GENETEKKAMPUS

Teknik Not

Akustik Kısmi Deşarj Ölçümü – Yalıtım Malzemesinde Zayıflayan Konumun Belirlenmesi

GENETEKPQ

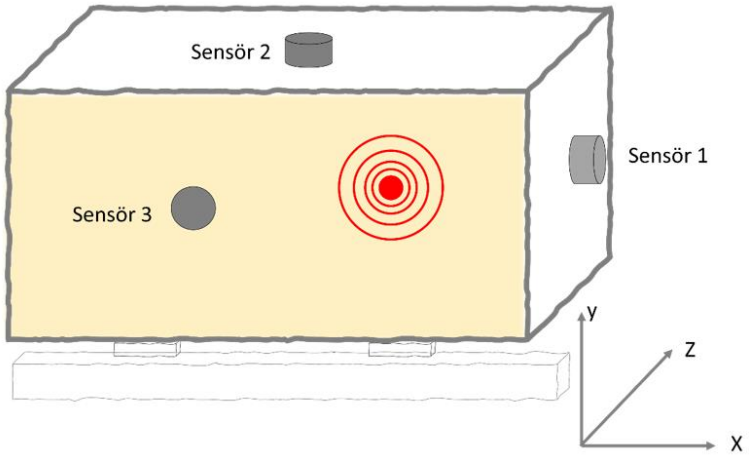
01/2021

Güç transformatörleri güç sistemi içerisinde elektrik enerjisinin son kullanıcıya güvenli ve sürekli şekilde temini için kilit role sahiptir. İşletme esnasında güç transformatörleri çeşitli (elektriksel, termal mekanik ve kimyasal) etkilere maruz kalır ve yalıtım malzemelerinde küçük veya büyük ölçekli tahribatlar meydana gelir. Meydana gelen tahribatlar sonucunda kısa veya uzun süreli enerji kesintileri ve yüksek maliyetli kayıplar meydana gelebilir. Güvenilir ve emniyetli bir elektrik enerjisi tedariği için güç transformatörlerinin yalıtım durumu sürekli değerlendirilmedir. Yalıtım durumunun değerlendirilmesi için kısmi deşarj ölçüm çalışmaları etkili bir yöntemdir. Kısmi deşarj ölçümleri güç transformatörlerinde yalıtım durumunun değerlendirilmesine ve zayıflayan yalıtım noktası bölgelerinin tayin edilmesinde olanak sağlar. Literatürde kısmi deşarj ölçüm yöntemleri geleneksel ve geleneksel olmayan ölçüm yöntemleri olarak sınıflandırılmıştır.

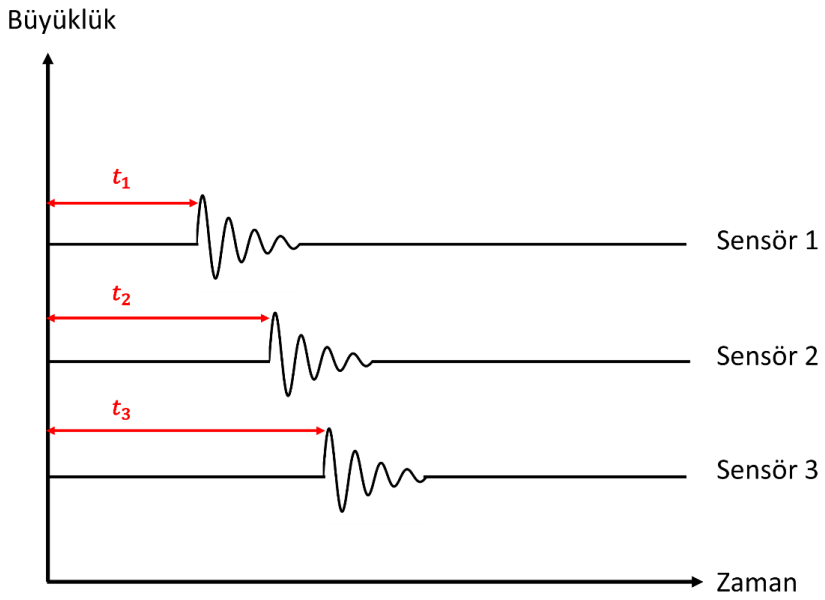
IEEE Std C57.127TM-2018 de akustik kısmi deşarj ölçüm yöntemiyle transformatörlerde zayıflayan yalıtım noktası bölgelerinin tayin edilmesinin ele alınmaktadır. Güç transformatörlerinde meydana gelen kısmi deşarj olayları noktasal akustik dalga kaynağı olarak ifade edilebilir ve oluşan akustik dalgalar ortam boyunca küresel olarak yayılır. Yayılan akustik dalgalar piezo akustik sensörleri ile ölçülebilir ve ölçülen ölçüm verilerinin analiziyle kısmi deşarj kaynağının konumu belirlenebilir. Akustik sinyallerin analizini kullanarak kısmi deşarj kaynaklarının yerinin tespiti için iki ana yaklaşım vardır. Birincisi, kısmi deşarj kaynak konumu hakkında ipuçları verebilecek olan sinyal genliğinin değişimine veya sinyal şekillerinin deformasyonuna dayanır. Artan genlik ve yükselme süresi, akustik sensörün kısmi deşarj kaynağına yakın olduğunun bir göstergesidir. İkinci yaklaşım ise kısmi deşarj kaynağına olan mesafeyi hesaplamak için ölçülen yayılma zamanlarının kullanılmasına dayanır ve genellikle üçgenleme olarak adlandırılır.

