

DARBE DENEYLERİNDE KABLO UÇLARININ SİSTEM VERİMİNE ETKİSİ

Güneş YILMAZ Hasan ÖZTAŞ

Türk Siemens Kablo ve Elektrik Sanayi A.Ş.
16941 Mudanya / BURSA

Özcan KALENDERLİ

İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
80191 Gümüşsuyu / İSTANBUL

ÖZET

Bu çalışmada yüksek gerilim yeraltı kabloları üzerinde yapılan darbe deneyleri sırasında kablo uçlarının darbe üreticinin verimine etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilen bir deneysel araştırmanın sonuçları verilmiştir. Deneylerde kablo uçları, standard kablo başlığından, kablo yarıiletkeninden ve sulu başlıktan yararlanılarak üç farklı yöntemle hazırlanmış ve kablo uçlarının sıcaklıkla dirençlerinin değişimi; sabit sıcaklıkta uç uzunluğunun değişimi ile ve sabit uç uzunluğunda sıcaklığın değişimi ile sistem veriminin değişimi incelenmiştir. Deneylerden kablo uçlarının hazırlanma biçimine bağlı olarak darbe üreticinin veriminin %20'yi aşan oranda azaldığı ve sistem verimine bu etkiyi azaltmak için her kablo türüne ilişkin deneyde bir optimum deney numunesi uzunluğunun olduğu görülmüştür.

1. GİRİŞ

Kablo deneyleri kabloların kalite ve güvencesinin ölçütüdür. Deneyler, kabloların işletme ve arıza koşulları göz önüne alınarak hazırlanmış standartlara göre yapılır. Kablo deneyleri rutin ve tip deneyleri olarak bilinen iki ana gruba ayrılır. Rutin deneyler, bütün üretilen kablolar, genellikle üretim boyutlarında (örneğin makara üzerinde) uygulanan deneylerdir. Buna karşılık tip deneyleri, yalnızca belirlenen (seçilen) numuneler üzerinde isteğe veya anlaşmaya bağlı olarak yapılan deneylerdir.

Yüksek gerilim enerji kabloları için standartlarda öngörülen tip deneylerden

birisi yıldırım darbe gerilimine dayanım deneyidir /1/-/2/. Bu deney, kabloların yıldırımın doğrudan veya dolaylı olarak neden olacağı aşırı gerilimlere karşı dayanımını ve davranışını gösterir /3/-/4/. Bu deneyin yapılışı denenecek kablolar ile ilgili kablo standartlarında açıklanmıştır. Bu standartlarda numune boyutları, uygulanacak gerilimin biçimi, kutbiyeti, sayısı, yeri, ölçülmesi ve deneyin değerlendirilmesi hakkında bilgiler bulunmaktadır. Kablo numunesinin deneye hazırlanması ile ilgili bilgiler sınırlıdır. Örneğin kablonun normal yapısının korunduğu, siperinin, ekranının, zırhının... bulunduğu ve gerilim uygulandığında yalıtımın doğrudan zorlandığı bölüm olan aktif kısmın boyu ile ilgili bilgiler verilirken, pasif kısım olarak adlandıracağımız kablo uçlarının durumu ile ilgili bilgiler verilmemektedir. Bu durum uygulamacıların farklı uygulamalar yapmalarına yol açmaktadır. Deneyde gerilim kablo damarına uygulanmakta, kablo siperi topraklanmaktadır. Kablo uçları gerilimin uygulandığı damar iletkeni ile topraklı siper arasında bir boşalma olmayacak biçim ve boyutlarda hazırlanmak zorundadır. Bunun için pasif uçların üzerindeki siper ve yarı-iletken tabakanın çıkarılması ve uçların yeterli yalıtım uzunluğunda bırakılması, başlık takılması gibi önlemler alınmaktadır. Bu önlemlerde standard bir uygulama yoktur. Örneğin kablo uçlarının uzunluğu ne olmalıdır? Hangi tip kablo başlığı kullanılmalıdır? gibi soruların yanıtı uygulamacıların bilgi ve deneyimlerine bırakılmaktadır.

Darbe deneyleri darbe gerilimi üreticileri ile yapılır. Bir darbe üreticinin verimi, üreticinin giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki orandır. Darbe deneyleri sırasında kablo numunesinin kapasitesi darbe üreticinin verimini etkiler. Bu etki, kablonun kapasitesi arttıkça artar.

