

ORTA GERİLİM ÜRÜNLERİNİN TASARIMINDA SAYISAL ANALİZLER VE FLUX 3D KULLANIMI

Volkan SEZER

Onur ÖZGEN

Mehmet GÖRAL

Eşref ÖZYÜZÜCÜLER Özcan USLULAR

Schneider Elektrik San. ve Tic A.Ş Kemalpaşa İzmir
TR-Hotline@Schneider-electric.com

ÖZET

Metal Muhafazalı Orta Gerilim (OG) Ürünlerinin ve yalın halde bulunan OG ekipmanlarının tasarımında iletkenler ve arasındaki mesafeler, bu iletkenlerin şekilleri, şekillerinin 3 boyutlu elektrostatik alana olan etkileri, toprağa olan mesafeleri, izolasyon malzemelerinin seçimi (epoksi, silikon, PVC, PP vb.) ve malzemelerin ömür boyu maliyetleri ve servis kolaylıkları önemlidir. Bu ürünlerin tasarımları ve laboratuarlardaki geliştirme çalışmaları sistematik bir mantık çerçevesinde, tecrübe ile yapılmaktadır. Sayısal analizler kullanarak da benzeri iyileştirme ve geliştirme çalışmalarını yapmak mümkün olmakla beraber, bu analizler test ve hesaplama yöntemleri ile gözlemlenemeyen ömürlü ve çevresel etkileri değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bu yönü ile sayısal analizler yeni ürün geliştirirken tasarım sürelerini kısaltmakta, izole malzemelerin zaman içinde bozunmalarına neden olacak elektrik alanlarının şiddetlerini ve yönlerini görselleştirmekte ve ürünün tasarım parametrelerinin performans üzerindeki etkilerini sayısal olarak ifade edebilmeyi mümkün kılar.

Flux3D, OG ürünlerinin elektrostatik çözümlerinde kullanılan ve elektrik alan haritalarını çıkartan bir programdır, [1]. Tasarımı yapılan ürünün katı modeli hazırlandıktan sonra program içinde parametreler tanımlanarak elektrostatik 3 boyutlu alan ve buna bağlı olarak yıldırım darbe dayanımı, kısmi boşalma vb gibi performans değişkenleri hesaplanabilmekte, görsel olarak değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Programda üretilebilir ve de istenilen performansta ürün tasarımı, tasarım parametreleri değiştirilerek tamamlandıktan sonra sayısal analiz sonuçları ve ürünün laboratuvar deney sonuçları ile karşılaştırılarak ürün endüstriyel hale getirilir. Bu bildiride tasarımı yapılan bir ürünün bir bölümü üzerinde FLUX 3D ile yapılan çalışma tartışılmıştır.

A.GİRİŞ

Orta gerilim ürünlerinin tasarımları, [2];

- İletkenler arasındaki mesafelere,
- İletkenlerin şekillerine,
- Toprağa olan mesafeye,
- İzolasyon parçalarına ve de
- Malzemelerin seçimlerine ve yalıtımda kullanılan gazların özelliklerine dikkat edilerek yapılabilmektedir.

Bu tasarım parametreleri, [2],

- Ayırıcı, yük ayırıcısı, kesici gibi anahtarlama ekipmanları,
- Busbar, bara ve ana devre hattını oluşturan parçalar, topraklama ayırıcıları,

- Akım ve Gerilim trafoları,
- İzoleli OG enerji kabloları, kablo başlıkları ve bunların bağlantı malzemeleri,
- Tüm bu ekipmanların kullanıldığı her amaca uygun Metal Muhafazalı OG Hücreler için de geçerlidir.

Tasarım çalışmaları tamamlandıktan sonra bu çalışmalar doğrultusunda hazırlanan prototipler laboratuvar ortamında test edilir ve istenilen performans değerlerine yaklaşımları incelenir. Tasarımı yapılan ürün laboratuvar ortamında istenilen performans değerlerine ulaşamaz ise tasarım değişikliğine gidilebilir. Bu süreç hem ofis hem de laboratuvar maliyetlerini arttırmaktadır.

OG ürünlerinin tasarımında kullanılan sayısal analiz yöntemleri laboratuvar test sonuçları ile arasındaki ilişkiler kurulduğu sürece tasarım sürelerini kısaltan ve laboratuvar test maliyetlerini düşüren yöntemlerdir.

