

UME'DE YÜKSEK GERİLİM, GÜÇ VE ENERJİ ÖLÇÜMLERİ

Ahmet MEREV¹, Hüseyin ÇAYCI²

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Tel: 262 6795000

¹ahmet.merev@ume.tubitak.gov.tr

²huseyin.cayci@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

Ülkemizde elektrik enerjisine olan talebin gün geçtikçe artmakta olduğu göz önünde bulundurulduğunda, elektrik enerjisinin tüketiciye en az kayıpla, en yüksek verimde ve en ekonomik biçimde ulaştırılması oldukça önem kazanmaktadır. Bu önem, elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi ve tüketilmesinde kullanılan sistemlerin kaliteli olmasını zorunlu hale getirmektedir.

Ülkemizde tekstilden sonra ikinci büyük üretim sektörü olan elektromekanik sanayi ürünlerinin; kaliteli, ekonomik ve insan ve çevre güvenliği göz önünde bulundurularak üretilmesi önemli bir husustur. Üretilen elektromekanik ürünlerin yurt içinde olduğu kadar uluslararası pazarda da yer alabilmesi için ulusal, uluslararası ve askeri standartlarda belirtilen testler ile kalitelerinin ispatlanması gerekmektedir. Bu testlerin gerçekleştirildiği elektromekanik sanayi üreticilerine, üniversitelere ve araştırma kurumlarına ait test sistemlerinin uluslararası izlenebilirliğe sahip olmaları gerekmektedir.

TÜBİTAK UME Güç, Enerji ve Yüksek Gerilim Laboratuvarlarında gerçekleştirilen kalibrasyon ve testlerle ülkemizdeki elektromekanik sanayi üreticilerinin ve test/kalibrasyon laboratuvarlarının ulusal ve uluslararası izlenebilirlik ihtiyacı karşılanmaktadır. Bu bildiriye, UME Güç ve Enerji Laboratuvarları ve 2004 yılı sonunda faaliyete geçen UME Yüksek Gerilim Laboratuvarının test ve kalibrasyon kabiliyetleri anlatılmaktadır.

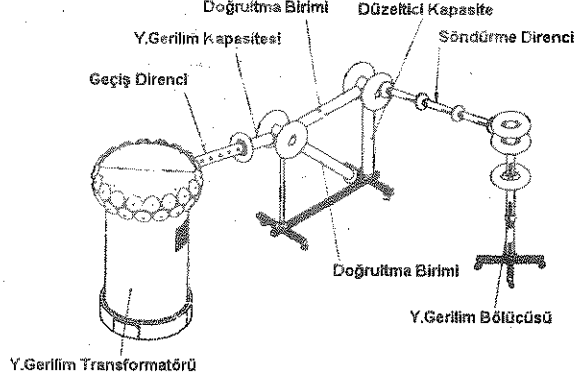
1. GİRİŞ

UME bünyesinde oluşturulan Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarı ve Güç&Enerji Laboratuvarının kurulması, ülkemiz içerisindeki ilgili kapsamlarda izlenebilirlik zincirinin oluşturulması ve sürdürülmesi açısından çok önemli bir eksikliği doldurmaktadır. Bunun yanında, elektromekanik sanayi üreticilerimizin ihtiyaç duydukları rutin ve tip testlerinin de bu laboratuvarların altyapıları ile gerçekleştirilebilecektir. Önümüzdeki dönemde test konusunda akreditasyonunu tamamlayacak olan bu laboratuvarlar ile özellikle yüksek gerilim konularında ülkemizde var olan önemli bir boşluk doldurulmuş olacaktır.

2. DC YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜMLERİ

UME Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarında, 400 kV'a kadar DC gerilimler üretilmekte ve %1 ölçme belirsizliğine kadar ölçümler yapılabilmektedir. Şekil 1.'de 400 kV UME DC yüksek gerilim üreteç ve ölçüm sisteminin temel elemanları görülmektedir. DC yüksek gerilim ölçümlerinde iki önemli eleman çok etkilidir. Bunlar yüksek oranda stabiliteye sahip kaynak (üreteç) ve yüksek hassasiyette bir gerilim bölücüdür. UME Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarı bünyesinde;

- 2 adet 1-100 kV arası taşınabilir DC yüksek gerilim kaynağı
- 1 adet 1-100 kV sabit DC yüksek gerilim kaynağı
- 1 adet 1-400 kV sabit DC yüksek gerilim kaynağı
- 4 adet 1-40 kV DC yüksek gerilim problemleri
- 1 adet 100 kV yapımı UME'de gerçekleştirilen DC yüksek gerilim bölücüsü
- 1 adet 400 kV DC yüksek gerilim bölücüsü bulunmaktadır.