Bu çalışmada da kablo pasif uçlarının hazırlanmasına bağlı olarak kablo kapasitesine dolayısı ile sistem verimine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde kablo uçları, standard kablo başlığından, kablo yarı-iletkeninden ve sulu başlıktan yararlanılarak üç farklı yöntemle hazırlanmış ve kablo uçlarının sıcaklıkla dirençlerinin değişimi; sabit sıcaklıkta uç uzunluğunun değişimi ile ve sabit uç uzunluğunda sıcaklığın değişimi ile sistem veriminin değişimi incelenmiştir.

2. DENEYLER

Deneylerde, 35 kV'luk 1x185 mm²'lik, XLPE yalıtkanlı bir fazlı kablo numuneleri kullanılmıştır. Kablo uçları üç farklı şekilde hazırlanmıştır. Deneylerde verime sıcaklığın etkisini görmek amacıyla kablo numuneleri damar iletkeninden bir akım kaynağı yardımıyla geçirilen ısıtma akımlarıyla istenilen sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Isıtmada kablo yalıtkanı istenilen sıcaklıkta kararlı kalacak sürelerde beklenmiş, kablo yalıtkanının sıcaklığı bir termokupl ve dijital termometre yardımıyla ölçülmüştür. Deneyler sırasında sıcaklık, ortam sıcaklığından XLPE kablolar için standartlarda da öngörülen, izin verilen en yüksek işletme sıcaklığının 5-10°C üstüne yani 95-100°C'ye kadar 20 ± 5°C'lik basamaklarla artırılarak değiştirilmiş ve her bir sıcaklık basamağında darbe gerilimi deneyine tabi tutulmuştur.

Deneylerde 1,2/50'lik yıldırım darbe gerilimleri 400 kV, 12 kJ'luk bir darbe gerilimi üreticinden elde edilmiştir. Uygulanan darbe gerilimlerinin tepe değerleri her durumda darbe üreticinin çıkışına bağlı olan bir kapasitif gerilim bölücü ve bir tepe

değer voltmetresi yardımıyla ölçülmüştür. Deneylerde hem pozitif hem de negatif kutbiyetli darbe gerilimleri kullanılmıştır.

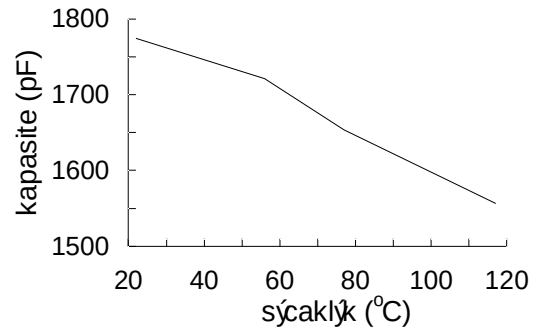
Deneyler, belli bir sıcaklığa kadar ısıtılmış kablo numunelerine kablonun standardında darbe gerilimine dayanım deneyi için öngörülen deney geriliminin %50, %70 ve %90'ına eşit genlikte ikişer darbe gerilimi uygulanarak yapılmıştır /5/-/6/. Bu darbe gerilimi uygulaması sırasında darbe üreticinin giriş ve çıkış gerilimleri kaydedilmiş ve bu işlem her sıcaklık ve gerilim düzeyinde tekrarlanmıştır.

Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde, bir darbe gerilimi üreticinin giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki oran ile tanımlanan (n) darbe üretici veriminden yararlanılmıştır. Böylelikle kablo uçlarının darbe geriliminde sıcaklığa bağlı olarak sistem verimine etkisi incelenmiştir.

3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

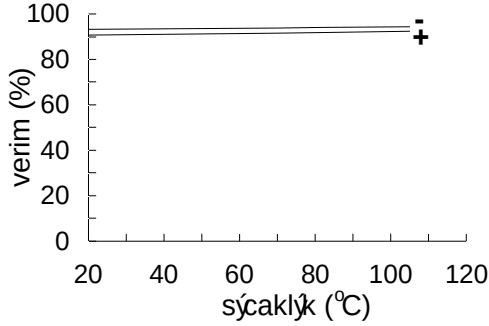
3.1. Kablo başlıklı deneyler

35 kV'luk 1x185 mm²'lik, bir kablo numunesinin iki ucuna silikon kauçuk kablo başlıkları takılarak deneyler yapılmıştır. Başlıklar dahil kablonun toplam uzunluğu 10,5 m dir. Darbe deneyinden önce kablo kapasitesinin sıcaklıkla değişimi saptamak amacıyla 20 kV'ta kapasite ölçmeleri yapılmıştır (Şekil 1). Şekilden kapasitenin sıcaklıkla azalması görülmektedir.