Şekil 1'de ideal tank üzerine yerleştirilmiş piezo akustik sensörlerin yerleşimi görülmektedir. İdeal tank düzeninde zayıflayan yalıtım noktalarının tayin edilmesi için ortam boyunca küresel olarak yayılan akustik sinyallerin, piezo akustik sensörlere varış hızı dikkate alınmaktadır ve denklem 1, denklem 2, denklem 3'e göre bölge tayini yapılmaktır.

Şekil 1.
İdeal tank akustik kısmi deşarj ölçümü



Şekil 2.
Ölçülen kısmi deşarjın piezo akustik sensörlere varış hızı



$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = vt_1 \quad (1)$$

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = vt_2 \quad (2)$$

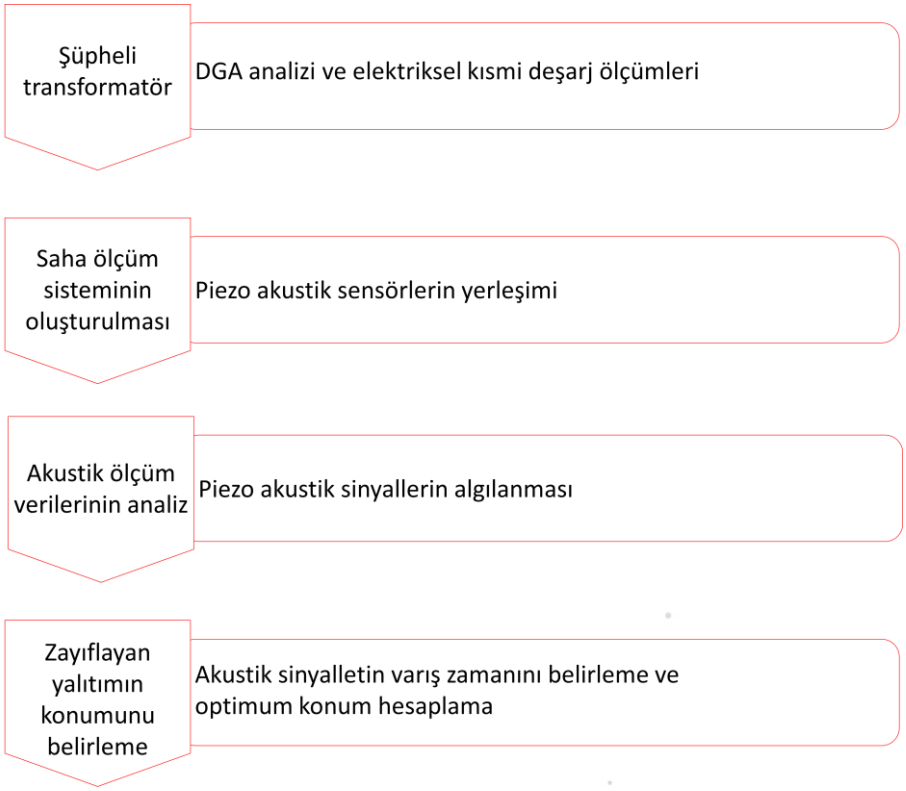
$$(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 = vt_3 \quad (3)$$