Şekil 1. 400 kV DC yüksek gerilim üretici ve bölücüsü

DC güç kaynaklarının kontrol edildiği kontrol-kumanda masası ve ölçme cihazları, laboratuvar alanının içerisinde bulunan, ekranlı bir birim olarak ayrılmış kontrol ve kumanda odasında bulunmaktadır. DC yüksek gerilim güç kaynakları ile diğer cihazlar, bilgisayar ve özel hazırlanmış yazılımlar ile kontrol edilmektedir.

Bir DC yüksek gerilim ölçüm sisteminin kalibrasyonu temel anlamda, kalibre edilen ölçüm sistemindeki (KES) gerilim bölücüsünün bölüm oranının belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Referans ölçüm sistemi (RÖS), çok stabil bir yüksek gerilim kaynağı, bölüm oranı bilinen bir gerilim bölücüsü ve düşük gerilim ölçüm cihazından oluşan referans ölçüm sisteminden oluşmaktadır. RÖS'den uygulanan değer ile bu sisteme paralel olarak bağlanan KES'e ait gerilim bölücüsünün düşük gerilim koluna bağlı ölçme cihazındaki değerlerin farklı yüksek gerilimler için oranlanması ile KES'in bölüm oranı belirlenmektedir. Bu bölüm oranının belirlenmesindeki belirsizliğe birçok bileşen etki etmektedir. Bunlardan bazıları ölçümlerin tekrarlanabilirliği, RÖS'ün kalibrasyon, sıcaklık ve kayma etkileri; KES'in çözünürlüğü, kısa dönem kararlılığı, yakınlık, polarite ve sıcaklık etkileridir.

3. AC YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜMLERİ

UME Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarında 50 Hz'de 400 kV'a kadar AC gerilimler üretilebilmekte ve %1 ölçme belirsizliğine kadar ölçümleri yapılabilmektedir.

Hassas AC yüksek gerilim ölçümlerinde standart kapasitenin etkisi çok önemlidir. Bir standart kapasitenin kararlılığı ve stabilitesi ölçümün kalitesine direk etki yapmaktadır. Yüksek gerilim standart kapasitesi 4 bar basınç altında sıkıştırılmış SF₆ gaz yalıtımlıdır ve iki adet alçak gerilim koluna sahiptir (Şekil 2). Yüksek Gerilim Laboratuvarı bünyesinde AC ölçümlerin yapılabilirliği için mevcut tüm ekipmanlar şunlardır.

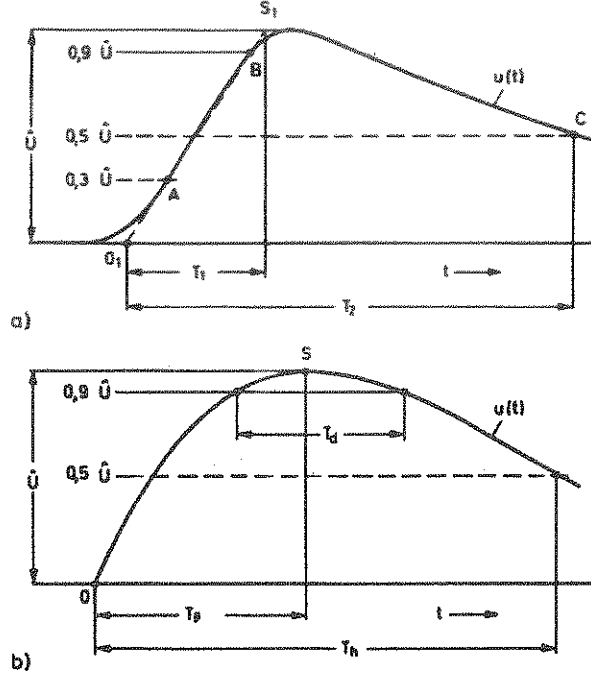
- 1 adet 1-30 kV taşınabilir AC yüksek gerilim kaynağı
- 1 adet 1-400 kV sabit AC yüksek gerilim test transformatörü
- 4 adet 1-25 kV AC yüksek gerilim probrları
- 1 adet 250 kV yapımı taşınabilir AC yüksek gerilim bölücüsü
- 1 adet 400 kV AC yüksek gerilim bölücüsü (standart kapasite)

