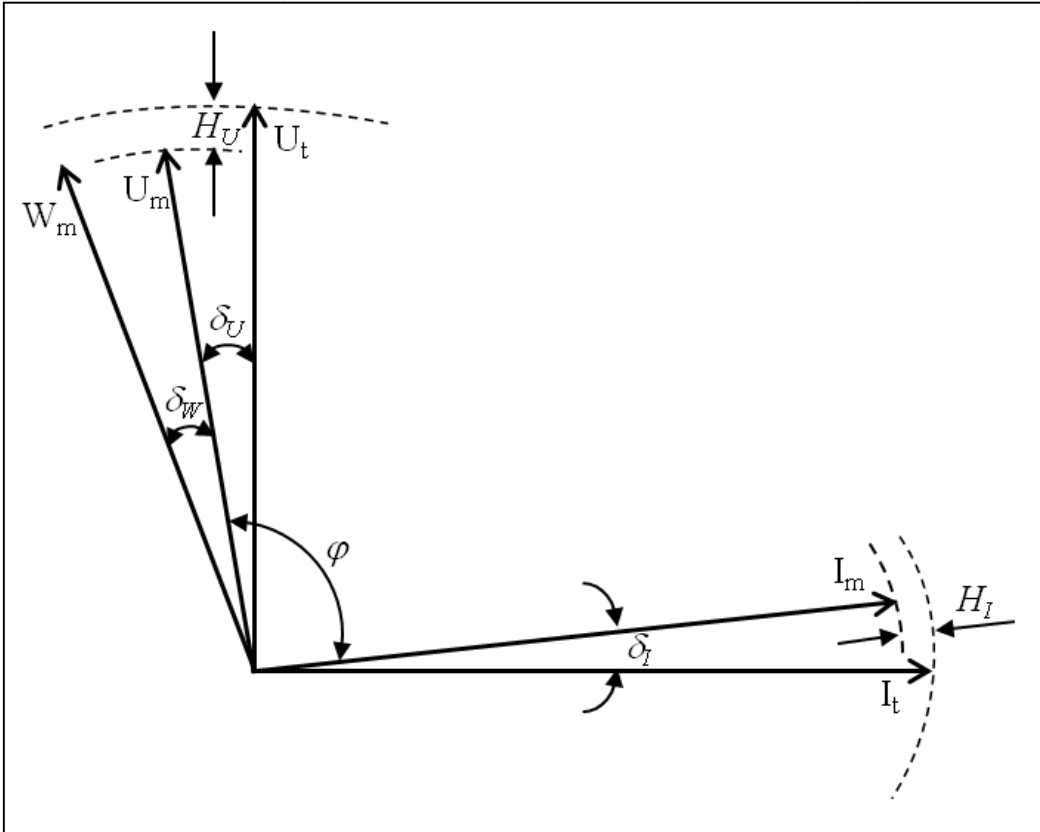
Yükte kayıp ölçümü ile ilgili akım ve gerilim transformatörlerinin hataları göz önüne alındığında oluşan vektörel gösterim Resim E1'de verilmiştir. Buna göre (E_1) bağıntısındaki toplam hata aşağıdaki gibi ve % olarak ifade edilmektedir.

$$H_T = H_\phi + H_I + H_U \quad (E2)$$

$$H_T = \frac{2\pi \cdot 100}{360 \cdot 60} \cdot (\delta_W + \delta_I - \delta_U) \cdot \tan \varphi + H_I + H_U \quad (E3)$$

Burada;

- H_T : Toplam kayıp ölçüm hatası (%)
 H_W : Güç analizörünün faz açısı hatası (%)
 H_I : Akım transformatörünün oran hatası (%)
 H_U : Gerilim transformatörünün oran hatası (%)
 δ_W : Güç analizörünün faz açısı hatası (dakika)
 δ_I : Akım transformatörünün faz açısı hatası (dakika)
 δ_V : Gerilim transformatörünün faz açısı hatası (dakika)
 φ : Akım ve gerilim arasındaki faz açısı



Resim E1. Yük Kaybı Ölçümleri Vektörel Gösterimi

Faz açısının dakika, derece ve radyan ilişkisi (E4)'de verilmiştir.

$$1 \text{ min} = \frac{\pi}{180 \times 60} = 0,291 \times 10^{-3} \text{ rad} \quad (\text{E4})$$

EK-2 Yeterlilik Deneyi Ölçüm Sonuçları Formu

LABORATUVAR ADI					
YETERLİLİK DENEYİ SORUMLUSU					
Adı	Soyadı	Görevi	Tarih	İmza	
ORTAM KOŞULLARI					
Sıcaklık	Nem		Basınç		
DENEYDE KULLANILAN CİHAZLAR					
No	Adı	Marka	Model	Seri No	İzlenebilirlik (Kurum, Ser. No, Ser. Tarihi vb.)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
ÖLÇÜM SONUÇLARI					
Tap Poz.	Ölçülen Yük Kaybı (Pk 75 °C)	Yük Kaybının Belirsizliği (k=2, %95)	Ölçülen Boşta Kayıp	Boşta Kaybın Belirsizliği (k=2, %95)	
3					

EK-3 Yeterlilik Deneyi Numune Teslim Alma Formu**Deney Numunesi Teslim Alan Laboratuvar Bilgileri**

Laboratuvar Adı	
İlgili Personel	
Adres	
Telefon No	
E-Posta No	
Tarih	
Numunenin fiziksel muayenesinde belirtmek istediğiniz herhangi bir kusur var mı? Varsa açıklayınız. (Gerektiğinde ek kâğıt kullanarak bulgularınızı fotoğraf ve çizimlerle açıklayabilirsiniz)	

Yukarıda ifade edilen bilgiler doğrultusunda deney numunesini teslim aldım.

İmza

Teslim Eden TÜBİTAK UME Personeli	Adı, Soyadı Tarih İmza
--	---

EK-4 Yeterlilik Deneyi Numune Teslim Etme Formu**Deney Numunesi Teslim Eden Laboratuvar Bilgileri**

Laboratuvar Adı	
İlgili Personel	
Adres	
Telefon No	
E-Posta No	
Tarih	
Numunede, deney sonrasında ve/veya laboratuvarda bulunduğu süre içerisinde gözlemlediğiniz sıra dışı bir durum oldu mu? Varsa açıklayınız. (Gerektiğinde ek kâğıt kullanarak bulgularınızı fotoğraf ve çizimlerle açıklayabilirsiniz)	

Yukarıda ifade edilen bilgiler doğrultusunda deney numunesini ve sonuç formunu kapalı zarf içerisinde TÜBİTAK UME yetkilisine teslim ettim.

İmza

Teslim Alan TÜBİTAK UME Personeli	Adı, Soyadı Tarih İmza
--	---