

ALÇAK BASINÇTA REÇİNE İZOLATÖRLERDE ATLAMA

Özcan KALENDERLİ¹

Şeyda (AYDINAY) PARLAK

Elektrik Mühendisliği Bölümü

Elektrik-Elektronik Fakültesi

İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626, Maslak, İstanbul

¹e-posta: ozcan@elk.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Reçine izolator, yüzeysel boşalma, alçak basınç

ABSTRACT

A high voltage insulator can be stay or can be used at low pressure because of different reasons. It is therefore important to know the behaviour of insulator under this case for the system safety and reliability. In this study, an experimental study of flashover characteristics of 1 kV and 3 kV cast resin support insulators under low pressure in dry air is presented. Experiments performed at pressures from atmospheric pressure (1013 mbar) to 100 mbar. 50 Hz ac high voltage is applied to insulators at different pressures. The flashover voltage variation according to the pressure is obtained. The flashover voltage increases with increasing pressure or decreases with decreases pressure. Here, flashover voltage of an insulator has been shown strongly influenced by decreasing pressure.

1. GİRİŞ

İzolatorlar, yalıtım ve mekanik işlevleri yerine getiren elemanlar olmaları nedeniyle elektrik sistemlerinde önemli yer tutarlar. İzolatorların malzemesi, boyutları, biçimi gibi yapısal özellikleri, etkisi altında bulunduğu sıcaklık, nem, basınç, kirlenme gibi ortam koşulları, yükselti, gerilim türü gibi çalışma koşulları, çekme, basma, eğme, burma gibi mekanik etkiler, izolatorların güvenilirliğini etkilerler. İzolatorlara bu etkenlerin etkilerinin incelenmesi, tasarımlarını geliştirmek, davranışlarını belirlemek ve olayları anlamak bakımından pek çok araştırmaya konu olmaktadır [1-5]. Örneğin izolatorlarda yüzeysel boşalma (atlama) olayı, vakumdan yüksek basınca kadar farklı basınçlardaki gazlarda, farklı gerilim türleri altında, değişik özelliklerdeki izolatorlarla, farklı etkenlerin etkisi altında incelenmektedir [6-10].

Yükselti, sıcaklık ve basınç değişimi ve çalışma koşulları gibi farklı nedenlerle izolatorlar alçak basınçta elektriksel zorlanma altında kalabilirler. Bu koşullar altında izolatorların davranışlarının belirlenmesi ve açıklanması yönündeki çalışmalar güncelliğini korumaktadır [11-19]. İzolatorların normal atmosfer basıncı için verilmiş olan atlama verilerinden, normal atmosfer basıncı yakınındaki diğer basınçlar için atlama gerilimleri, standartlarda

verilen düzeltme katsayıları kullanılarak belirlenir [20]. Ancak, bugün hala bu basınçlardan daha yüksek veya daha alçak basınçlar için bu belirlemenin nasıl yapılacağı, standardını oluşturacak kadar yeterli çalışmanın olmamasından dolayı çalışmaya açıktır.

Alçak basınçta atlama gerilimi düşer. Bu yüzden, uygulamada örneğin, hava araçlarında olduğu gibi yükseltinin değişmesi durumunda basıncın da değişmesi veya dağ, tepe gibi yüksek yerlerde basıncın düşük olması, bu koşullarda kullanılan izolatorlar için sorun olmaktadır.

İzolatorların gaz ve sıvı yalıtkanlarla arakesitte olduğu durumlar kaçınılmazdır. Bu nedenle, bunların ikili veya üçlü arakesit durumları için de çalışmalar yapılmaktadır [5, 7, 11, 18]. Örneğin İzolatorların gaz ve vakum yalıtımlı sistemlerde, koruncak, gövde veya mesnet olarak ortamda bu yalıtkanlarla arayüzeylere sahip olmaları, gaz ve vakumun yalnız başına yalıtımları yanında izolatorlarla birlikte davranışını da göz önüne almayı gerektirmektedir.

