

400 kV Silikon İzolatörler İçin Elektrik Alan Dağılımlarının İncelenmesi

Investigation of Electric Field Distributions for 400 kV Silicon Insulators

Celal Gökçe¹, Emre Kervan², Bora Alboyacı³

¹TEİAŞ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Daire Başkanlığı
celal.gokce@teias.gov.tr

²Genetek Güç, Enerji San. Tic. Ltd. Şti.
emre.kervan@genetek.com.tr

³Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
alboyaci@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada 400 kV silikon-kauçuk izolatörün 3PB direk ile birlikte elektrik alan dağılımı belirlenmiş olup silikon izolatör ile direk bağlantı laması arasına ve silikon izolatör ile boyunduruk arasına cam izolatörler eklenerek bu cam izolatörlerin elektrik alan dağılımı üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca iki adet cam izolatör eklenmesi durumunda alçak gerilim ucunda kullanılan korona halkasının yerleşiminin elektrik alan dağılımına etkisi incelenmiştir. Direk ve izolatör yüzeylerine paralel çizgiler çizilerek, bu çizgiler boyunca elektrik alan dağılımları incelenmiştir. Elde edilen sonuçların aynı grafik üzerinde gösterimleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: İzolatör, elektrik alan, korona halkası, Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY)

Abstract

In this study, the electric field distribution of the 400 kV silicone-rubber insulator with 3PB transmission tower was examined and then the glass insulators were added between the silicone insulator and the transmission tower pole connection and between the silicone insulator and the yoke. Effects of these glass insulators on electric field distribution were investigated. In addition, in the case of the addition of 2 glass insulators, the effect of the placement of the corona ring used in the low voltage terminal on the electric field distribution has been investigated. Electric field distributions were examined along the lines with drawing lines parallel to tower and insulator surfaces. Obtained results are shown on the same graph.

Keywords: Insulators, electric field, corona ring, Finite Element Method (FEM),

1. Giriş

Yüksek gerilim izolatörleri, elektrik tesislerinde farklı potansiyeldeki elemanların elektriksel olarak izolasyonunun sağlanarak bağlantılarının yapılması amacıyla kullanılırlar. Dolayısıyla izolatörlerin şekil ve boyutlarının hem elektrik hem de mekanik açıdan zorlanmaların dikkate alınarak belirlenmesi önem taşımaktadır.

İzolatörler için elektrik alan şiddeti dağılımının ve özellikle de en yüksek olduğu yer/yerlerdeki değerinin bilinmesi gerekir. Enerji iletim sistem gerilimleri, yük durumları, gelişmeler vb. nedenlerle yükseldiğinden, yalıtımın daha büyük elektriksel zorlanmalar altında çalışması gerekmektedir. [1]

Normal işletme koşullarında, enerji iletim hattı izolatörleri hat geriliminin meydana getirdiği etkiler ile zorlanmaktadır. Bununla birlikte, doğal atmosferik olaylar nedeniyle zaman zaman oluşan yıldırım aşırı gerilimleri, şebeke açma-kapama, yük atma vb. işlemler nedeniyle oluşan açma kapama aşırı gerilimleri ve çeşitli arıza ve olağan dışı çalışmalar sonucu oluşan gerilim yükselmeleri, izolatörlerin daha yüksek gerilimlerle zorlanmalarına da neden olabilmektedir. Havai hat izolatörlerinde oluşan arızaların en önemli nedeni bu aşırı gerilimlerin yol açtığı aşırı zorlanmalardır [2].

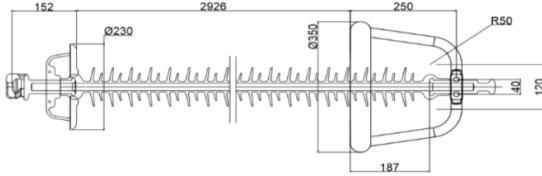
Yüksek gerilim izolatörlerinin daha iyi performans göstermesi için izolatör boyunca elektrik alan ve potansiyel dağılımlarının analiz edilmesi önem taşımaktadır. Günümüzde, elektrik alan hesaplamaları çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler deneysel alan analizi yöntemleri, analitik yöntemler ve nümerik yöntemler olarak gruplandırılabilir [3], [4]. Bu

yöntemlerin her biri çeşitli avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Analitik yöntemler, basit geometriler için uygundur. Buna karşın, günümüzde mevcut bilgi işlem gücü ve yazılım imkanları ile, sayısal yöntemler kullanılarak yüksek gerilim ekipmanlarının elektrik alan hesaplamaları yüksek doğruluk ile sağlanabilmektedir [5].

