

50 Hz Alternatif Gerilimde Düzgün Olmayan Alanda %1 SF₆ İçeren Kuru Havanın Delinme Dayanımı

Ö. KALENDERLİ, K. MARDİKYAN

İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi

Elektrik Mühendisliği Bölümü

80626 - İSTANBUL

ABSTRACT

AC breakdown strength of dry air and a mixture of dry air+SF₆ containing 1% of SF₆ were studied. For this purpose 50 Hz AC breakdown voltages in non-uniform fields up to a relative pressure of 400 kPa were measured. Test results show that the addition of 1% of SF₆ to air increases the breakdown voltage up to 300 kPa in a non-uniform field. Experiments show that the mixture of dry air+1%SF₆ with an AC breakdown strength approximately the same as SF₆.

GİRİŞ

Hava hemen hemen tüm yalıtımların kaçınılmaz gaz ortağıdır. Kolay ve çok bulunan ve de ucuz bir gaz olan havanın delinme dayanımı pek çok yalıtkan gaza göre düşüktür. Her gaz gibi havanın da düzgün olmayan alandaki delinme dayanımı, elektrot geometrisi, gerilim türü, gerilim dalga şekli, gaz basıncı ve sıcaklığı gibi pekçok etkene bağlıdır. Gazların delinme dayanımına etki eden etkenlerle ilgili çalışmalar bu bağılılığı ortaya koymaktadır [1-3]. Çalışmaların ağırlık noktasını teknolojik ve ekonomik bakımdan uygun çözümler üretmek oluşturmaktadır. Bu arayışlar içinde gazların ikili ve daha çoklu karışımlarını kullanmak ta ele alınan çözümlerdendir [4-8]. Böylelikle teknik özellikleri çok iyi fakat pahalı bir gaz yerine aynı özelliklere yaklaşan, ucuz bir gaz ortaya koymak çekici bir seçenek olacaktır. Bu bakımdan örneğin havanın delinme dayanımını yükseltici çözümler ekonomik ve teknolojik olarak havanın cazibesini arttıracaktır.

Kükürt hekzaflorür (SF₆), uzun yıllardan beri özellikle ark söndürücü ortam olarak yüksek gerilim aygıtlarında yaygın olarak kullanılan, üstün fakat pahalı yalıtkan gazlardan biridir. Düzgün alanda saf SF₆'nin delinme dayanımı aynı koşullardaki havanınkinin yaklaşık üç katıdır. SF₆'nin tek başına ve diğer gazlarla karışımlarının yalıtım davranışlarının incelenmesi yüksek gerilim tekniği bakımından son yılların güncel konularındandır.

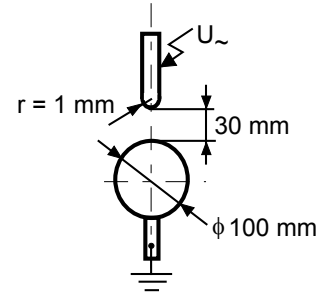
Bu araştırmalardan bir bölümü gazlara az miktarda SF₆ katmanın o gazın özelliklerinde yaptığı değişikliklerin incelenmesi üzerinedir. Bu konudaki son araştırmalar He, N₂, CO ve CO₂ gibi gazlara az miktarda SF₆ gazı katmanın delinme dayanımını

özellikle düzgün olmayan alanda belirgin şekilde arttırdığını göstermiştir. Bu etki düzgün alanda daha az olarak görülmüştür [9-12].

Bu çalışmanın da amacı havaya %1 oranında SF₆ gazı katmanın havanın delinme dayanımını ne şekilde değiştirdiğini incelemektir. Bu amaçla, 50 Hz frekanslı alternatif gerilimde, düzgün olmayan alanda 400 kPa gaz basıncına kadar hava ve hava + %1 SF₆ gaz karışımının delinme gerilimleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

DENEY DÜZENİ VE DENEYİN YAPILIŞI

Deneylerde, 1 mm yarıçaplı yarıküresel uçlu çubuk elektrot ile 50 mm yarıçaplı küre elektrottan oluşan bir çubuk - küre elektrot sistemi kullanılmıştır (Şekil 1). Elektrot sisteminin elektrot açıklığı 30 mm'ye ayarlanmış ve deneyler bu sabit elektrot açıklığında yapılmıştır. Bu boyutları ve elektrot açıklığı ile çalışılan elektrot sistemi, yeterince düzgün olmayan alan karakteri gösterecek bir düzen oluşturmaktadır.



