

DARBE GERİLİMİNDE KABLOLARIN DİELEKTRİK ÖZELLİKLERİNE SICAKLIĞIN ETKİSİ

Hasan ÖZTAŞ

Güneş YILMAZ

Özcan KALENDERLİ

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

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

ÖZET

Bu çalışmada bir damarlı yüksek gerilim kablolarının darbe geriliminde dielektrik özelliklerine kablo sıcaklığının etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak darbe geriliminde kabloların incelenen sıcaklık aralığında sıcaklıkla kapasitesinin azaldığı, kapasitedeki azalmanın negatif darbe geriliminde pozitif darbe gerilimindekinden daha fazla olduğu görülmüştür.

1. GİRİŞ

Kablolar, elektrik enerjisinin iletilmesi ve dağıtılmasında kullanılan vazgeçilmez bağlantı elemanlarıdır. Yüksek gerilim enerji kabloları, kabloların bir türünü ve önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

Enerji kabloları, ilettikleri gücün büyük, kullanıldıkları gerilimin yüksek, geçirdikleri akımların büyük olması nedeniyle elektriksel, ısı ve mekanik özellikleri ayrıcalık gösteren kablolardır. Genelde yeraltı kablosu olarak kullanılan bu kablolar normal işletme koşulları altında içlerinden akan akımların yüksekliği nedeniyle yalıtkan maddesinin türüne göre 60⁰-90⁰ gibi yüksek sıcaklıklara kadar sürekli kullanılmaktadır. Toprağın veya kablonun içinde bulunduğu ortamın sıcaklığı, kablo yapısı ve kablo içinden kaynaklanan ısının kablo dışına iletilmesi, normal işletmede kabloların sürekli sıcak koşullarda bulunmasına yol açmaktadır. Ayrıca işletmede kısa devreler gibi iletkenlerden aşırı akımların geçtiği ve büyük ısıların olduğu durumlarda kablolar daha büyük ısı zorlanmalarına maruz kalırlar. Bu durumda yalıtıkanda ve iletkeninde deformasyon,

erime, kaynama gibi yapısını ve elektriksel özelliklerini bozacak olaylar ortaya çıkabilir. Kablolar işletmede, işletme içindeki açma-kapama olayları gibi veya dışındaki yıldırımın gibi olaylardan kaynaklanan darbe gerilimi karakterinde aşırı gerilimlere maruz kalabilirler.

Kabloların yukarıda belirtilen sıcaklık ve darbe gerilimi gibi etkenler altındaki davranışı ve dielektrik özellikleri onların tasarlanmasında, üretilmesinde, hazırlanmasında, seçilmesinde ve kullanılmasında bilinmesi gereken bilgilerdir. Tasarlanmış ve üretilmiş bir kablo, fabrika koşullarında kendisinden işletme koşullarında beklenen koşulları sağlayıp sağlamadığı ve kalitesi hakkında bilgi edinmek amacıyla rutin ve tip deneyleri olarak bilinen, bütün üretilen kablolar, üretim boyutlarında (örneğin makara üzerinde) deneylere (rutin deneyler) veya belirlenen (seçilen) numuneler üzerinde yapılan deneylere (tip deneyleri) tabi tutulurlar. Darbe gerilimine dayanım deneyi de standartlarda öngörülen tip deneylerden biridir /1/-/2/.

Literatürde kabloların ve yalıtkanlarının alternatif ve doğru gerilimde davranışları sıcaklığı da parametre olarak çokça incelenmiştir. Bu tür çalışmaların darbe geriliminde yapılanları diğerlerine göre oldukça azdır /3-7/. Bu çalışmada darbe geriliminde bir fazlı orta ve yüksek gerilim kablolarının dielektrik özelliklerine kablo sıcaklığının etkisi incelenmiştir.

2. DENEYLER

Bu deneysel çalışmada, 35 ve 66 kV'luk XLPE yalıtkanlı bir fazlı kablo numuneleri kullanılmış, kablolar 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 $10 \pm 5^\circ\text{C}$ 'lik basamaklarla artırılarak değiştirilmiş ve her bir sıcaklık basamağında darbe gerilimi deneyine tabi tutulmuştur.