OG hücrelerinin standartlarda belirtilen özellikleri sağlamaları ve müşteri özel istekleri dışında bu özellikleri tip test raporlarıyla belgelemeleri ve performanslarını göstermeleri gerekmektedir. Tip testlerinden geçmesi gereken, yeni tasarımı yapılan bir ürün üretici firmanın tasarım sırasında kullandığı tecrübe dışında laboratuvar uzun bir süre test edilmekte ve standartlar çerçevesinde en yüksek performans değerinde tip testlerine alınmaktadır. OG ürünlerinin tasarımları sırasında yıldırım darbe dayanımı testlerine yönelik FLUX 3D gibi elektrostatik 3 boyutlu simülasyon programları, mekanik ve kısa süreli darbe dayanımına yönelik mukavemet analizi programları ve sıcaklık artış deneylerine yönelik hesaplamalı akışkanlar dinamiği programları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada bir OG ürününün bara kompartımanında gerilim altında oluşan elektrik alan ve bu alanın değişimleri incelenerek bu tip programların tasarım sırasında tasarımcılara nasıl yardımcı olacağı tartışılmıştır.

B. ANALİZLER

Sayısal analizler yapılırken incelenmesi gereken dört ana başlık vardır. Bunlar sırası ile;

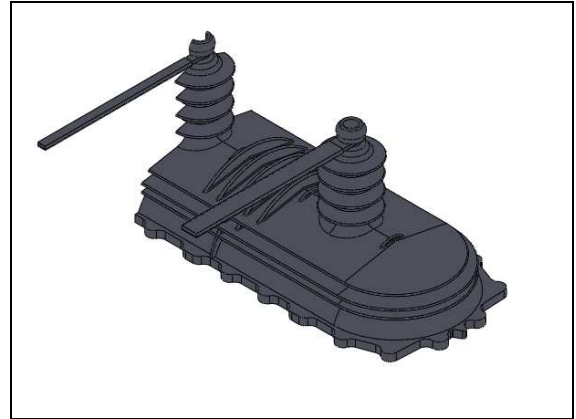
- i. Katı Modelleme ve modelin analiz programına aktarılması,
- ii. Sınır koşulları, fiziksel özelliklerin tanımlanması ve çözümün gerçekleşeceği sayısal ağ tabakasının oluşturulması,
- iii. Çözüm algoritmasının seçilmesi ve senaryoların oluşturulması,

iv. Sonuçların irdelenmesidir

i. Katı Modelin Hazırlanması ve Modelin Analiz Programına Aktarılması

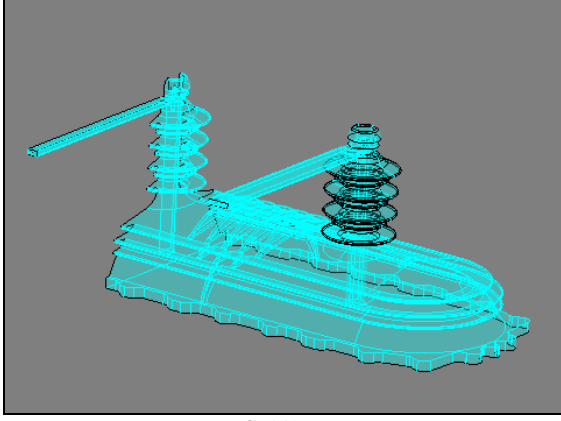
Katı modeli hazırlanan yeni tasarım yapılan ürün FLUX 3D programına direk olarak alınabilir, [1]. Bu noktada dikkate edilmesi gereken ürünün fiziksel özelliklerini yansıtan en yalın halinin analiz programına alınmasıdır. Bu süreç analiz sürelerini kısaltmakta ve tasarımcının hızlı bir şekilde birçok tasarım alternatifini denemesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada bir OG ürününün üst geçiş bara kompartımanı, analiz edilmiştir. Bu analizde kullanılan katı model simetrik özellik taşıdığından dolayı katı modelin yarısı analize alınmıştır. Simetrik olarak çalışmak sayısal ağ tabakasının çözümü istenilen bölgede daha yoğun kullanılması açısından daha doğru sonuçlar vermektedir. Analizde kullanılan katı model Şekil-1 de gösterilmiştir.



