

DARBE GERİLİMİNDE HAVANIN DELİNME DAYANIMI

Hasbi İSMAİLOĞLU, Özcan KALENDERLİ, Muzaffer ÖZKAYA, İzzet GÖNENÇ

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

ÖZET

Bu çalışmada, küre-düzlem elektrot sisteminde darbe geriliminde havanın delinme geriliminin elektrot açıklığına, hava basıncına, gerilimin ucayına (kutbiyetine) ve düzlem elektrodun yüzeyinde bir pürüzün varlığına bağlı olarak değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, elektrot açıklığı ve basınç arttıkça havanın delinme geriliminin yükseldiğini, pozitif ucaylı darbe gerilimindeki delinme geriliminin negatif ucaylı darbe geriliminden daha küçük olduğunu ve elektrot yüzeyinde bir pürüzün varlığının delinme gerilimini azalttığını göstermiştir.

1. GİRİŞ

Düzgün ve düzgün olmayan alanlarda çeşitli elektrot sistemleri için hava, azot, kükürthekzaflorür veya bu gibi gazların karışımından oluşan gazların alternatif, doğru ve darbe gerilimlerinde delinme gerilimlerinin ve delinme dayanımlarının elektrot biçimi, elektrot boyutları, elektrot açıklığı, elektrot yüzey durumu, elektrot malzemesi, basınç, sıcaklık ve nem gibi değişkenlere bağlı olarak değişimleri çok uzun zamandan beri incelenmektedir.

Hava, çoğu elektrik sisteminin yalıtımına ortak olan bir gazdır. Bu ortaklık genelde doğal olarak veya bilerek bazen de istemeyerek kurulur. Hava, ucuz ve kolay bulunur bir gaz olmasına karşın, normal koşullarda delinme dayanımı en küçük yalıtkanlardan biridir. Bu durum elektrik sistemlerinin işletimi ve güvenilirliği bakımından havanın ayrıcalıklı olarak, örneğin, farklı ucaylı yıldırım darbeleri, yükseltiden ve kullanımdan kaynaklanan basınç farklılıkları, değişik elektrik alan ve elektrot açıklığı durumları gibi farklı koşullardaki

davranışının ve özellikle delinme dayanımının bilinmesini gerektirir. Bu yüzden gazlarla ilgili temel araştırmaların da malzemesi olan hava ile pekçok deneysel çalışma yapılmaktadır /1-4/.

Bunun yanında, uygulamada elektrotların yapımı sırasında veya sonradan, örneğin kötü kontak, ark, çarpma gibi çeşitli nedenlerle veya ortam içinde bulunup elektrot yüzeyine konan iletken toz ya da parçacıklar sonucu oluşan elektrotlar üzerindeki pürüzlerin varlığının havanın delinme dayanımını etkileyebileceği göz önüne alınarak bu konu da çok yönlü araştırılmaktadır /5/-/6/.

Bu çalışmada da havanın delinme dayanımının darbe geriliminde, düzgün olmayan alanda gerilimin ucayı, hava basıncı, elektrot açıklığı, elektrot yüzeyinde pürüz varlığı gibi değişik parametrelere bağlılığı deneysel olarak incelenmiştir.

2. DENEYLER

Deneylerde düzgün olmayan elektrik alan dağılımına sahip küre-düzlem elektrot sistemi kullanılmıştır. Bu elektrot sisteminin küresel elektrodu 4 mm çaplı bir iletken küre; düzlem elektrodu da 75 mm çapında, 15 mm kalınlığında kenarları yuvarlatılmış disk biçimi bir elektrottur. Çalışmada havanın delinme dayanımına elektrot yüzey pürüzünün varlığının etkisini incelemek amacıyla ikinci bir düzlem elektrot daha kullanılmıştır. İkinci düzlem elektrot birincisi ile aynı boyutlardadır. Bu elektrodun üst yüzeyinin ortasına yapay olarak 1 mm yarıçaplı yarıküresel pürüz oluşturulmuştur. Deneyler küre-pürüzsüz düzlem ve küre-pürüzlü düzlem elektrot sistemlerinde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Deneylerde gerilim küresel elektroda

uygulanmış, düzlem elektrot ise topraklanmıştır.