Bu çalışmada, bu amaçla, 1 kV'luk ve 3 kV'luk döküm reçine iki mesnet izolatorun alçak basınçlarda atlama gerilimlerinin basınçla değişimleri deneysel olarak incelenmiştir.

2. DENEY BİLGİSİ

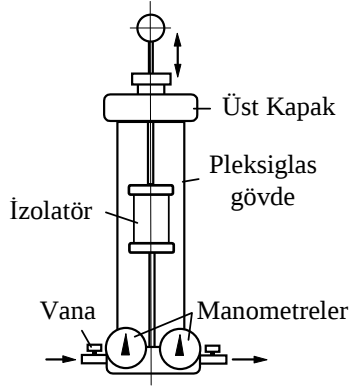
2.1. Elektrot Sistemi

Deneyde, izolatorlar iki düzlem elektrot arasına yerleştirilmiştir. Düzlem elektrotlar, 75 mm çapında, 6 mm kalınlığında, kenarları yuvarlatılmış disk şeklinde olup pirinç malzemeden yapılmıştır.

2.2. Deney Kabı

Deneylerde, 10^{-3} bar'dan 6 bar'a kadar olan gaz basınçları için kullanıma uygun, pleksiglastan yapılmış, 664 mm yüksekliğinde, 120 mm çapında silindirik bir deney kabı kullanılmıştır (Şekil 1).

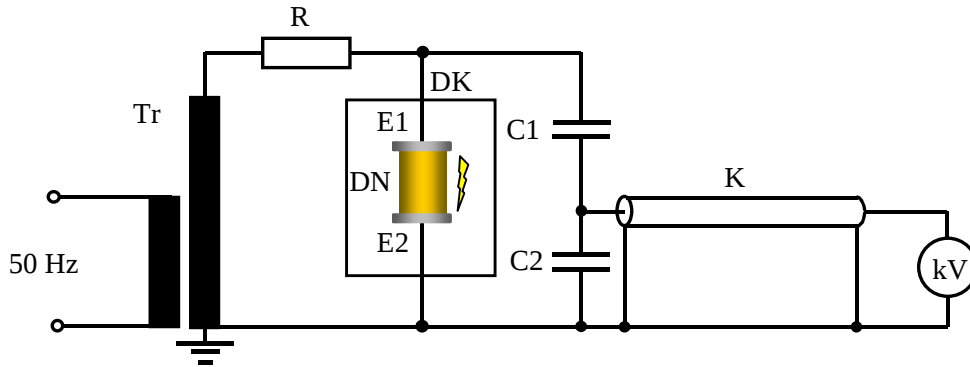
Kabın alt kısmında sabit, üst kısmında ise açılabilir metal kapak bulunmaktadır. Kabın alt tarafında, gaz doldurma ve boşaltma vanaları ile gaz basıncını ölçmek için iki adet manometre yer almaktadır.



Şekil 1. Deney kabı.

2.3. Deney Devresi

Deneyde, izolatorün üstündeki düzlem elektrot gerilim kaynağına bağlanmış, altındaki elektrot ise topraklanmıştır. Uygulanan endüstriyel (50 Hz) frekanslı yüksek gerilim, 0,22/100 kV, 5 kVA'lık bir yüksek gerilim deney transformatoründen elde edilmiştir. Şekil 2'de deney devresi gösterilmiştir.



Şekil 3. Alternatif gerilim deney devresi.

Tr: Yüksek gerilim deney transformatorü, 0,220/100 kV, 5 kVA

R: Ön direnç (50 kOhm, 140 kV)

DK: Deney kabı

E1, E2: Elektrotlar

DN: İzolatör

C1, C2: Kapasitif gerilim bölücü, 100 pF, 140 kV

K: Ölçme kablosu

kV: Yüksek alternatif gerilim voltmetresi

Alternatif gerilim deney devresinde delinme gerilimleri, deney devresine bir kapasitif gerilim bölücü üzerinden bağlı, MessWandler-Bau (MWB) firmasının SM 615 marka, gerilimi (tepe değer/ $\sqrt{2}$) cinsinden gösteren yüksek gerilim voltmetresi ile ölçülmüştür.