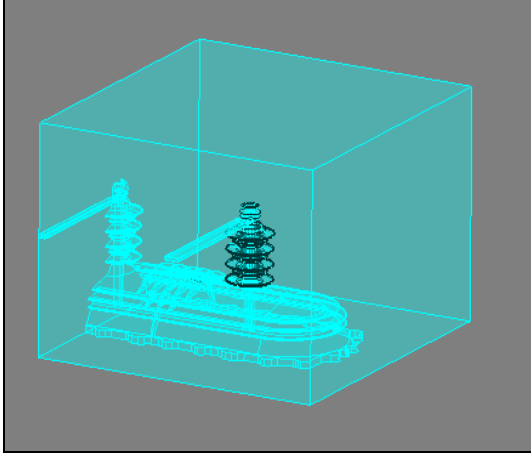
Şekil-1

Analizler için hazırlanan katı model FLUX3D tarafından farklı formatlarda transfer edilebilmektedir, [1]. Hazırlanan katı model FLUX3D içine aktarıldığında Şekil-2 deki gibi görünmektedir.



Şekil-2

FLUX3D içinde bara kompartımanının ölçüleri doğrultusunda çözüm hacmi tanımlanarak katı model aktarımı FLUX3D içinde tamamlanır. Tanımlanan çözüm hacmi Şekil-3 de gösterilmiştir.



Şekil-3

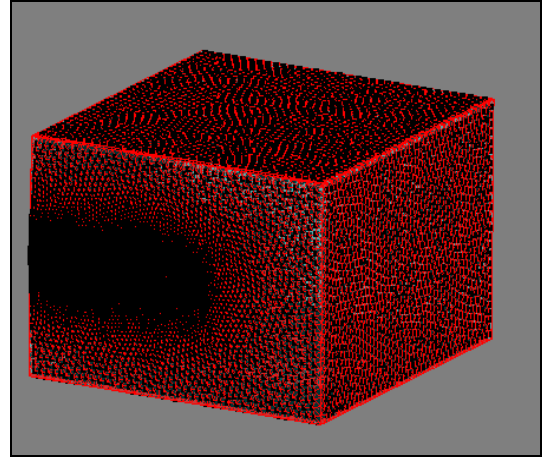
ii. Sınır koşulları, fiziksel özelliklerin tanımlanması ve çözümün gerçekleşeceği sayısal ağ tabakasının oluşturulması

Hazırlanan çözüm hacmi üstünde sırasıyla çözümün gerçekleşeceği sayısal ağ tabakasının tanımlanması, çözümde kullanılacak olan sınır koşulları ve ürünün fiziksel özellikleri tanımlanır.

Sayısal Ağ tabakası çözümün hassasiyetini belirleyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan FLUX3D çözüm hacmini kullanıcının önem sırasında göre farklı büyüklüklerde belirlediği düzgün dört

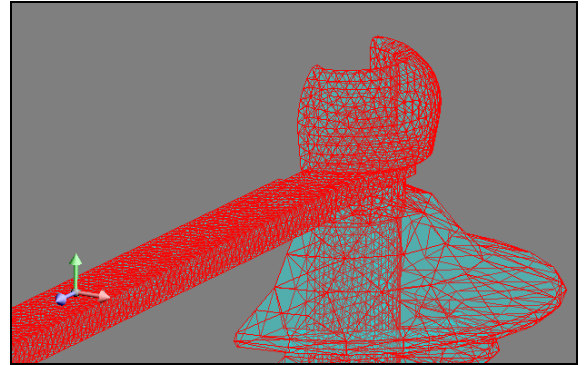
yüzlü hacimlere ayırmakta ve bu elemanların her birinin nodelerinde çözüm yapmaktadır, [1]. Bu husustan fiziksel büyüklüklerin daha çok değişiklik gösterdiği kritik bölgelere daha sık eleman tanımlamak gerekmektedir. Bu çalışmada iletken parçalar ve bağlantı elemanları daha küçük elemanlar ile donatılırken hava hacmi ve epoxy hacim bunlara göre daha büyük elemanlar ile donatılmıştır. Çözümde kullanılacak olan toplam eleman sayısı çözüm yapılacak olan bilgisayarların hafıza kapasiteleri ile orantılıdır. 64 Bit platformlarda hafıza kapasitesi 32 bit platformlara göre daha yüksek olduğu için 64 bit platformlar çözümler için tercih edilmelidir.

Bu çalışmada kullanılan sayısal ağ tabakası Şekil-4 de gösterilmiştir.