Şekil 1. Başlıklı kabloda kapasitenin sıcaklıkla değişimi.

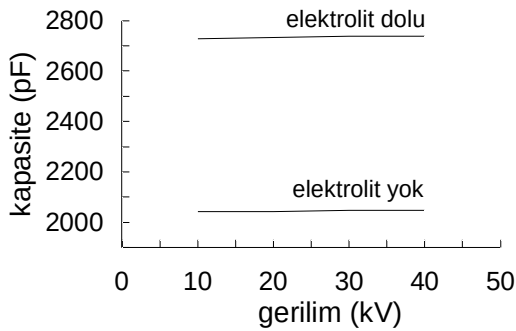
Şekil 2'de ise başlıklı kablo için pozitif ve negatif darbe geriliminde sistem veriminin sıcaklık değişimi verilmiştir.



Şekil 2. Başlıklı kablo için sistem veriminin sıcaklıkla değişimi.

3.2. Elektrolitik başlıklı deneyler

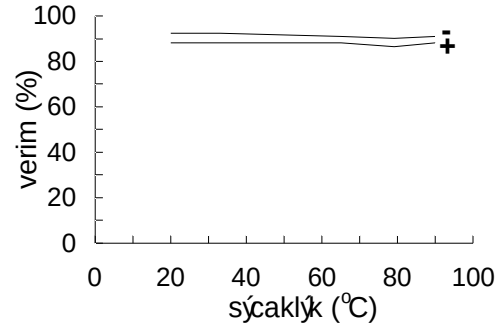
Bu deneyler için 35 kV'luk 1x185 mm²'lik, bir kablo numunesinin uçlarına elektrolitik sıvı dolu başlık düzeni yapılmıştır. Bunun için kablo uçları yalnızca damar yalıtkanı kalacak şekilde soyulduktan sonra yalıtkan (PVC) borular takılıp içi elektrolitik sıvı doldurulmuş ve numunenin aktif kısmının yarıiletkeni elektrolitik sıvı ile temas ettirilmiştir. Şekil 3'te bu kablo numunesinde başlıklara elektrolitik sıvı doldurulmadan önce ve sonra ölçülen kapasitenin gerilimle değişimi gösterilmiştir. Elektrolit başlığın kullanılması kapasiteyi büyük ölçüde arttırmakta ve sistem verimine etkisi büyükmektedir.



Şekil 3. Elektrolitik başlıklı kabloda başlıklara elektrolit doldurulmadan önce ve sonra kapasitenin gerilimle değişimi.

Şekil 4'te aynı kablo için sistem veriminin sıcaklık değişimi verilmiştir. Bu deney sırasında kablo sıcaklığından elektrolitik

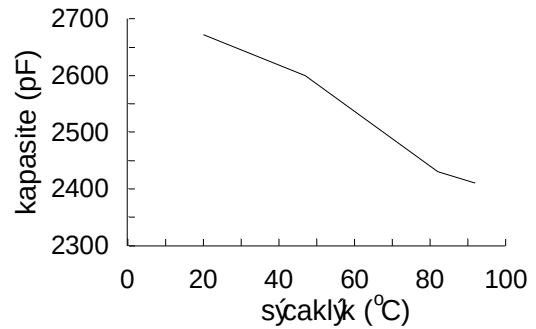
sıvının iletkenliğinin veya direncinin etkilenmesi yapılan iletkenlik ölçmeleri ile izlenmiştir. Artan sıcaklıkla elektrolitin direnci azalmakta, iletkenliği artmaktadır. Deneyler sırasında elektrolit direncinin sıcaklıkla $140 \pm 10 \text{ k}\Omega$ civarında değiştiği görülmüştür.



Şekil 4. Elektrolitik başlıklı kablo için sistem veriminin sıcaklıkla değişimi.