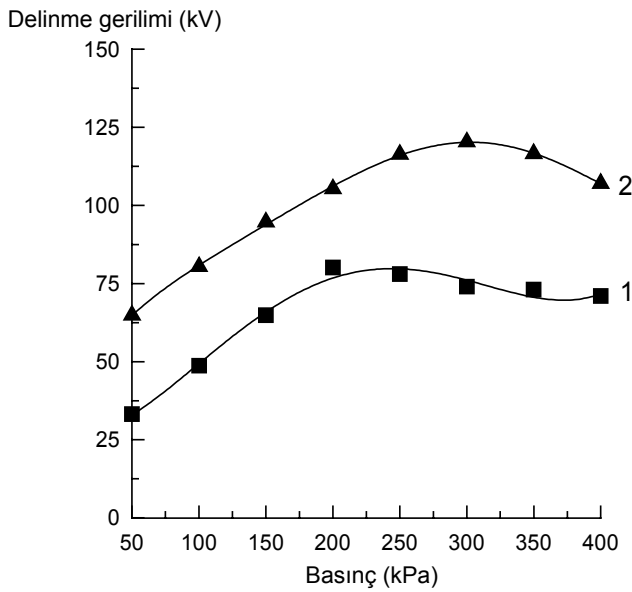
Şekil 1. Çubuk-küre elektrot sistemi.

Elektrotlar 883 mm uzunluğunda, 550 mm çapında, yüksek basınca dayanıklı bir deney kabı içine yerleştirilmiştir. Çubuk elektrot yüksek gerilim kaynağına bağlanmış, küre elektrot ta topraklanmıştır. Deneylerde, deney kabı içindeki gaz basıncı 50 kPa'dan 400 kPa'ya kadar 50 kPa'lık basınç artımları ile değiştirilmiştir. Deney kabına deney yapılacak gaz doldurulmadan önce iki saat kadar vakumlanmış ve daha sonra deney yapılacak basınca kadar gaz doldurulmuştur. Deneylerde kuru hava ve ticari saflıkta SF₆ kullanılmıştır.

50 Hz frekanslı alternatif gerilimler 300 kV'luk kaskad yüksek gerilim deney transformatöründen elde edilmiştir. Delinme gerilimleri, bir kapasitif gerilim bölücü ve değerleri kV/ $\sqrt{2}$ cinsinden gösteren bir yüksek gerilim voltmetresi yardımıyla ölçülmüştür. Her basınç kademesinde, delinme gerilimi değeri, 20 delinme gerilimi ölçmesinin ortalama değerinden ve standard sapmasından yararlanarak belirlenmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI

Bu çalışmada, 30 mm elektrot açıklıklı çubuk-küre elektrot sisteminde, 50 Hz alternatif gerilimle, hava ve hava + %1 SF₆ gaz karışımının 50 - 400 kPa basınç aralığında delinme gerilimleri ölçülmüştür. Deney sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Hava ve hava + %1 SF₆ gaz karışımının delinme gerilimlerinin gaz basıncı ile değişimi. 1: Hava; 2: Hava + %1 SF₆

Deneyler havanın delinme geriliminin 200 kPa'ya kadar doğrusal olarak arttığını, 200 kPa'dan sonra ise artışın çok yavaşladığını ve doymaya girdiğini göstermiştir. Hava + %1 SF₆'nın delinme gerilimi ise basınçla 300 kPa'ya kadar yaklaşık lineer olarak artıp maksimum değerine ulaşmıştır. Bu basınçtan sonra karışımın delinme gerilimi azalma eğilimi göstermiştir. Genel olarak havaya %1 oranında SF₆ katmak havanın delinme gerilimi eğrisini çalışılan basınç aralığında aynı oranda (ortalama 1,5 kat) yukarı ötelemiştir. Hava + %1 SF₆'nın maksimum delinme dayanımına ulaştığı 300 kPa'da karışımın delinme dayanımı havanınkinin yaklaşık 1,6 katına çıkmıştır (Şekil 2).

Aynı elektrot sisteminde 250-400 kPa basınç aralığında saf SF₆ nın delinme gerilimleri ölçülmüş,

sonuçlar hava + %1 SF₆'nın delinme gerilimi değerlerine yakın elde edilmiştir.