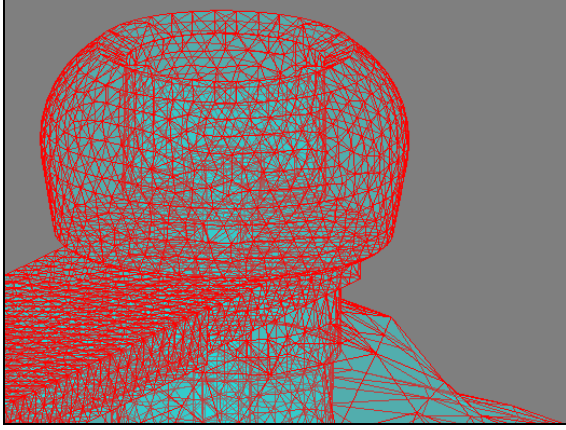


Şekil-4

Sayısal ağ tabakasına daha yakından bakılırsa kullanılan eleman büyüklüklerinin çözüm yapılacak bölgelere göre seçildiği Şekil-5 ve Şekil-6'da görülebilir.



Şekil-5

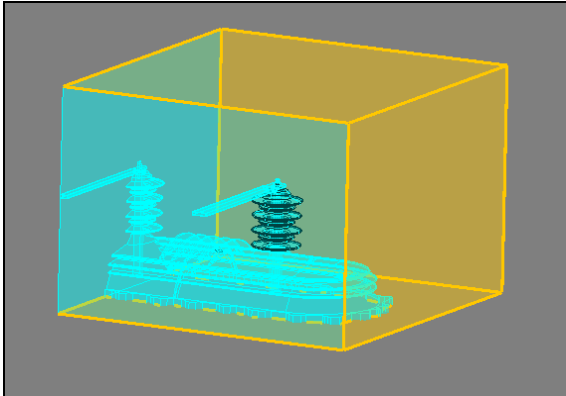


Şekil-6

Çözümler yapıldıktan sonra çözümlerin sayısal ağ tabakasının kalitesinden bağımsız olduğu noktayı bulmak gerekmektedir. Bu nokta eleman sayısı ne kadar arttırılırsa sonuçların değişmemeye başladığı noktadır. Bu yöntem ile çalışma zamanı ve analiz sayısı en verimli noktaya getirilmiş olur.

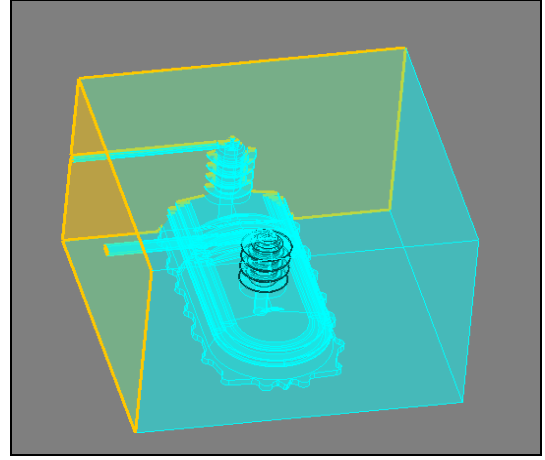
FLUX3D sayısal olarak ağ kalitesi ve kullanılan eleman sayısını bir rapor halinde kullanıcıya vermekte ve gözleme olanak sağlamaktadır, [1].

Çözüm için gereken sınır koşullarının tanıtılması sırasında çözümün fiziğine dikkat etmek gerekmektedir. Bu çalışmada pano sonundaki bir hücrenin bara kompartımanı analiz edilmiştir. Bu noktada tanımlanan sınır koşulları Şekil-7 ve Şekil-8’ de gösterilmiştir.