2.4. Deneyin Yapılışı

Deneylere başlamadan önce, elektrotlar ve izolatorler temizlenmiştir. Elektrotlara uygulanan gerilim, sıfırdan başlayarak saniyede 2 kV'luk yükselme hızıyla delinme olana kadar yükseltilmiştir. Delinme anındaki gerilim yüksek gerilim voltmetresinden okunarak kaydedilmiştir.

Deneyler, 100 mbar basınç aralıkları ile atmosfer basıncından (1013 mbar'dan) 100 mbar'a kadar basınç aralığında yapılmıştır. Bu basınçları elde etmek için Leybold-Heraeus marka S4A model tek fazlı vakum pompası kullanılmıştır. Her basınç basamağında delinme gerilimleri saptandıktan sonra bir sonraki basınç basamağına geçilmiştir. Gaz basıncının değiştirildiği durumlarda 5 dakika, gerilim ölçmeleri arasında yaklaşık 1 dakika beklenmiştir. Her durumda delinme gerilimi değerleri, 5 ölçme sonucunun aritmetik ortalamasından bulunmuştur.

Deneyler laboratuvar ortamında, 11,3 g/m³ nem ve 21°C sıcaklıkta yapılmıştır.

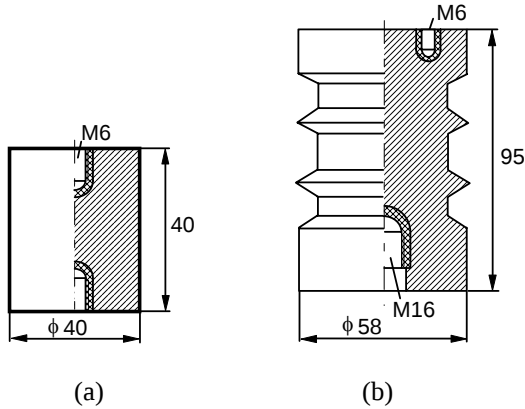
3. DENEY SONUÇLARI

Bu kısımda, atmosferaltı (alçak) basınçlarda, alternatif gerilimde izolatorlerle yapılan atlama deneylerinin sonuçları verilmiştir. Deneyler, 1 kV'luk ve 3 kV'luk döküm epoksi reçineden yapılmış iki adet bara mesnet izolatorü üzerinde yapılmıştır. Şekil 3'te denenen izolatorlerin boyut ve biçimleri görülmektedir.

Bu izolatorlerin seçiminde izolator boyunun, çapının, biçiminin (düz veya etekli olmasının) farkını görebilecek yapıda olmalarına dikkat edilmiştir.

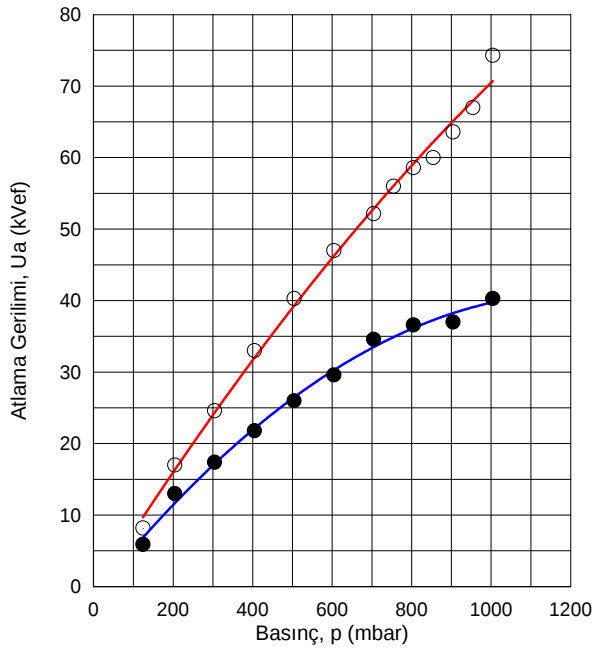
Şekil 4'te bu izolatorlerin atlama gerilimi deneyi sonuçları grafik olarak gösterilmiştir. Grafiklerden atlama gerilimlerin azalan basınç ile hızla azaldığı görülmektedir. Örneğin atmosfer basıncında yaklaşık atlama gerilimi 75 kV olan 3 kV'luk döküm reçine mesnet izolatorünün 100 mbar'da atlama gerilimi 8 kV'a kadar düşmüştür. 1 kV'luk mesnet izolatorünün atlama gerilimi ise atmosfer basıncında 40 kV civarında iken 100 mbar'da 6 kV civarına düşmüştür. Buna karşılık atlama gerilimi-basınç eğrileri, 3 kV'luk