AC güç kaynaklarının kontrol edildiği kontrol-kumanda masası, ölçme cihazları, DC sistemdeki yapı ile ortak kullanılmaktadır. UME Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarında AC yüksek gerilim kalibrasyonları; + ve - peak, rms, + ve - peak/√2 fonksiyonlarında yapılabilmektedir. Bir AC yüksek gerilim ölçüm sisteminin kalibrasyonu DC sistemde anlatıldığı gibi KES'in bölücüsünün bölüm oranı tespitine dayanmaktadır. Bu bölüm oranının belirlenmesindeki belirsizliğe etki eden bileşenler, ölçümlerin tekrarlanabilirliği, RÖS'ün kalibrasyon, sıcaklık ve kayma etkileri; KES'in çözünürlüğü, kısa dönem kararlılığı, yakınlık, frekans ve sıcaklık etkileridir.

4. DARBE YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜMLERİ

Elektromekanik ürünlerin darbe yüksek gerilimler adı altındaki testlerini genel anlamda iki grupta toplayabiliriz.

Bunlar; doğada meydana gelen aşırı gerilimleri temsil eden ve dış aşırı gerilimler olarak adlandırılan yıldırım darbe gerilimleri (Lightning Impulse-LI) ve devre açma-kapama, faz-toprak ve faz-faz kısa devrelerinde ve rezonans olaylarında meydana gelen gerilimleri temsil eden, iç aşırı gerilimler olarak adlandırılan anahtarlama darbe gerilimleridir (Switching Impulse-SI). Pozitif veya negatif polarite olan standart yıldırım ve anahtarlama darbe gerilimlerinin şekilleri ve toleransları farklılıklar göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Yıldırım (a) ve Anahtarlama (b) Darbe Y.Gerilimlerinin

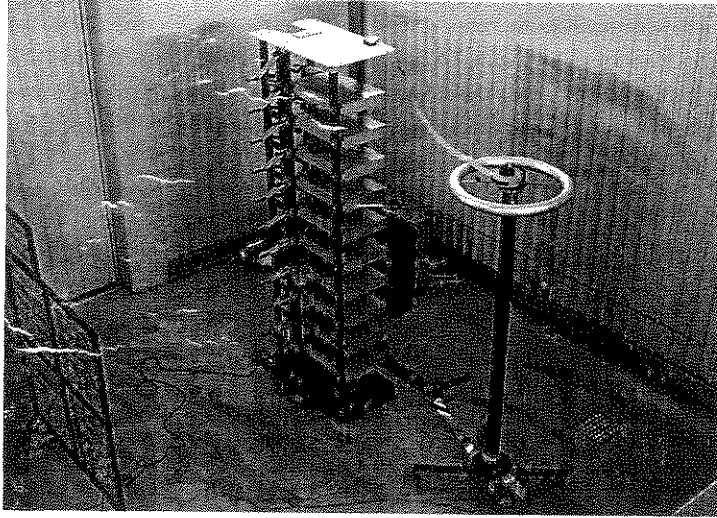
UME Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarı, maksimum 50 kJ enerji kapasitesine sahip 10 katlı 1000 kV'a kadar yıldırım ve 850 kV'a kadar anahtarlama darbe gerilimleri üretebilen üreteç devrelerine ve bu gerilimleri ölçebilen bölücü ve dijital kaydedici gibi ölçüm cihazlarına sahiptir (Şekil 3). Laboratuvar, darbe yüksek gerilimlerinin tepe değerlerini % 1 ve zaman parametreleri %3 belirsizlikle ölçme imkanı sunmaktadır. Darbe yüksek gerilim ölçüm sistemlerinin kalibrasyonunun yanında birim elemanlar bazında; darbe gerilim bölücülerinin adım cevap (step response) ölçümleri, dijital kaydedicilerinin, düşük gerilim darbe üreteçlerinin ve problemlerinin de kalibrasyonları gerçekleştirilmektedir.