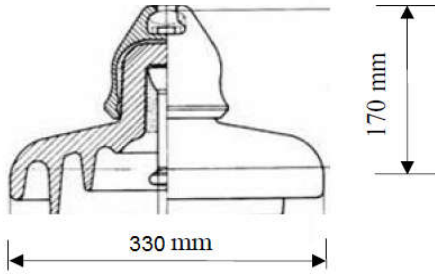
Bu çalışmada, ANSYS Maxwell yazılımı kullanılarak 400 kV silikon izolator için elektrik alan analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ile izolator ve direk üzerinde oluşan en yüksek elektrik alan şiddeti değerlerinin ve konumlarının belirlenerek izolator tasarımında yapılabilecek değişikliklerin etkilerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır.

2. İzolatörün Modellenmesi

Analiz çalışmalarında kullanılmak üzere direk, izolator ve bileşenlerin detaylı biçimde üç boyutlu olarak çizimi ve modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 3400 mm uzunluğunda 400 kV silikon-kauçuk izolator ve bu modele eklenen her biri 170 mm uzunluğunda cam izolatorler modellenmiştir. Bunlara ek olarak korona halkaları ve hırdavat takımlarının modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Sırası ile Şekil 1’de 400 kV silikon-kauçuk izolator ve korona halkalarına ait ölçüler, Şekil 2’de ise 400 kV silikon-kauçuk izolator eklenen cam izolator ölçüleri verilmektedir.



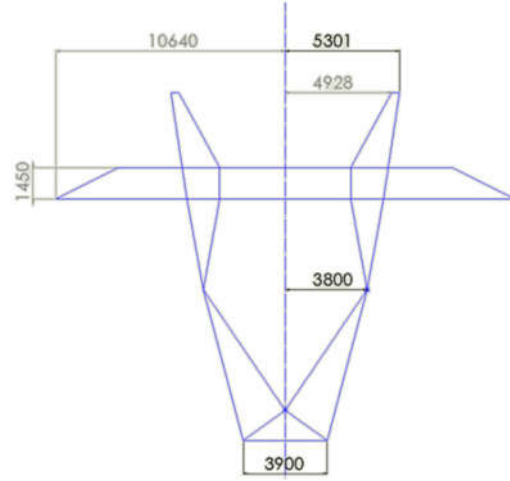
Şekil 1. Silikon izolator ve korona halkalarına ait ölçüler (mm)



Şekil 2. Cam izolator için ölçüler

Analizler neticesinde elde edilen sonuçların doğruluğu, modellenen bileşen üzerinde tanımlanmış olan sonlu eleman ağ yapısı ve sonlu eleman sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Tanımlanan sonlu eleman sayısının artırılması ise daha yüksek işlemci gücü ve çözüm süresi gerektirmektedir. Bu gereksinimi azaltmak amacıyla, 380 kV 3PB tipi direğin alt bölümü modellenmemiş, sadece izolatorlara yakın olan üst bölümü

modellenmiştir. Şekil 3’te 380 kV 3PB tipi direğe ait ölçüler yer almaktadır.



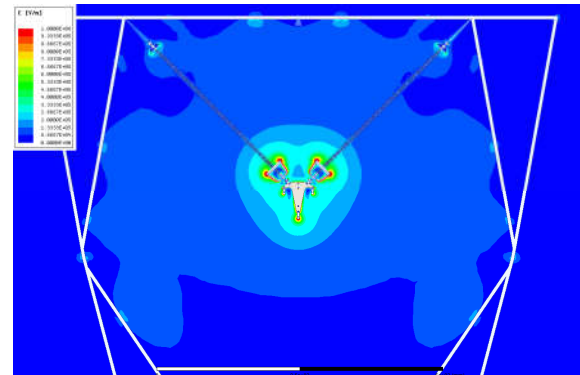
Şekil 3. 380 kV 3PB tipi direğe ait ölçüler (mm)