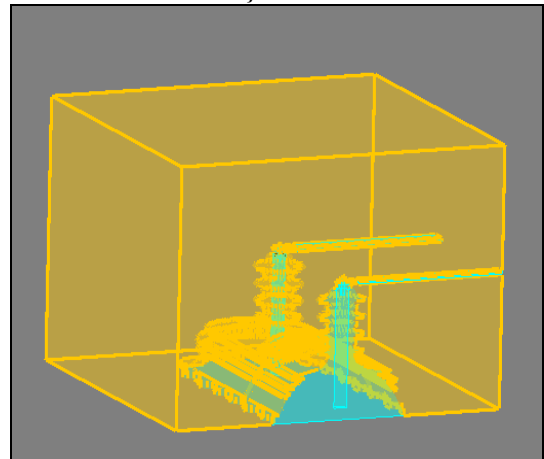
Şekil-7

Şekil-7’de gösterilen yüzeylere toprak tanımlanması yapılmıştır. Şekil-8’de gösterilen yüzeyler ise simetrik özellik taşıdığından bu yüzeylere tanjant elektrik alanı oluşacak şekilde simetrik özellik tanımlanmıştır. Bu özellikler gibi birçok özellik sınırı koşulu tanımlanması yapabilmek üzere programın içinde yer almaktadır. Ayrıca kullanıcının kendisinin tanımlama yapabileceği ve formüller ile ifade edebileceği sınır koşulu tanımlama özellikleri de mevcuttur.



Şekil-8

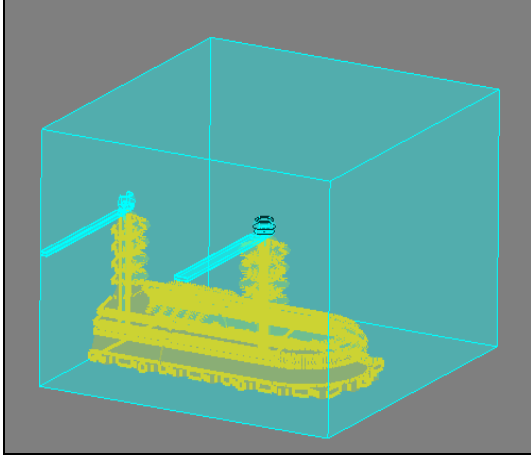
Sınır koşulları tanımlandıktan sonra çözümü oluşturacak parçaların malzeme özellikleri ve bu malzemeler üstünde oluşacak gerilimler ve yükler tanımlanır. Şekil-9’da gösterilen hacim hava hacmi olarak tanımlanmıştır.



Şekil-9

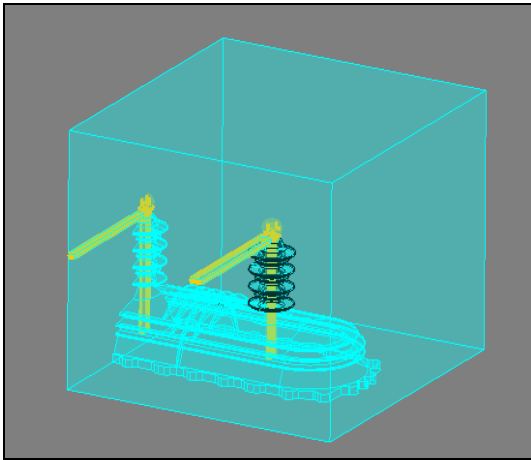
Ayrıcı üst kısmını oluşturan hacim ise Epoxy malzemesi ile tanımlanmıştır. Şekil-10 da gösterilen bu hacim ile ilgili tüm elektriksel özellikler malzeme tanımı içine

kullanıcı tarafından yapılabilir veya FLUX3D kütüphanesinden istenilen malzeme var ise seçilerek de kullanılabilir, [1].



Şekil-10

İletken parçalar kullanılan malzemeye göre Şekil-11 deki gibi tanımlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan bakır malzeme ve çelik malzemeler malzeme özelliklerine göre tanımlaması yapılmıştır.



Şekil-11

Analizlerde bir faz üstüne gelen gerilim uygulanmış ve analizler bu şekilde çözülmüştür. Ayrıca baralar üstündeki kaplama malzemesi de tanımlanmıştır.

iii. Çözüm algoritmasının seçilmesi ve senaryoların oluşturulması.