Tablo 1. Yıldırım ve Anahtarlama Darbe Y.Gerilimlerinin Karakteristikleri [1].

Karakteristik Büyüklükler	Yıldırım Darbe Gerilimleri	Anahtarlama Darbe Gerilimleri
Tepe Değer	$U_p \pm \%3$	$U_p \pm \%3$
Cephe Süresi	$T_1 = 1.2 \mu s \pm \% 30$	$T_p = 250 \mu s \pm \% 20$
Sırt Yarı Değer Süresi	$T_2 = 50 \mu s \pm \% 20$	$T_h = 2500 \mu s \pm \% 20$

5. DİĞER YÜKSEK GERİLİM ÖLÇÜMLERİ

UME Yüksek Gerilim Test ve Kalibrasyon Laboratuvarında, yüksek gerilim altında elektromekanik ürünlerin kapasite, $\tan \delta$ ve 2 pC'un üzerindeki kısmi deşarj (PD) ölçümleri yapılabilmektedir. PD ölçümlerinin önemli bir elemanı olan PD kalibratörlerin, kalibrasyonu da 1000 pC'a kadar gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 3. Darbe Y.Gerilim Üreteci ve Bölücüsü

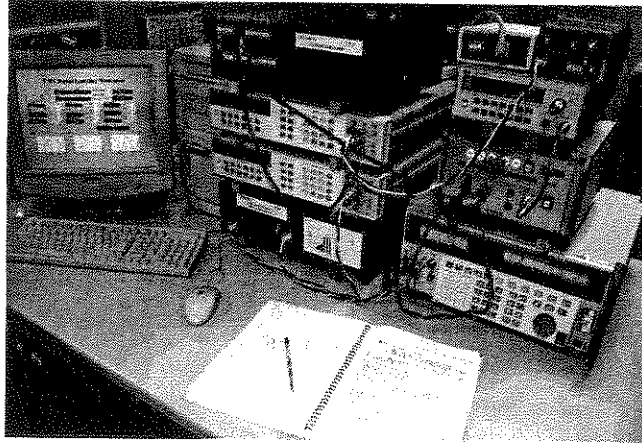
6. GÜÇ VE ENERJİ ÖLÇÜMLERİ

UME Güç ve Enerji laboratuvarında güç ve gücün bileşenleri olan akım, gerilim ve güç faktörü, laboratuvardaki standartlar ile geniş bir bölgede ölçülebilmektedir. Laboratuvarında, tüm güç ölçümleri $20 \mu\text{W}/\text{VA}$ (20ppm) ile $100 \mu\text{W}/\text{VA}$ (100ppm) arasında değişen belirsizlikle gerçekleştirilebilmektedir.

Laboratuvarında gerçekleştirilen aktif ve reaktif güç ölçümleri için, sayısal örnekleyici wattmetre primer standart olarak kullanılmaktadır. Sayısal örnekleyici wattmetre, gerilim ve akım sinyallerini ölçen ve senkronize çalıştırılan iki adet analog-sayısal çeviriciden ve bunlardan veri alan bir bilgisayardan oluşan, gerçek zamanlı bir ölçüm sistemidir. Primer seviyede bir standart olan ve izlenebilirliği ulusal standartlarla sağlanan sistem UME bilgi birikimi ile kurulmuştur.

Sayısal Örnekleyici Wattmetre Sistemi, AC gerilim, AC akım, faz, aktif, reaktif, görünen güç gibi güç ölçümleri için tasarlanmış olmasıyla birlikte, belirli değişiklikler yapılarak harmonik, direnç, kapasitans gibi bir çok elektriksel parametrelerin ölçümlerini gerçekleştirmekte, ayrıca akım transformatörü ve gerilim transformatörü kalibrasyonları için köprü olarak kullanılabilir. Bu sistem çok düşük ölçüm belirsizliğiyle UME'nin güç ölçümleri alanında dünyanın en iyi birkaç kuruluşu arasına girmesini de sağlamıştır (Şekil 4).