İdeal tank düzeninin aksine, güç transformatörlerinin yapısı gereği piezo akustik sensörler tarafından yağda yayılan akustik kısmi deşarj sinyali doğrudan algılamaz. Güç transformatörlerinde kısmi deşarj esnasında oluşan akustik dalgalar tank duvarına vurur ve tank duvarında alternatif bir yayılım yolu oluşturur. Akustik sinyallerin varış hızı yayıldığı ortamın akustik özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Buda kısmi deşarj sinyalinin konumunun belirlenmesinde sapmalara neden olabilir. Tablo 1'de farklı maddelerin akustik özellikleri paylaşılmıştır. Bu sapmaların giderilmesi ve optimum konumun belirlenebilmesi için güç transformatörlerinin farklı yüzeylerinden kısmi deşarj ölçümleri alınmalı ve optimum konum belirlenmelidir.

Tablo 1.
Maddelerin akustik özellikleri

Madde	Boyuna dalga	Enine dalga	Yoğunluk
20°C'deki transformatör yağı	1415 ms^{-1}		~0.89 gcm-3
80°C'deki transformatör yağı	1200 ms^{-1}		
Çelik	5900 ms^{-1}	3200 ms^{-1}	7.8 gcm-3
Bakır	4700 ms^{-1}	2300 ms^{-1}	8.9 gcm-3
Alüminyum	6300 ms^{-1}	3100 ms^{-1}	2.7 gcm-3
Epoksi	2600 ms^{-1}	1100 ms^{-1}	1.2 gcm-3
İzolasyon kağıdı	1950 ms^{-1}		1.25 gcm-3
Hava	343 ms^{-1}		1.29 gcm-3
SF6	1330 ms^{-1}		6.2 gcm-3

Şekil 3.
Adım adım akustik kısmi deşarj ölçümü ve zayıflayan yalıtımın konumunun belirlenmesi



Akustik kısmi deşarj ölçümleri DGA analizi ve elektriksel kısmi deşarj ölçümleri gibi diğer tanı prosedürlerinin sonucu olarak transformatörler yüklüyken gerçekleştirilmelidir.

Kısmi Deşarj Sensörlerinin Tank Yüzeyine Yerleşimi

Piezo akustik sensörlerin transformatör tankı ile teması kritik öneme sahiptir. Transformatör tankı ile piezo sensörler arasındaki kir, yağ, pas gibi bozucu ektiler akustik sinyallerin algılanmasında engel oluşturur. Bu yüzeylerin piezo akustik sensörlerin yerleşimi esnasında temizlenmesi gerekir.

Piezo akustik sensörlerinin transformatör tankı yüzeyi arasındaki mekanik ve akustik bağlantısını geliştirmek için akustik jel kullanılmalıdır.

Piezo akustik sensörün tank yüzeyine yerleşimi esnasında sinyal zayıflamasına neden olabilecek manyetik veya manyetik olmayan tank koruması bulunan bölgelere dikkat edilmelidir.

Akustik Kısmi Deşarj Sinyallerinin Algılanması ve Optimum Konumun Hesaplanması

Piezo akustik sensörler tarafından akustik sinyallerin algılanması ve üçgenleme yöntemiyle (TOA) optimum konum belirlenebilir.

Örnek Vaka Analizi

10 MVA gücünde Dyn5 bağlantı grubuna sahip 34.5/15 kV güç transformatöründe deformasyona uğramış yalıtım malzemesinin konumunun belirlenebilmesi için akustik kısmi deşarj ölçümü gerçekleştirilmiştir.