Söz konusu elektrot sistemleri, yüksek basınç altında elektrot açıklığını değiştirme olanağı bulunan özel bir basınç kabının içine yerleştirilmiştir. Elektrot açıklığı kabin dışından bir master ölçme düzeni ile, basınç ise kap üzerine takılan bir manometre ile ölçülmüştür. 1,2/50'lik standard yıldırım darbe gerilimi, 280 kV'te, 5 kJ'luk iki katlı darbe gerilimi üreticiden elde edilmiştir. Darbe gerilimlerinin tepe değeri, dijital darbe gerilimi tepe değer ölçü aleti ile ölçülmüştür.

Deneyler 5; 10; 15; 20 ve 25 mm elektrot açıklıklarında yapılmıştır. Ayrıca, herbir elektrot açıklığında normal hava basıncı 0 bar olmak üzere basınç, 0,5 bar artımlarla 0-4 bar arasında değiştirilmiştir. Deneyler, pozitif ve negatif ucaylı 1,2/50'lik standard yıldırım darbe gerilimleri için yinelenmiş ve her durumda %50 delinme gerilimi değerleri saptanmıştır.

3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

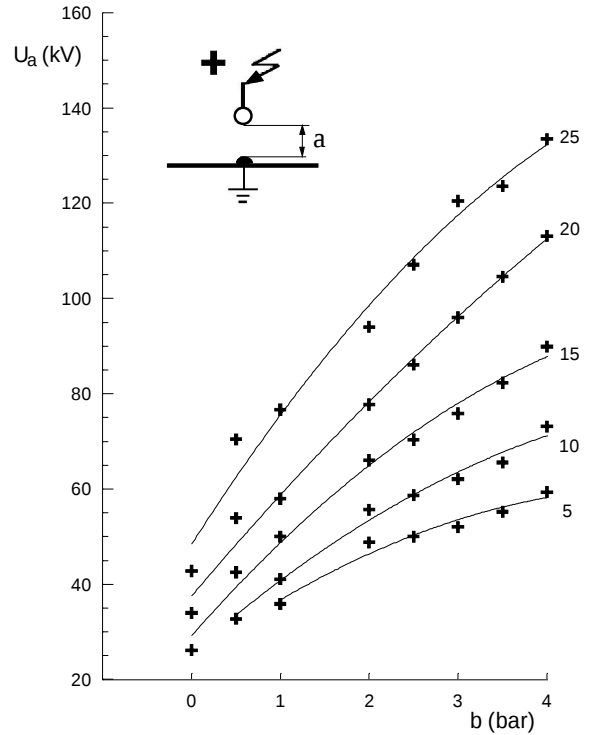
Şekil 1'de, örnek olarak, küre-pürüzlü düzlem elektrot sisteminde pozitif darbe geriliminde farklı elektrot açıklıklarında delinme geriliminin basınçla değişimi gösterilmiştir. Şekil 2 ve 3'te küre-düzlem elektrot sisteminde, Şekil 4 ve 5'te de küre-pürüzlü düzlem elektrot sisteminde farklı basınçlarda havanın delinme geriliminin elektrot açıklığı ile değişimleri verilmiştir. Bu şekillerden şu sonuçlar çıkarılabilir:

- Basıncın artması ile delinme gerilimi yükselmekte, bu yükselme büyük açıklıklarda daha büyük olmaktadır.
- Elektrot yüzey pürüzünün pozitif darbeye belirgin bir etkisi görülmemektedir. Bu etki negatif darbeye belirginleşmektedir.
- Pürüzlü durumda pozitif darbeye küçük elektrot açıklıklarında delinme gerilimi, negatif darbeye göre yüksek olmakta; büyük açıklıklarda ise olay tersine dönmektedir.
- Negatif darbeye 10 mm ve daha küçük açıklık ve 2,5 bara kadar basınçlarda pürüz,