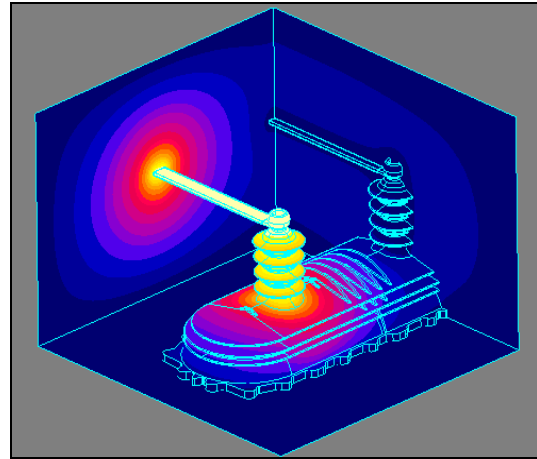
Çözümü yapılacak olan modelin hangi uygulama için çözüleceği FLUX3D içinde seçilir, [1]. Bu çalışmadaki örnek

Elektrostatik 3 boyutlu şekilde çözülmüştür. Ayrıca seri olarak malzemeler üstündeki fiziksel büyüklükler değiştirilmek koşulu ile senaryolar oluşturularak çözümler yapılabilmektedir.

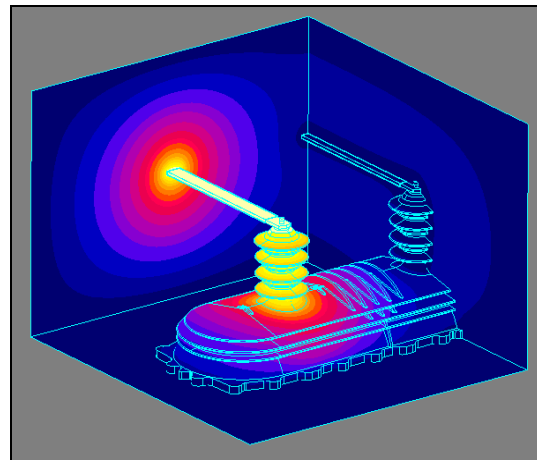
iv. Sonuçların irdelenmesi.

Bu çalışmada fazlardan birine uygulanan gerilim neticesinde çözüm hacminde oluşan elektrik alan ve bu alanın değişimleri incelenmiştir. Ayrıca bara bağlantısı üstündeki alan düzenleyici kaldırılarak bu alan düzenleyicinin elektrik alan değişimine olan etkileri incelenmiştir.

Çözüm sonunda oluşan elektrik alan büyüklükleri alan düzenleyicili model için Şekil-12'de, alan düzenleyici olmayan model için Şekil-13'de gösterilmiştir.

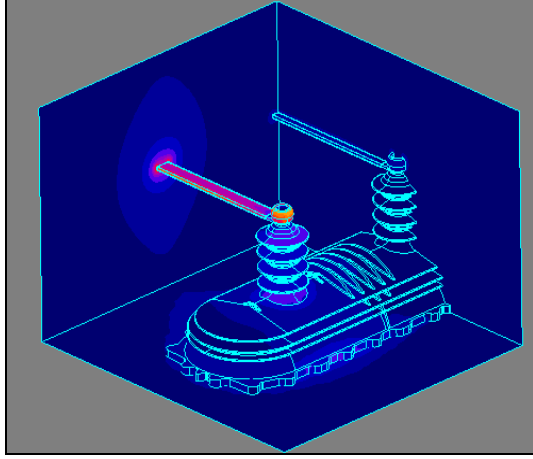


Şekil-12

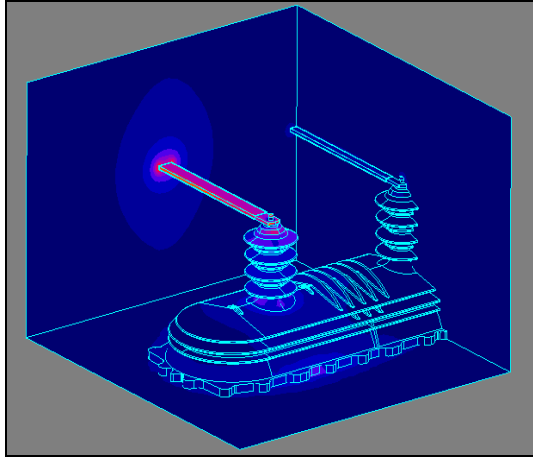


Şekil-13

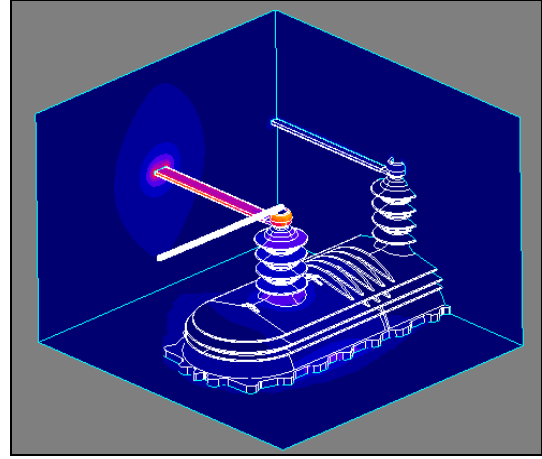
Ayrıca elektrik alanının değişimi de alan düzenleyicili model için Şekil-14’de, alan düzenleyici olmayan model için Şekil-15’de gösterilmiştir.