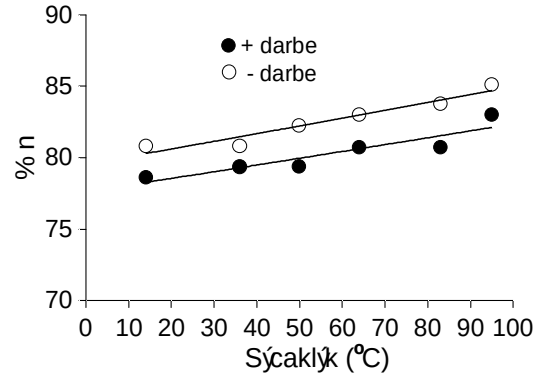
Deneylerde kablo numunelerine uygulanan 1,2/50'lik yıldırım darbe gerilimleri 35 kV'luk kablolar için 400 kV, 12 kJ'luk bir darbe gerilimi üreticiden, 66 kV'luk kablo için olan deneylerde ise 2,8 MV, 140 kJ'luk bir darbe gerilimi üreticiden elde edilmiştir. Uygulanan darbe gerilimlerinin tepe değerleri 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 /8/-/9/. Bu darbe gerilimi uygulaması sırasında darbe üreticinin giriş ve çıkış gerilimleri kaydedilmiş ve bu işlem her sıcaklık ve gerilim düzeyinde tekrarlanmıştır.

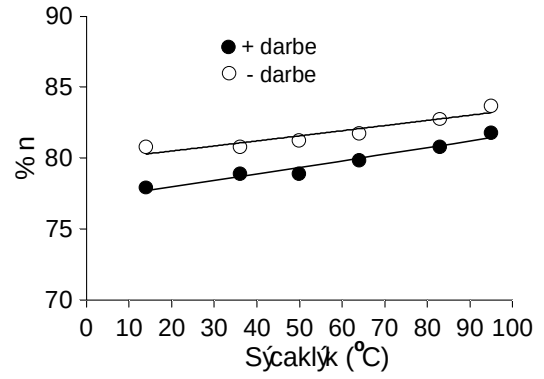
Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde, bir darbe gerilimi üreticinin giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki oran ile tanımlanan (n) darbe üretici veriminden yararlanılmıştır. Bu verimi tanımlayan oran eşitliğinde çıkış geriliminin üreticinin çıkışına bağlanan deney cisminin (yükün) kapasitesi ile değiştiği bilinmektedir. Deney sırasında her şeyin aynı kalması, fakat sadece kablo sıcaklığının değişiyor olması nedeniyle sıcaklıkla kablo kapasitesinin ve bunu belirleyen dielektrik sabitinin ve dielektrik kayıp faktörünün değişimi arasında ilişki kurulmuştur. Böylelikle kabloların darbe geriliminde sıcaklığa bağlı olarak davranışı incelenmiştir.

3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

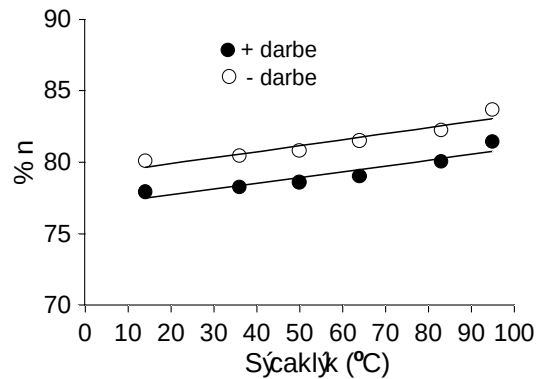
Şekil 1, 2 ve 3'te 120 ve 240 mm²'lik 35 kV'luk iki, 400 mm²'lik 66 kV'luk bir kablo numunesi için darbe üreticinin girişine uygulanan üç farklı gerilim (U_i) düzeyinde ve iki farklı kutbiyette deneysel olarak elde edilen darbe üretici verimi n 'nin bu kabloların sıcaklığı ile değişimi gösterilmiştir.