mesnet izolatörü için hızlı ve lineer bir değişim gösterirken 1 kV'luk mesnet izolatörü için yavaş ve artan basınçla doymaya girme eğilimi gösteren bir değişim göstermiştir.



Şekil 3. Deneyde kullanılan döküm reçine mesnet izolatörleri.

- (a) 1 kV'luk mesnet izolatörü;
(b) 3 kV'luk mesnet izolatörü



Şekil 11. Dökme reçine bara mesnet izolatörlerin alçak basınçta atlama geriliminin basınçla değişimi.

- : 1 kV'luk mesnet izolatörü
○: 3 kV'luk mesnet izolatörü

Boyuna dolayısıyla yalıtım uzunluğu büyük olan izolatörün atlama gerilimi, boyu küçük olan izolatörden, her durumda yüksek olmasına rağmen, alçak basınçlarda fark çok azalmaktadır. Atlama gerilimindeki bu değişimlerde, yüzeysel yüklerin, yüzeysel elektrik alan dağılımının, izolatör profilinin ve azalan basınç nedeniyle iyonizasyon koşullarındaki değişimin etkisinden söz edilebilir. İzolatör yüzey koşulları izolatör yüzeysel alan dağılımını

belirlemekte, yüzeysel kaçak yolunun uzaması, girinti ve çıkıntılar alanı değiştirmektedir. Aynı gerilimde etekleri bulunan ve boyu uzun olan 3 kV'luk izolatörde yüzeysel alan şiddeti, yüzeyi düz ve boyu kısa olan 1 kV'luk izolatöre göre daha küçüktür. Dolayısıyla 3 kV'luk izolatörde atlama için yüzeysel alan şiddetini atlama alan şiddetine çıkarmak gerekir. Bunun için de izolatörün boyut ve biçimi değişmediğine göre daha yüksek gerilim uygulamak gerekmektedir.

Alçak basınçta gazların dolayısıyla izolatörü çevreleyen havanın iyonizasyonu, gaz atom ve moleküllerinin serbest yolunun ve kazanılan enerjilerinin boşalmayı kolaylaştıracak yönde olması nedeniyle daha kolay gerçekleşmekte daha küçük gerilimlerde atlama oluşmaktadır.

Deneyler sırasında izolatörlerdeki atlama olayı çıplak gözle gözlenmiş ve basınç azaldıkça atlamaların daha düz yani atlama yolunun daha kısa, daha az ışıklı ve daha sessiz oldukları gözlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, izolatörlerin alçak basınçta atlama davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Yüksek alternatif gerilimde, 1 kV'luk ve 3 kV'luk dökme reçine izolatörlerin atlama geriliminin 100-1000 mbar basınç aralığında, sabit sıcaklıkta, basınçla değişimleri çıkarılmıştır. Deneyler sonunda denenen izolatörlerin atlama gerilimlerinin azalan basınç ile hızla, yaklaşık lineer olarak ve birbirine yaklaşıp gidecek şekilde azaldığı görülmüştür. Deney sonuçlarına, izolatör boyutlarının ve geometrisinin de etkisi olduğu açıktır. Denenen izolatörlerin incelenen basınç aralığındaki davranışları örnek alınarak izolatörlerin alçak basınçtaki yalıtım özellikleri değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Wouters P. A. A. F., Smulders H. W. M., Wetzer J. M., Effect of Insulator Geometry on the AC Breakdown and Partial Discharge Behaviour of Vacuum Insulators, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI- 14, No. 2, pp. 70-76, April 1979.
- [2] Yamamoto, O., Hara, T., Nakae, T., Hayashi, M., Effects of Spark Conditioning, Insulator Angle and Length on Surface Flash-over in Vacuum, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.24, No.6, pp.991-994, Dec.1989.
- [3] Zhang Q., Wang Z., Qiu Y., Flashover Characteristics of Spacer in SF6 Under oscillating and Non-Oscillating Impulses, ISH 99 Eleventh Int. Symp. on High-Voltage Engineering, Paper 3.92, London, Aug. 1999.
- [4] Pillai, A. S., Hackam, R., Effect of DC Pre-stress on AC and DC Surface Flashover of Solid Insulator in Vacuum, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.EI-18, No.3, pp.292-300, June 1983.