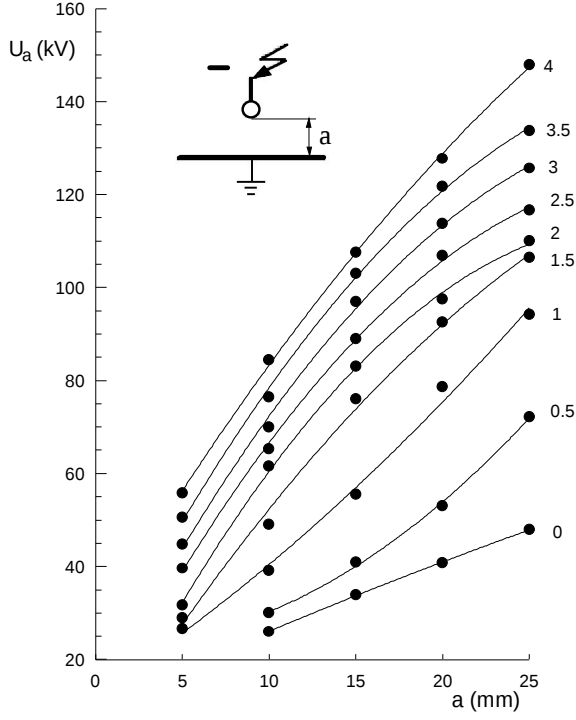
delinme gerilimini düşürmektedir. Ancak 20-25 mm açıklıklarda ve 3 bardan yüksek basınçlarda delinme gerilimleri pürüzsüz durumdakine göre yükselmektedir.

- Eğriler, negatif darbeye 1-1,5 bara kadar içbükey daha büyük basınçlarda dışbükey; pozitif darbeye ise tüm basınçlarda içbükey değişim göstermektedir.

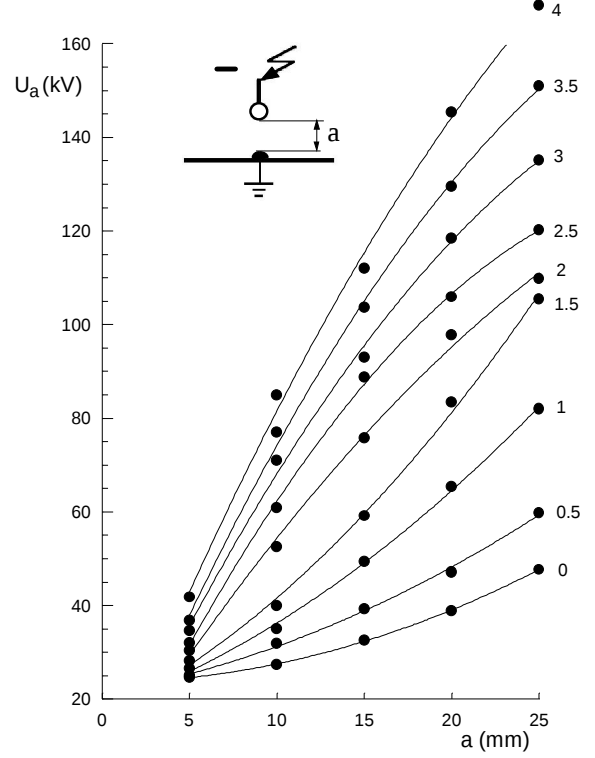
Yüzey pürüzlerinin, küçük elektrot açıklıklarında alanın bozulmasına, iyonizasyona ve boşalmanın yoluna etki ederek daha düşük gerilimlerde delinme oluşmasına yol açtığı kabul edilebilir. Uzunluklarının etkisinin arttığı elektrot açıklıklarında boşalma yolunun elektrotların en kısa açıklığından (orta bölgeden) yan bölgeye kayması yüzey pürüzlülüğünün etkisini azaltmakta hatta boşalma yolunun uzamasına yol açarak delinme geriliminin yükselmesine neden olmaktadır. Darbe geriliminde boşalma için gerekli elektrikli parçacıkların oluşumu ve birikimi için sürenin yeterli uzunlukta olmaması, ucayın ve pürüzün etkisinin az olmasına yol açmaktadır.