a) $U_i = 80 \text{ kV}$

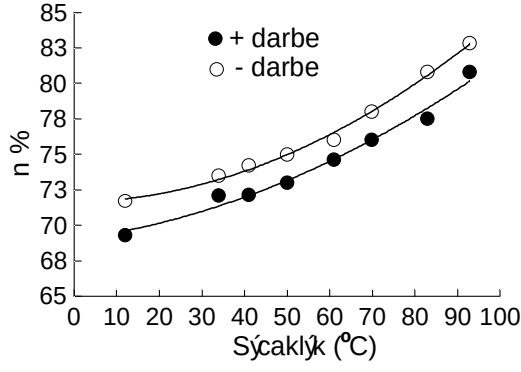


b) $U_i = 120 \text{ kV}$

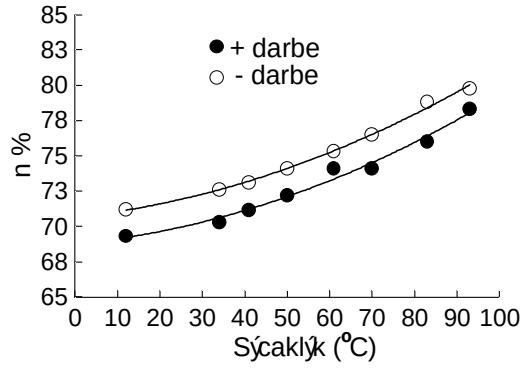


c) $U_i = 160 \text{ kV}$

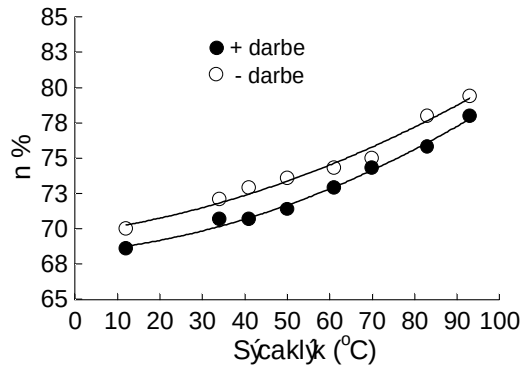
Şekil 1. 35 kV, 120 mm²'lik kabloda sıcaklıkla verimin değişimi.



a) $U_i = 80 \text{ kV}$



b) $U_i = 120 \text{ kV}$

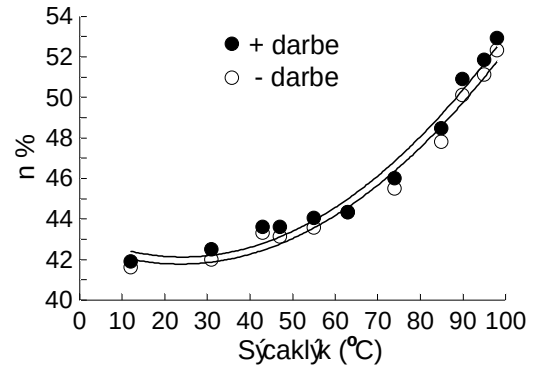


c) $U_i = 160 \text{ kV}$

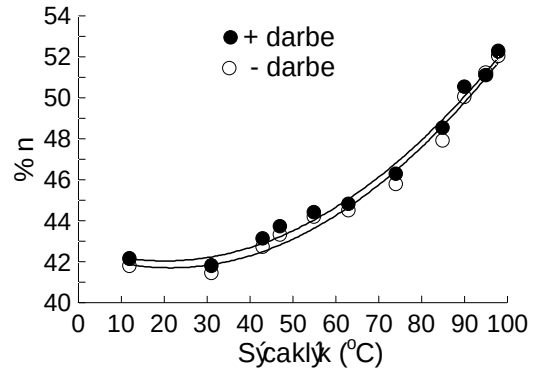
Şekil 2. 35 kV, 240 mm²'lik kabloda sıcaklıkla verimin değişimi.