3. Analiz Çalışmaları

Oluşturulan modellerin elektrik alan dağılımlarının incelenmesi amacı ile ANSYS Maxwell yazılımı kullanılmıştır. İzolatör ve direğe ait bileşenlerin malzemelerinin atanmasının ardından, iletkenlere 400 kV gerilim değeri uygulanmış, direk ve direk-izolatör arasında kalan bağlantı laması toprak potansiyelinde tanımlanmıştır. İletim hattı 35 mm çapında ve 20m uzunluğunda modellenmiş ve alüminyum malzeme tanımlanmıştır. Sonlu eleman ağ yapısının tanımlanması ve uygun sınır koşullarının belirlenmesinin ardından elektrostatik çözücü kullanılarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

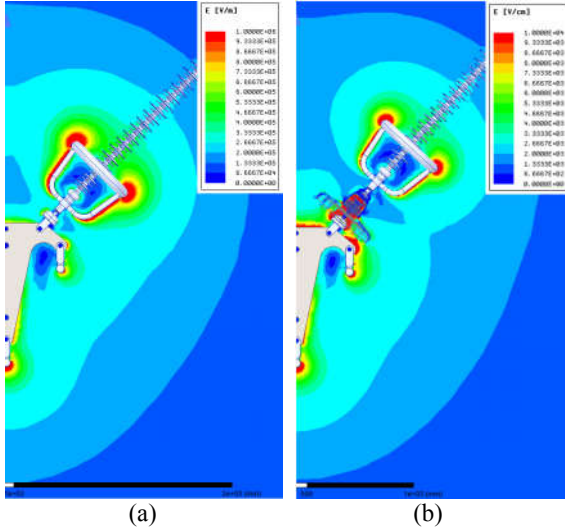
Silikon-kauçuk izolatorün farklı noktalarına cam izolatorler eklenmesi ve toprak ucunda korona halkasının varlığına bağlı olarak farklı durumlar için elektrostatik analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda ilk olarak 3400 mm uzunluktaki silikon-kauçuk izolator için elektrik alan şiddeti dağılımı belirlenmiş olup Şekil 4’te gösterilmektedir. Bu analizde silikon-kauçuk izolatorün yüksek gerilim iletkeni ve toprak uçlarında korona halkaları mevcuttur.



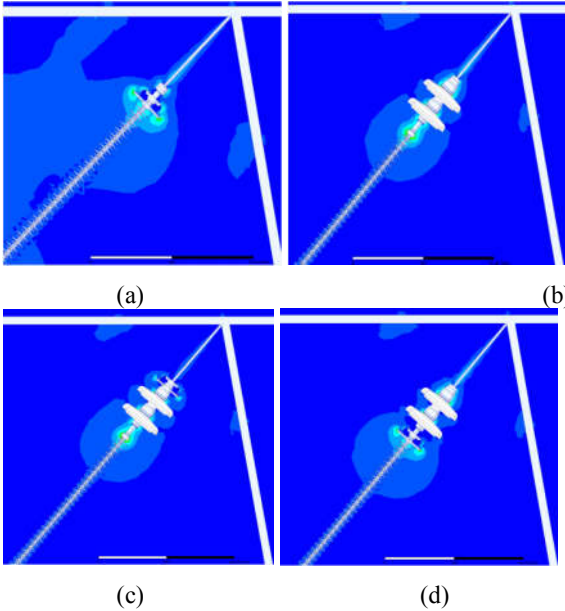
Şekil 4. Silikon-kauçuk izolator için elektrik alan şiddeti dağılımı

İkinci analiz çalışması olan 3400 mm silikon-kauçuk izolatör ile boyunduruk arasında bir adet cam izolatörün eklendiği model için elektrik alan şiddeti dağılımı elde edilmiş olup Şekil 5’de gösterilmektedir.



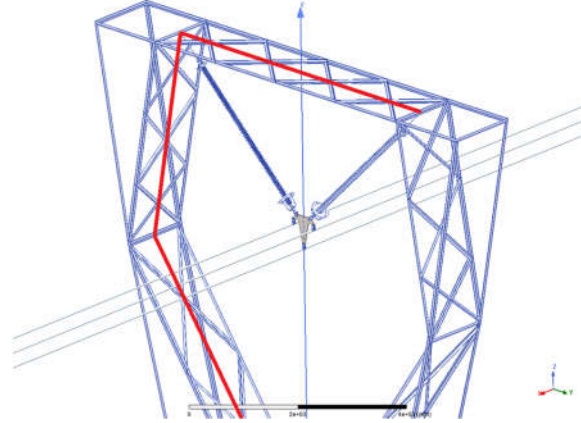
Şekil 5. Silikon-kauçuk izolatörün boyunduruk bağlantı ucunda (a) cam izolatör olmaması, (b) bir adet cam izolatörün bulunduğu, durumlarda elektrik alan dağılımı

Silikon-kauçuk izolatörün toprak ucuna eklenen iki adet cam izolatörün korona halkasına göre farklı konumları ve aynı bağlantı ucunda korona halkasının kullanılmadığı durum için elde edilen elektrik alan şiddeti dağılımları Şekil 6’da gösterilmektedir.