SF₆ yüksek foton soğurma özelliği gösterir. Bu özellik ve bu özelliğin basınçla ve karışım oranı değişimi, ikincil mekanizmaları etkileyerek karışımın etkin iyonizasyon katsayısında önemli değişiklikler ortaya çıkarır.

Şekillerden görüleceği gibi havaya %1 oranında SF₆ katmak havanın delinme geriliminde 2,5 bara kadar olan basınçlarda belirgin bir artışa neden olmuştur. Daha yüksek basınçlarda delinme geriliminde düşme görülmektedir. Bu düşme karışımın etkin iyonizasyon katsayısının azotunkinden daha yüksek olmasının bir sonucu olarak görülebilir. Halbuki herhangi bir karışımın etkin iyonizasyon katsayısı gerçekte azotunkinden düşüktür.

SONUÇ

Deney sonuçları düzgün olmayan alanda kuru havaya %1 oranında SF₆ gazı katmanın delinme dayanımını önemli oranda yükselttiğini göstermiştir. Bu durum muhtemelen havadaki oksijenin varlığı ile ilgilidir. Sonuç olarak kuru havaya %1 oranında SF₆ gazı katarak yüksek gerilim aygıtlarında kullanımının ekonomik ve endüstriyel uygulamalar için göz önüne alınabilir bir çözüm olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] L.G. Christophorou and L.A. Pinnaduwa, Basic Physics of Gaseous Dielectrics, IEEE Trans. on Electrical Insul., Vol. EI-25 No.1, pp.55-74, 1990.
- [2] T. Takuma, Discharge Characteristics of Gaseous Dielectrics, IEEE Trans. on Electr. Insul. Vol.EI-21, No.6, pp.855-867, 1986.
- [3] A. Pedersen, On The Electrical Breakdown of Gaseous Dielectrics, IEEE Trans. on Electr. Insul., Vol.EI-24, No.5, pp.721-739, 1989.
- [4] Z. Li, R. Kuffel and E. Kuffel, Volt-time Characteristics in Air, SF₆/Air Mixture and N₂ for Coaxial Cylinder and Rod-sphere Gaps, IEEE Trans. on Electr. Insul. Vol.EI-21, No.2, pp.151-55, 1986.
- [5] E. Kuffel and A. Yializis, Impulse Breakdown of Positive and Negative Rod-Plane Gaps in SF₆-N₂ Mixtures, IEEE Trans. on Power App. and Sys., Vol.PAS-97, No.6, 1978, pp.2359-2366.
- [6] A.H. Cookson and B.O. Pedersen, Analysis of The High Voltage Breakdown Results for Mixtures of SF₆ with CO₂, N₂ and Air, 3rd Int. Symp. on HV Engineering, 31.10, Milan, 28-31 August 1979.

- [7] L.G. Christophorou and R.J. Van Braunt, SF₆/N₂ Mixtures-Basic and HV Insulation Properties, IEEE Trans. on Diel. and Electr. Insul., Vol.2, No.5, 1995, pp.952-1003.
- [8] N.H. Malik and A.H. Qureshi, A Review of Electrical Breakdown in Mixtures of SF₆ and Other Gases-Plane Gaps, IEEE Trans. on Electr. Insul, Vol EI-14 No 2, 1979, pp.61-69.
- [9] K. Mardikyan, O. Kalenderli, O. Ersen, E. Canarslan, AC Breakdown Strength of N₂, SF₆ and a Mixture of N₂+SF₆ Containing a Small Amount of SF₆, Int. Symp. on Electrical Insulation, Montreal, 1996, pp. 763-765.
- [10] M.F. Frechette, S. Kamel, R. Bartnikas and R.Y. Larocque, Negative Corona Discharge in Air with Small SF₆ Content, Int. Symp. on Electrical Insul., Montreal, 1996, pp. 801-805.
- [11] Y.Qiu and E.Kuffel, The breakdown strengths of gas mixtures containing a small amount of electronegative gas in non-uniform field gaps" 7th Inter. Conf. on Gas Disch. and their applications, London, 1982.
- [12] A. Yializis, N.H. Malik, A.H. Qureshi, E. Kuffel, Impulse Breakdown and Corona Characteristics for Rod-Plane Gaps in Mixtures of SF₆ and Nitrogen with Less Than 1% of SF₆ Content, IEEE Trans. on Power App. and System, Vol.PAS-98, No.5, 1979, pp.1832-1839.