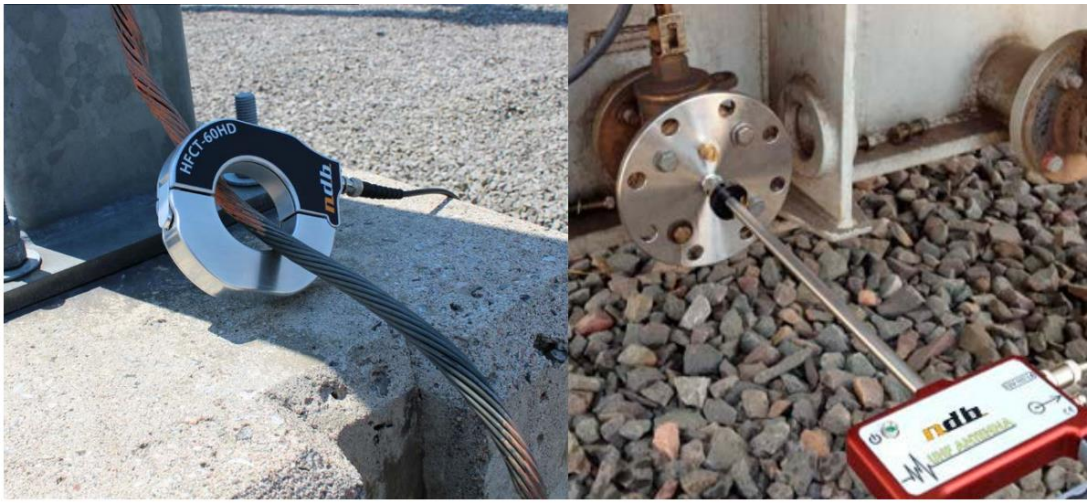
Şekil 4.
Güç transformatörü saha görseli
(10 MVA, 34.5/15 kV)

Akustik kısmi deşarj ölçümü çalışmaları ndb Technologies AE 150™ kısmi deşarj konum belirleme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. ndb Technologies AE 150™ çözünmüş gaz analizi sonrasında yağlı tip transformatörlerde kısmi deşarj konumunu belirlemek için geliştirilmiş hibrit kısmi deşarj ölçüm cihazıdır.

Şekil 5.
ndb Technologies AE-150™

ndb Technologies AE 150™ 35 kHz ile 300 kHz arası bant genişliğine sahip dört adet piezo akustik sensöre sahiptir. Bu sayede transformatör kazanı içerisinde küresel olarak yayılan akustik sinyalleri kolaylıkla ölçülebilir. Bunun yanı sıra elektriksel ölçüm gerçekleştirilebilmesi için 5 MHz ile 300 MHz arası bant genişliğine sahip elektriksel ölçüm kanalı bulunmaktadır.