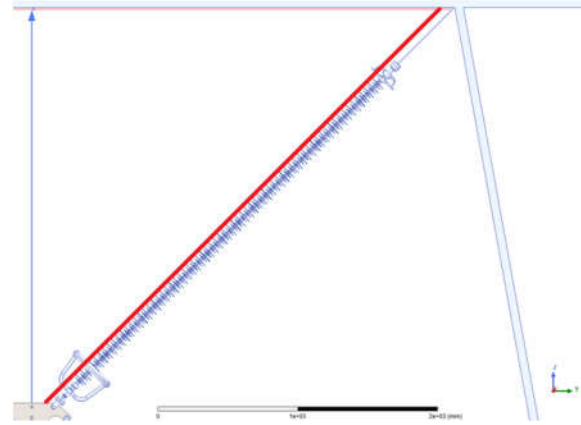


Şekil 6. Toprak ucunda cam izolatörlerin yerleştirilme konumuna bağlı elektrik alan değişimleri. (a) cam izolatör yok, korona halkası var (b) iki adet cam izolatör var, korona halkası yok (c) iki adet cam izolatör toprak uç korona halkası ile silikon-kauçuk izolatör arasında (d) iki adet cam izolatör toprak uç korona halkası ile direk arasında

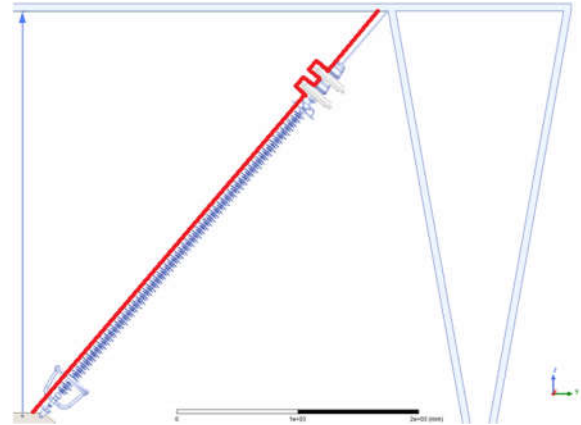
Analiz sonuçlarının doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi ve farklı geometrilerin analiz sonuçlarının kıyaslanabilmesi adına direğin üst, yan ve alt yüzeyleri ile izolatör yüzeylerine paralel çizgiler çizilerek bu çizgiler boyunca elektrik alan dağılımları incelenmiştir. Direk yüzeyinde tanımlanan çizgiler Şekil 7’de, izolatör yüzeyinde tanımlanan çizgiler ise Şekil 8-9’da gösterilmektedir.



Şekil 7. Direk yüzeylerine paralel uzanan çizgiler

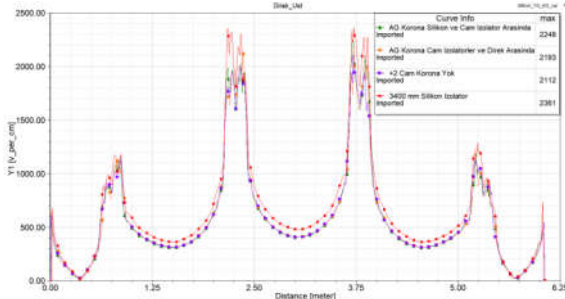


Şekil 8. 3400 mm silikon izolatöre paralel uzanan çizgi

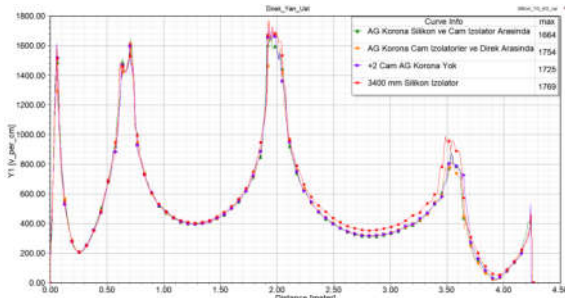


Şekil 9. Silikon-kauçuk izolatör ile direk arasında cam izolatör eklenen modele paralel uzanan çizgi