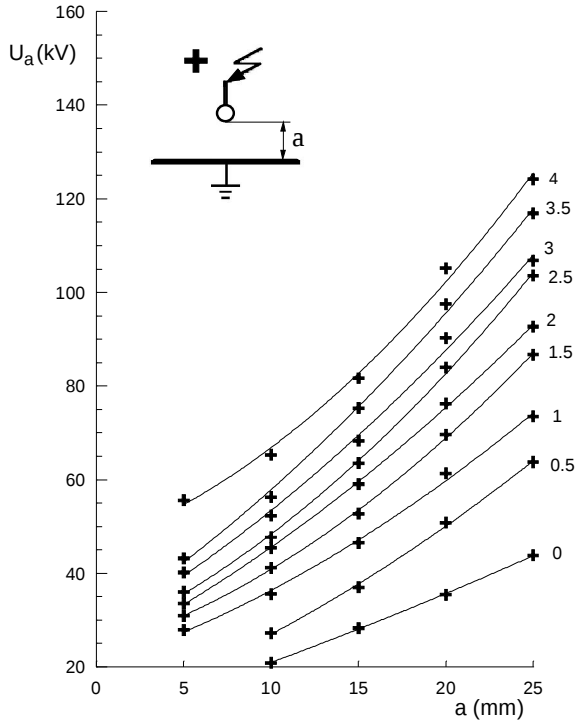
Şekil 1. Küre-pürüzlü düzlem elektrot sisteminde pozitif darbe geriliminde farklı elektrot açıklıklarında delinme geriliminin basınçla değişimi.



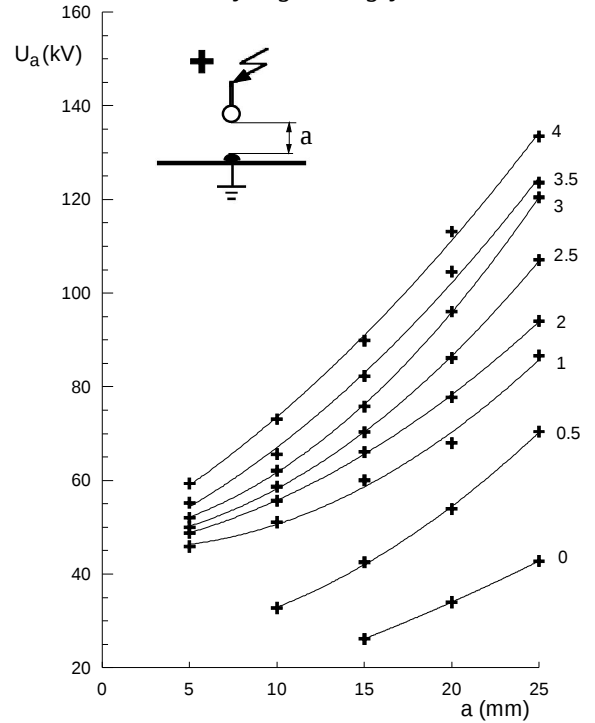
Şekil 2. Küre-düzlem elektrot sisteminde negatif darbe geriliminde farklı basınçlarda delinme geriliminin elektrot açıklığı ile değişimi.



Şekil 4. Küre-pürüzlü düzlem elektrot sisteminde negatif darbe geriliminde farklı basınçlarda delinme geriliminin elektrot açıklığı ile değişimi.



Şekil 3. Küre-düzlem elektrot sisteminde pozitif darbe geriliminde farklı basınçlarda delinme geriliminin elektrot açıklığı ile değişimi.



Şekil 5. Küre-pürüzlü düzlem elektrot sisteminde pozitif darbe geriliminde farklı basınçlarda delinme geriliminin elektrot açıklığı ile değişimi.