Güç ölçümlerinde kullanılan örnekleme metodundan en iyi sonuçların elde edilmesi için, sistem içerisinde kullanılan akım ve gerilim transformatörlerinin hata bileşenlerinin bilinmesi son derece önemlidir. UME'de bu amaçla akım ve gerilim transformatörü kalibrasyon sistemi kurulması gereği duyulmuştur. Sistemin kurulması için, UME'de standart akım karşılaştırıcı, çalışma standardı olarak kullanılan standart akım transformatörü ile standart gerilim transformatörü, çeşitli standart yükler ve karşılaştırma köprüleri yapılmıştır.

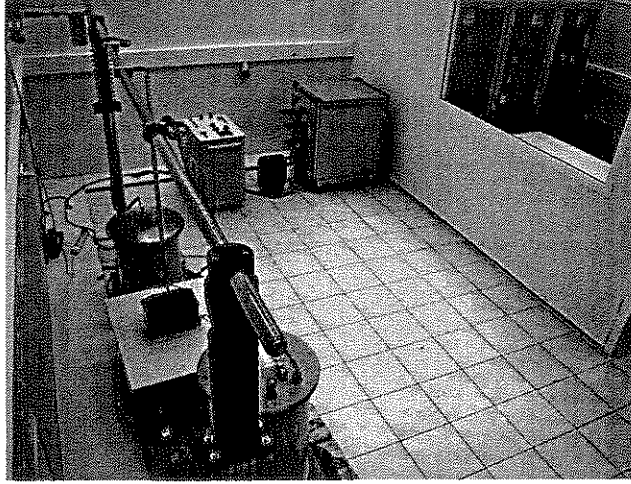


Şekil 4. Sayısal Örnekleyici Wattmetre

Güç ölçümlerinde kullanılan örnekleme metodundan en iyi sonuçların elde edilmesi için, sistem içerisinde kullanılan akım ve gerilim transformatörlerinin hata bileşenlerinin bilinmesi son derece önemlidir. UME'de bu amaçla akım ve gerilim transformatörü kalibrasyon sistemi kurulması gereği duyulmuştur. Sistemin kurulması için, UME'de standart akım karşılaştırıcı, çalışma standardı olarak kullanılan standart akım transformatörü ile standart gerilim transformatörü, çeşitli standart yükler ve karşılaştırma köprüleri yapılmıştır.

Akım transformatörü kalibrasyonları 50-60 Hz frekans bandında ve 5...5000A:5A bölgesinde, gerilim transformatörü kalibrasyonları ise yine 50-60Hz frekans bandında ve 36kV'a kadar yaklaşık olarak 100 ppm oran ölçüm belirsizliği ve 100 ppm faz değişimi ölçüm belirsizliği ile gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 5).

Akım/gerilim transformatörleri kalibrasyonlarında yaygın olarak kullanılan metod; kalibrasyonu yapılacak olan akım/gerilim transformatörünün bir standart akım/gerilim transformatörü ile karşılaştırılmasıdır. Bir karşılaştırıcı köprü yardımıyla belirlenen iki akım/gerilim transformatörü arasındaki oran ve faz farkları, kalibrasyonu yapılan akım/gerilim transformatörünün hatası olarak kabul edilir.



Şekil 5. Akım/Gerilim Transformatörü Kalibrasyon Sistemi

Ayrıca, laboratuvarında endüstriyel kalibrasyonların gerçekleştirilmesinde kullanılan tek ve üç fazlı güç ve enerji çalışma standartları da mevcuttur. Laboratuvarın şu anki projelerinden biri olan harmonik güç ölçüm sisteminin kurulması, 2007 yılının ikinci yarısında tamamlanacaktır. Bu sistem ile 50. harmoniğe kadar olan güç ölçümleri gerçekleştirilebilecektir.

Yüksek akım, darbe ve kısa devre akım ölçümleri konusunda çalışmalar halen devam etmektedir.

7. REFERANSLAR

- [1] D.King, K. Feser "High-Voltage Test Techniques", SBA Publications, 2nd Edition, 1999, s.42-78.