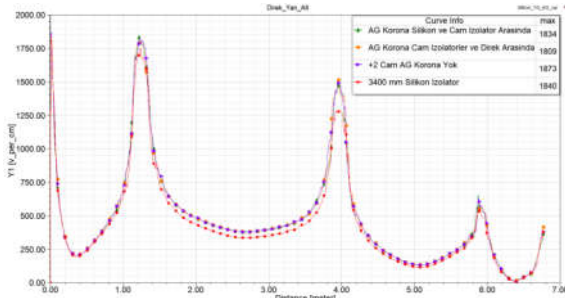
Tanımlanan bu çizgiler boyunca farklı geometrilere ait elektrik alan şiddetlerinin aynı grafikler üzerinde gösterimi sırası ile Şekil 10-13'te yer almaktadır.



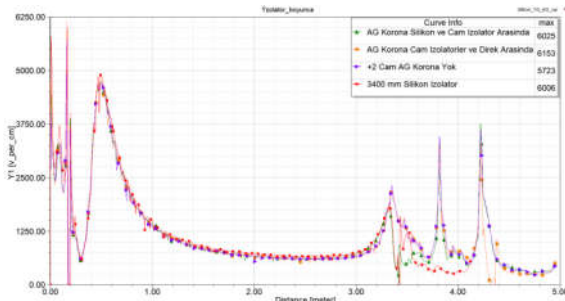
Şekil 10. Üst direk yüzeyine paralel uzanan çizgi boyunca elektrik alan dağılımları



Şekil 11. Direk yan-üst yüzeyine paralel uzanan çizgi boyunca elektrik alan dağılımları



Şekil 12. Direk yan-alt yüzeyine paralel uzanan çizgi boyunca elektrik alan dağılımları



Şekil 13. İzolator yüzeylerine paralel uzanan çizgi boyunca elektrik alan dağılımları

4. Sonuçlar

Elektrik alan dağılımlarına ait grafiklerde görülebileceği gibi farklı geometrilerin elektrik alan dağılımları direğin yüzeyine çizilen çizgiler boyunca farklı sonuçlar vermektedir. Direğin üst yüzeyi ve izolator yüzeyi boyunca en düşük elektrik alan şiddetleri 2 cam izolatörün eklendiği ve toprak ucunda bulunan korona halkasının kullanılmadığı durumda gözlemlenirken, direğin yan üst yüzeyi boyunca en düşük elektrik alan şiddeti 2 cam izolatörün eklendiği toprak ucunda bulunan korona halkasının silikon ve cam izolatörler arasında olduğu durumda gözlemlenmiştir. TEİAŞ bünyesinde gerçekleştirilmekte olan manyetik analizler ile bu çalışmanın yıldırım ve anahtarlama darbe dayanım gerilimlerine göre olması gereken minimum hava açıklıkları değerleri için analizleri gerçekleştirilerek belirlenen çözüm önerilerinin değerlendirilmesi sağlanacaktır.

5. Kaynaklar

- [1] DOKUR E., KÖSE N.F., KURBAN M., ÖZDEMİR A., "Hava Hattı Mesnet İzolatörü İçin Benzetim Tabanlı Elektrik Alan Dağılımı İncelemesi", *ELECO 2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, 2012
- [2] YILDIZ C. "154 kV Hava Hattı Silikon Kauçuk İzolatorde Alternatif ve Darbe Gerilimlerinde Elektrik Alan Dağılımının İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, 2010
- [3] Jiahong H., Gorur R.S., "Charge Simulation Based Electric Field Analysis of Composite Insulators for HVDC Lines," *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 21, no. 6, pp.2541-2548, Dec. 2014
- [4] Li J., Peng Z., Feng Y., Fu X., Xie T., "Electric Field Calculation and Grading Ring Optimization of Composite Insulator for 500kV AC Transmission Lines," *International Conference on Solid Dielectrics, Potsdam, Germany, July. 2010*, pp.1-4,
- [5] Rao M.N., Sumathi N., "Electric Field Analysis and Experimental Evaluation of 400 kV Silicone Composite Insulator" *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol:10, No:7, 2016