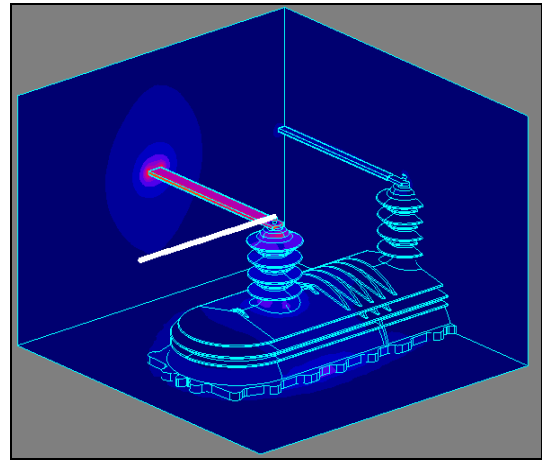
Şekil-14



Şekil-15



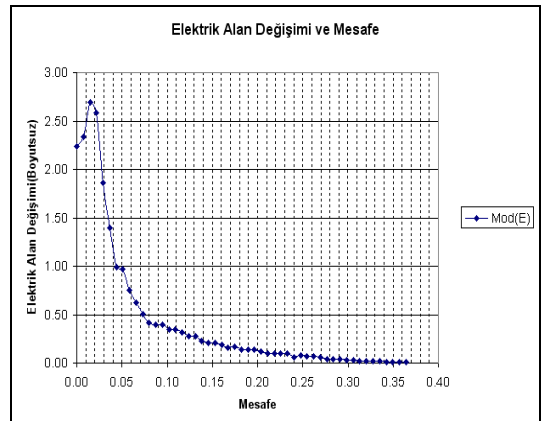
Şekil-16



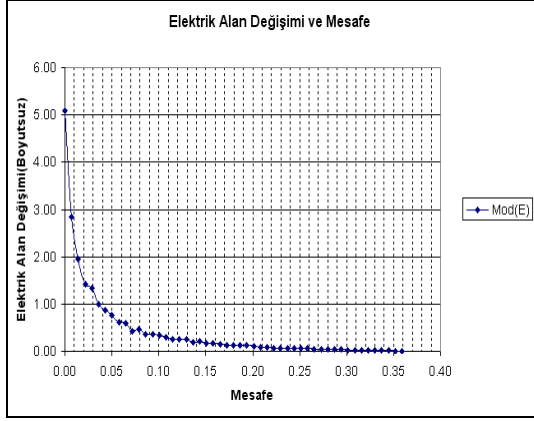
Şekil-17

Bu rotalar için boyutsuz elektrik alan değişimine ilişkin grafikler ise Şekil-18’de alan düzenleyicili model için, Şekil-19’da ise alan düzenleyicisiz model için verilmiştir.

Kısmi deşarjların tesbitine yönelik yapılan bu çalışmada FLUX3D’nin belirtilen rotalar üstünde elektrik alan değişimini gösteren özelliği kullanılmıştır. Böylece en kritik bölge çizilen rotalar ile bulunmuş ve faz toprak bölgesi için Şekil-16’da alan düzenleyicili model için, Şekil-17’de alan düzenleyicisi olmayan model için gösterilmiştir. Yapılan analizler ve çalışmalarda deney sonuçları ve FLUX3D çalışmaları karşılaştırılarak kabul kriterleri oluşturulmuş ve bu kabul kriterlerine göre kritik bölgelerin tesbiti ve de bu bölgelerde yapılması gereken düzeltici faaliyetler ortaya koyulmuştur.