4. KAYNAKÇA

- /1/ KALENDERLİ, Ö., FARSADI, M., "Havada Düzgün Alanda Elektrot Yüzey Pürüzlülüğünün Delinme Gerilimine Etkisi", Elektrik Mühendisliği 3. Ulusal Kongresi, İTÜ - EMO - TUBİTAK, İstanbul, 25 - 30 Eylül 1989, s. 224 - 227.
- /2/ YENİDOĞAN, C., KALENDERLİ, Ö., "Düzgün Alanda Yüksek Basıncıta Elektrot Yüzey Pürüzlülüğünün Havanın Delinme Dayanımına Etkisi", BİLKON'91, Bilkent Üniversitesi Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Konferansı, Ankara, 15 - 16 Temmuz 1991, s. 76 - 79.
- /3/ YENİDOĞAN, C., KALENDERLİ, Ö., ÖZKAYA, M., "Düzgün Olmayan Alanda Elektrot Yüzey Pürüzlülüğünün Havanın Delinme Gerilimine Etkisi", Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresi, Dokuz Eylül Üniversitesi - EMO - TUBİTAK, İzmir, 16 - 22 Eylül 1991, s. 291 - 294.
- /4/ CHRISTOPHOROU, L. G., PINNADUW AGE, L. A., Basic Physics of Gaseous Dielectrics, IEEE Trans. on Electrical Insul. Vol.25, No. 1, pp. 55-74, Feb. 1990.
- /5/ PEDERSEN, A., On The Electrical Breakdown of Gaseous Dielectrics, IEEE Trans. on Electr. Insul., Vol. EI-24, No. 5, pp. 721-39, October 1989.
- /6/ PEDERSEN, A., The Effect of Surface Roughness on Breakdown in SF₆, IEEE Trans. on Power Apparatus and Sys., Vol. PAS-94, No.5, pp. 1749-53, Sep./Oct. 1975.



Hasbi İSMAİLOĞLU, 1960 yılında Yenipazar'da doğdu. 1984'te İTÜ Elektrik - Elektronik Fakültesi (EEF) Elektronik Haberleşme Müh. bölümünden mühendis, 1988'de İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (FBE)'den Y.Müh. olarak mezun oldu. Halen aynı enstitüde doktora çalışmalarını sürdüren İSMAİLOĞLU, 1986'dan beri İTÜ EEF Elektrik Mühendisliği

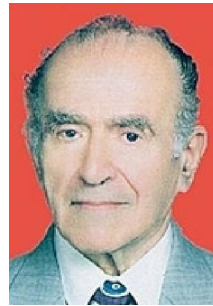
Bölümü (EMB)'de Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.



Özcan KALENDERLİ, 1956 yılında İstanbul'da doğdu. İTÜ EEF'den 1978 de Müh., 1980'de Y. Müh. 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.



Muzaffer ÖZKAYA, 1927 yılında Çanakkale'de doğdu. 1949'da İTÜ Elektrik Fakültesi'nden Y.Müh. olarak mezun olduktan sonra 1958'de doktorasını Almanya'da tamamladı. 1965'de profesör olan ve uzun yıllar İTÜ'de Dekanlık ve Bölüm Başkanlığı yapan ÖZKAYA, 1994 yılında yaş haddinden emekli oldu. Halen İTÜ EEF'de sözleşmeli olarak çalışmalarını sürdüren ÖZKAYA'nın yüksek gerilim ve aydınlatma tekniği konularında yayınlanmış çok sayıda eseri bulunmaktadır.



İzzet GÖNENÇ, 1914 yılında Malatya'da doğdu. Yüksek öğrenimini İTÜ ve Almanya'da tamamladı. İTÜ EEF'de 1951 yılında doçent, 1960 yılında profesör olan GÖNENÇ, Fakültesinde iki dönem dekanlık görevinde bulunmuş, başta ülkemiz elektromekanik sanayiinin gelişmesine büyük katkıları olan Fuat Külünk Yüksek Gerilim Laboratuvarının kurulması olmak üzere Fakültesindeki yüksek gerilim laboratuvarlarının kurulmasında ve geliştirilmesinde önemli hizmetlerde bulunmuştur. 1983 yılında yaş haddinden emekli olan GÖNENÇ, halen İTÜ EEF'de sözleşmeli olarak çalışmalarını sürdürmektedir.