Bu şekillerden kablo sıcaklığının artması ile verimin arttığı görülmektedir. Bu artış, kablo sıcaklığının artmasının kablo dielektrik özelliklerini etkilemesi nedeniyle kablo kapasitesinin azalması ve dolayısıyla verimin artması olarak yorumlanabilir. Negatif darbe gerilimlerinde verimdeki artmanın, pozitif darbe gerilimlerdeki göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında, aynı sıcaklık aralığında, 66 kV'luk kabloda verim artışı 35 kV'luk kablolarla göre daha hızlı ve büyük

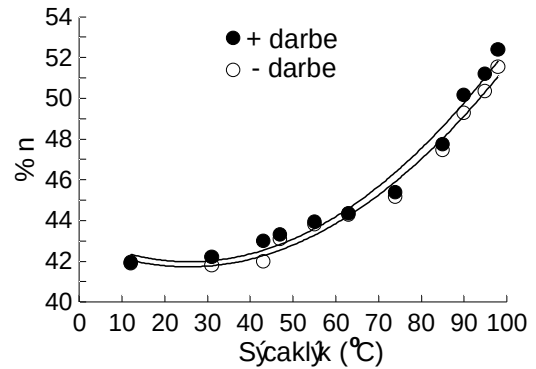
olmuş ancak daha düşük verimler elde edilmiştir.



a) $U_i = 378 \text{ kV}$



b) $U_i = 574 \text{ kV}$



c) $U_i = 840 \text{ kV}$

Şekil 3. 66 kV, 400 mm²'lik kabloda sıcaklıkla verimin değişimi.

Bir başka gözlemden 120 mm²'lik 35 kV'luk kabloların değişen sıcaklıkla verime etkisi 240 mm²'lik 35 kV'luk kablolarunkinden az olmuştur. Ayrıca küçük kesitli kablo durumundaki verim büyük kesitlininkinden yüksektir ve sıcaklıkla değişimi daha azdır.

Sonuç olarak, darbe geriliminde kabloların incelenen sıcaklık aralığında sıcaklıktaki

yükselme ile kapasitesinin azaldığı elde edilen verim değerlerinin yükselmesinden gözlenmiştir. Çünkü bilinirki bir darbe üreticinin verimi yük kapasitesi azaldıkça yükselir, arttıkça azalır. Ayrıca sonuçlar kapasitedeki azalmanın negatif darbeye pozitif darbeden daha fazla olduğunu göstermiştir.

Bu inceleme ile kabloların darbe geriliminde dielektrik davranışı, sıcaklık toleransları, deney sürecinin yerine getirilmesi, kutbiyetin önemi, kablo yapısının, gerilim düzeyinin önemi gibi farklı konuların incelenmesi ve değerlendirilmesi olanağı bulunmuştur.

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/ V. Buchholz, M. Colwell, H. E. Orton and J. Y. Wong, "Elevated temperature operation of XLPE distribution cable system", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.8, No.3, pp. 743-749, 1993.
- /5/ L. Simoni, "A general approach to the endurance of electrical insulation under temperature and voltage", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-16, No.3, pp. 277-289, 1981.
- /6/ E. F. Peschke, W. Kalkner, G. Schroeder, "Impulse voltage strength of PE and XLPE insulations", 3rd International Symposium on High Voltage Engineering, Report 21.02, Milan, 28-31 August 1979.
- /7/ R.A. Hartlein, V.S. Harper and H.W. Ng, "Effects of voltage impulses on extruded dielectric cable life, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.4, No.2, pp.829-841, 1989.

- /8/ IEC Publication 502, "Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV up to 30 kV", 1994.
- /9/ 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.



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.



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 Merke-zi'nde araştırmacı ve öğretim görevlisi olarak çalıştı. 1995'te İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktorasını tamamladı. 1989'dan beri TÜRK-SIEMENS'te çalışan Dr. YILMAZ, halen İmalat Teknolojisi Geliştirme Müdürü olarak görevini sürdürmektedir.



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.