Şekil-18

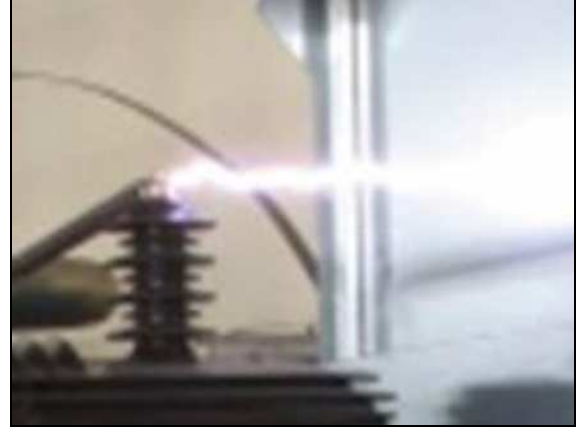


Şekil-19

Grafiklerden de görüldüğü gibi alan düzenleyici kullanılmadığı zaman elektrik alan değişimi maksimum değeri bara bağlantısında alan düzenleyicili modele göre iki kat büyüklükte gerçekleşmektedir. Bu durum alan düzenleyicisiz modelde kısmı deşarjın potansiyelin bulunduğu bölgeden toprağa doğru akmasına sebebiyet vermektedir. Bunu gösteren deney sonucu ise Şekil-20 ve Şekil-21'de gösterilmiştir.



Şekil-20



Şekil-21

FLUX3D ile yapılan bu çalışmanın benzeri kablo kompartımanı içindeki ana devre üstünde de yapılmakta ve daha kritik olan bu bölgede ürün tasarımı sırasında gerekli değişiklikler yapılarak hücrelerin elektrik alan ve bu alanın değişimi açısından daha dengeli olarak ürüne dönüştürülmesi sağlanmaktadır.

C. SONUÇ

OG ürünlerinin tasarımı sırasında kullanılan mühendislik araçları hücrelerin fiziksel yapısının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Deneyler ile her defasında karşılaştırılan sonuçlar üreticilere birçok sayısal veri vermekte ve bu sayısal veriler bilgi birikimlerini kuvvetlendirmektedir. FLUX3D kullanılarak yapılan tasarımlar karmaşık geometrilerde oluşan elektrostatik 3 boyutlu alanların anlaşılmasına ve müşteride zaman içerisinde oluşabilecek sorunların büyük bir kısmının tasarım sırasında gözlemlenerek düzeltilmesine olanak vermektedir. Yeni ürün geliştirme çalışmaları ve bunların onaylama test sürelerini kısaltmakta ve doğrudan ürün kalitesizlik maliyetlerinin düşürülmesini ve AR-GE bütçelerinin optimize edilmesini sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda varsayılan parametreler bilgisayar kapasiteleri ve bilgi birikimleri arttıkça tasarım parametreleri haline dönmekte ve gerçek hayata en yakın geometriler ile çalışmaya olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle sayısal analizler ürünlerin tasarımı

sırasında elde edilen tecrübe ile şirketlerin kendi “Know-how” larını geliştirmelerini temin etmektedir.

FLUX3D programıyla ayrıca malzemeler üstünde elektrik alan vektörleri de bulunarak yaşlanmaya karşılık tasarımsal değişiklikler yapılmakta ve ürünlerin ömür boyu maliyetlemeleri çalışılabilir. Programın içinde tanımlanmaya izin veren malzeme özellikleri, elektriksel özellikleri formüle edebilen modüllerde daha farklı çalışmalara mühendisleri yönlendirmektedir. Ayrıca FLUX3D programı ile termal analizlerde yapılabilir.

FLUX gibi sayısal analiz araçları tasarımcıların ufkunu genişletmekte ve yapılan tasarımlara hâkim olmalarını sağlamaktadır. Ayrıca kısa süreli kısa devre dayanımları sırasında oluşan elektodinamik kuvvellerin mukavemet analizlerinin yapılması veya OG ürünlerinin joule ısınması ile termal analizlerinin de hesaplamalı akışkanlar dinamiği programları ile hesaplanması tasarım süreçlerini daha gürbüz hale getirmektedir. Tüm bu mühendislik araçları tasarım süreçlerine entegre edilerek tasarım proje maliyetleri düşürülmekte, ürün performansı ve kalitesi yükseltilmekte ve zamanda tasarruf edilmektedir. Elde edilen bu olumlu sonuçlar müşteri memnuniyetini de arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

1. FLUX 10 User Guide (2007) CEDRAT, France
2. Schneider Electric Technical Guide, Medium Voltage (2008), Schneider Electric, France.