3.3. Yarıiletken başlıklı deneyler

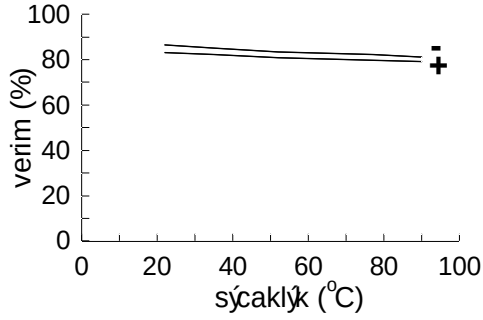
Bu deneyler için 35 kV'luk 1x185 mm²'lik, 14 m uzunluğunda bir kablo numunesinin uçlarının ikişer metrelik bölümleri dış yarı iletkene kadar sökülmüş ve pasif uçlar üzerinde yalnızca yarıiletken tabaka bırakılmıştır. Damar iletkeni yarıiletken tabaka ile irtibatlandırılmış ve yarıiletken tabakadaki topraklı sipere kadar olan lineer olmayan gerilim düşümünden yararlanılmıştır. Şekil 5'te bu kablo numunesinde kapasitenin 20 kV'ta ölçülen sıcaklıkla değişimi gösterilmiştir. Şekilden kapasitenin artan gerilimle azalma eğilimi görülmektedir.



Şekil 5. Yarıiletken başlıklı kabloda kapasitenin sıcaklıkla değişimi.

Şekil 6'da ise aynı kablo için sistem veriminin sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Bu durumda

da artan sıcaklıkla verimde bir azalma görülmektedir.



Şekil 6. Yarıiletken başlıklı kablo için sistem veriminin sıcaklıkla değişimi.

Yapılan deneylerde verim her durumda pozitif darbe geriliminde negatif darbe gerilimindekine göre küçük bulunmuştur. Sonuç olarak, deneylerden kablo uçlarının hazırlanma biçimine bağlı olarak darbe üreticinin veriminin %20'yi aşan oranda azaldığı ve sistem verimine bu etkiyi azaltmak için her kablo türüne ilişkin deneyde bir optimum deney numunesi uzunluğunun ve başlık tipinin olduğu görülmüştür.

4. KAYNAKÇA

- /1/ IEC Publication 60, "High voltage test techniques" Part II, "Test Procedures", 1973.
- /2/ IEEE Std. 82-1963, "Test procedure for impulse voltage tests on insulated conductors", 1963.
- /3/ S. Hiyama and Y. Fujiwara, "Testing methods for power cable insulation", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.EI-21, No.6, pp.1051-1056, 1986.
- /4/ WEEDY, B.M., Underground Transmission of Electric Power, Wiley, London, 1980.
- /5/ IEC Publication 502, "Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV up to 30 kV", 1994.

- /6/ IEC Publication 840, "Tests for power cables with extruded insulation for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV)", 1988.



Güneş YILMAZ, 1957'de Razgrad'da doğdu. Varna Teknik Üniv. Elektronik-Haberleşme Müh. Bölümünden 1980'de lisans, 1985'te yüksek lisans diploması aldı. 1986-1989 yılları arasında Sofya Teknik Üniv. Elektro-teknik Malzemeleri Bilimsel Araştırma Merkezi'nde araştırmacı ve öğretim görevlisi olarak çalıştı. 1995'te İTÜ FBE'de doktorasını tamamladı. 1989'dan beri TÜRK-SIEMENS'te çalışan Dr. YILMAZ, halen İmalat Teknolojisi Geliştirme Müdürü olarak görevini sürdürmektedir.



Hasan ÖZTAŞ, 1963 yılında Gaziantep'te doğdu. 1987'de ODTÜ Gaziantep Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümünden mezun oldu. 1989'dan beri TÜRK-SIEMENS'te Enerji Kabloları Kalite Kontrol ve AR-GE bölümlerinde çalışmaktadır.



Özcan KALENDERLİ, 1956 yılında İstanbul'da doğdu. İTÜ EEF'den 1978 de mühendis, 1980'de yüksek mühendis olarak mezun oldu. 1990'da İTÜ FBE'de doktora çalışmalarını tamamladı. İTÜ EEF EMB'de 1979-1991 yılları arasında mühendis olarak çalışan KALENDERLİ, 1991'den beri aynı Bölümde yardımcı doçent olarak görev yapmaktadır.