Şekil 6.
ndb Technologies AE-150™ HFCT Sensörü ve UHF anteni

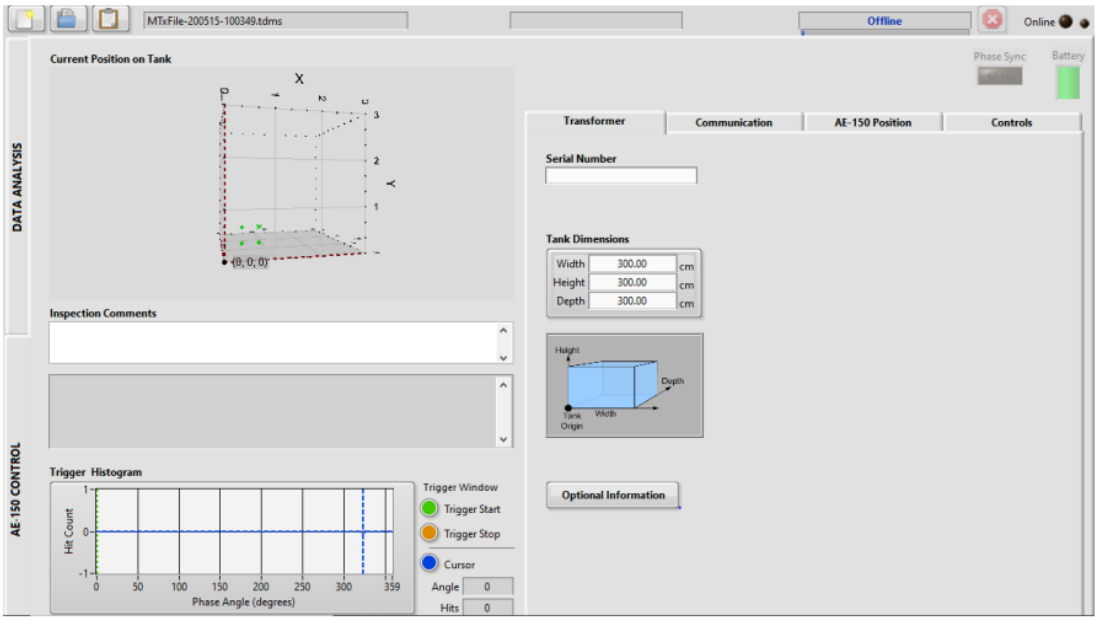


Şekil 6'da görüldüğü üzere, elektriksel ölçüm kanalına kısmi deşarj esnasında transformatörün topraklama iletkeni üzerinden toprağa akan yüksek frekanslı kısmi deşarj bileşenlerini ölçmek için yüksek frekansı akım trafosu (HFCT) veya transformatör kazanı içerisindeki yüksek frekanslı (ultra high frequency) kısmi deşarj bileşenlerini ölçmek için yüksek frekanslı kısmi deşarj ölçüm anteni takılmaktadır.

Şekil 7.
ndb Technologies AE-150™ 10 MVA güç transformatörü tankına yerleşimi ve HFCT sensör bağlantısı

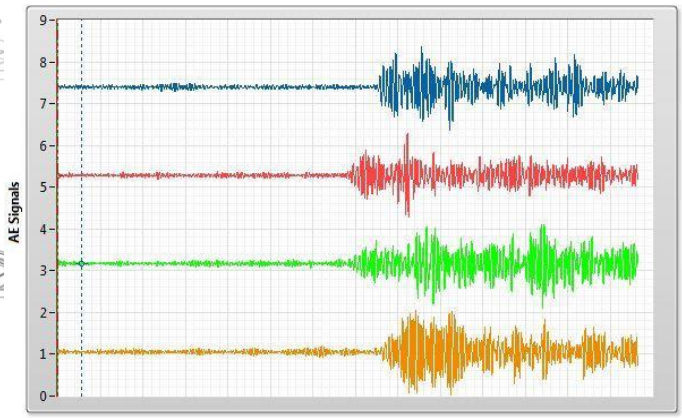
Şekil 7'de görüldüğü gibi saha ölçümleri esnasında 10 MVA güç transformatörü kazanına AE 150™ kısmi deşarj konum belirleme cihazı konumlandırılmıştır.

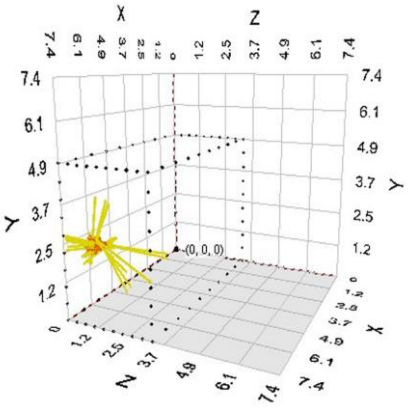
Şekil 8.
ndb Technologies AE-150™ Mirador TX analiz yazılımı



AE 150™ kısmi deşarj konum belirleme cihazı gelişmiş, kullanıcı dostu Mirador Tx analiz yazılımına sahiptir. Şekil 8 üzerinde görüldüğü gibi ölçüm çalışmaları esnasında AE 150™ Mirador Tx analiz yazılımda 10 MVA güç transformatörünün ölçüleri tanımlanmıştır ve akustik kısmi deşarj ölçüleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 9.
Akustik sinyal ölçüm verileri ve zayıflanan yalıtım noktasının yeri





Şekil 9'da ölçülen akustik sinyaller ile ölçüm sonucunda belirlenen kısmi deşarj konumu görülmektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde akustik sinyalin piezo akustik sensörlere farklı zamanlarda vardığı görülmektedir. Bir kaç defa alınan ölçüm verileri sonucunda elde edilen konum vektörleri, belirlenen konumu optimize etmekte ve bu sayede kısmi deşarjın konumu tutarlı olarak hesaplanabilmektedir.