- [5] Nitta, T., Shibuya, Y., et. al., Factors Controlling Surface Flashover in SF₆ Gas Insulated Systems, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-97, No.3, pp.959-965, May/June 1978.
- [6] Sudarshan T. S., Li C. R., Dielectric Surface Flashover in Vacuum, Experimental Design Issues, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 4, No. 5, pp. 657-662, Oct. 1997.
- [7] Li C. R., Sudarshan T. S., Dielectric Surface Preflashover Processes in Vacuum, J. Appl. Phys, Vol. 76, No. 16, pp. 3313-3320, 1994.
- [8] Hegeler, F., Masten, G., et. al., Current, Luminosity, and X-Ray Emission in the Early Phase of Dielectric Surface Flashover in Vacuum, IEEE Trans. on Plasma Science, Vol.21, No.2, pp.223-27, April 1993.
- [9] Laghari, J. R., Surface Flashover in Compressed Gases, IEEE Trans. on Electrical Insulation Vol.20, No.1, pp.83-92, Feb. 1985.
- [10] Reddy, C. N., Lakshmipathi, R., Abrraham, K. U., Surface Flashover Characteristics of Epoxy Spacers in Compressed Gases, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.25, pp.396-404, 1990.
- [11] Gaxiola E. H. R., Wetzler J. M., Prebreakdown Phenomena Along Insulator Surfaces in Dry Air, ISH 99 11th Int. Symp. on High-Voltage Engineering, Paper 3.171, London, Aug. 1999.
- [12] Allen N. L., Mikropoulos P. N., Profile Effect on Surface Flashover in a Uniform Field, ISH 99 Eleventh Int. Symp. on High-Voltage Engineering, Paper 3.216, London, Aug. 1999.
- [13] Miller H. C., Surface Flashover of Insulators, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-24, No. 5, pp. 765-772, 1989.
- [14] Garcia J., Herrera F., Ortiz H., Study of the Breakdown Voltage of the Air in High Altitudes, Applying Lightning Impulses (1.2/50ms) under Conditions of Controlled Humidity and Temperature, ISH 99 Eleventh Int. Symp. on High-Voltage Engineering, Paper 3.55, London, UK, Aug. 1999.
- [15] Fouracre R. A., Tuema F. A., MacGregor S. J., Given M. J., The Influence of Charge on Surface Flashover, ISH 99 Eleventh Int. Symp. on High-Voltage Engineering, Paper 3.329, London, UK, Aug. 1999.
- [16] Shimazaki, T., Flashover Characteristics and Surface Processes under Negative Impulse Voltage in Atmospheric Air, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.27, No.3, pp.488-495, June 1992.
- [17] Al-Bawdy, I., Farish, O., Insulator Flashover in SF₆ under Impulse Voltage Conditions, IEE Proc.-A, Vol.138, No.1, pp.89-97, Jan. 1991.
- [18] Srivastava, K. D., Zhou, J., Surface Charging and Flashover of Spacers in SF₆ under Impulse Voltages, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.EI-26, No.3, pp.428-42, June 1991.
- [19] Farish, O., Al-Bawdy, I., Effect of Surface Charge on Impulse Flashover of Insulator in SF₆, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.EI-26, No.3, pp.443-52, June 1991.
- [20] High-Voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Requirements, IEC publication 60-1, 1989