

36kV 630A 16kA SF6 GAZLI YÜK AYIRICI SICAKLIK ARTIŞ DENEYİ SİMULASYONU

Bilal ALKAN

Batel Elektromekanik San. Ve Tic. AŞ

Ar-Ge Müdür Yardımcısı
Makine Mühendisi
bilalalkan@batel.com.tr

Giray Raif BALTA

Batel Elektromekanik San. Ve Tic. AŞ

Ar-Ge Mühendisi
Enerji Sistemleri Mühendisi
girayraif.balta@batel.com.tr

Özet

Orta gerilim enerji dağıtım şebekelerinde kullanılan şalt cihazlarından olan yük ayırıcılar, kullanıldıkları sistemin sürekli anma akımını 630A'e kadar taşıyabilen ve anahtarlama (açma /kapama) yapabilen, 25kA'e kadar kısa devre akımı üzerine kapatabilen ve kısa devre akımlarına kısa süreli 1 ile 3s'e kadar dayanabilen anahtarlama cihazlarıdır. SF6, kuru hava, azot, karbondioksit gibi gazlar ile ya da vakum ortamında anahtarlama yapan tipleri vardır.

Özellik ile kamu ve sanayi sektörü dağıtım hatlarının anahtarlamaında yoğun kullanımı tercih edilmektedir.

Devre kesiciden farkı, kısa devre anında kısa devre akımını kesme yapamamasıdır. Fakat maliyet olarak devre kesicilere göre çok daha avantajlıdır ve OG sigortalar ile birlikte belirli bir güce kadar dağıtım transformatörlerinin kısa devre primer korumasında kullanılmaktadırlar. Yük ayırıcıları IEC 62271-103 standardında yer alan tüm tip testleri akredite laboratuvarlarda gerçekleştirilip olumlu sonuçlar elde edildikten sonra üretim safhasına geçilebilmektedir.

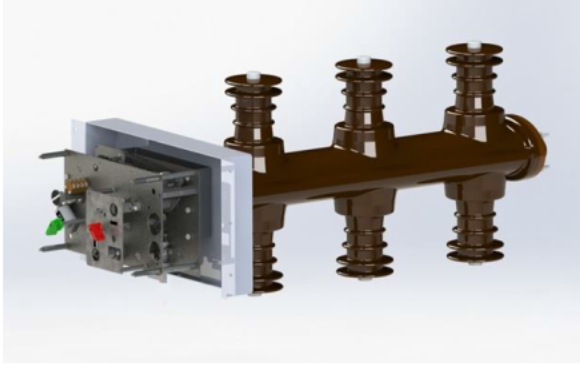
Batel Elektromekanik 80'lerden beri orta gerilim şalt cihazları üretimi yapmakta olup yağlı kesiciler, SF6 gazlı kesiciler, vakum kesiciler, havai hat otomatik tekrar kapamalı kesiciler, havai hat yük ayırıcıları gibi alanlarda Türkiye'de ilklere imza atmış geniş tecrübeye sahip bir kadrosu olan firmadır. [1]

Bu çalışmada Batel Ar-Ge bünyesinde yapılan çalışmalardan biri olan, yük ayırıcı tasarımında sürekli anma akımının taşıma kapasitesinin yeterliliğinin bir göstergesi olan, ana devrede akım taşıma sırasında oluşan sıcaklık dağılımlarının STAR-CCM+ simülasyon yazılımı [2] ile hesaplanması konu edilmiştir.

Anahtar kelimeler: orta gerilim şalt cihazları, SF6 gazlı yük ayırıcı, sıcaklık artış deneyi simülasyonu, ısınma testi, temperature rise test simulation, continues current test simulation, sürekli akım deneyi simülasyonu, Star-CCM+

1. GİRİŞ

Batel BYA tip 36kV 630A 16kA SF6 Gazlı yük ayırıcısı ana devre kontakları, SF6 gazı doldurulmuş ve ömür boyu gaz sızdırmazlığı garanti edilen epoksi döküm gövde içerisindedir. Kontaklar "Açık" ve "Kapalı" şeklinde iki konumundan sadece birinde bulunabilir. Kontaklar kapalı konumda iken, üzerinden geçen anma akımını (630A) sürekli, kısa devre akımlarını belirli bir süre taşıyabilecek şekilde tasarlanmıştır. Anma akımını kesme sırasında da "Puffer type" yani sıkıştırılmış yüksek basınçta ve hızdaki, yüksek dielektrik özellikli SF6 gazının kontakların ayrılma anında oluşan elektrik arkının üzerine üflenerek söndürülmesi sistemi ile çalışmaktadır.



Şekil 1. Yük ayırıcısı genel görünüşü

Epoksi reçine gövdenin çok iyi elektriksel izolasyon özelliği olmasının yanı sıra yüksek mekanik mukavemeti ile dayanımlı bir yapı sağlaması ve içindeki basınçlı gazı ömür boyu sızdırmadan hem kendi hem de gazın özelliklerini bozmadan koruyabilmesi orta gerilim şalt cihazlarında yaygın kullanımına neden olmaktadır. Bununla birlikte belki de en zayıf özelliği genellikle (kompozit bir karışım olduğu için karışım oranlarına ve kalitesine bağlı olarak değişebilir) 100-110 °C sıcaklıklara eriştiğinde yapısının bozulmaya uğramasıdır. Epoksi gövdeli şalt cihazları üretilirken ana devre parçalarının bağlanacağı terminaller epoksi kalıplarına yerleştirilir. Epoksi malzeme ile terminal yüzeyleri arasında sağlam bir bağ oluşturacak şekilde üretilir. Bu birleşim arayüzü gövdenin içindeki basınçlı gazı sızdırmayacak şekilde yüksek kaliteli olması beklenir. Üretim ve kalite kontrolleri esnasında özellikle çok dikkat edilen bölgelerdir. Bu bölgelerin sızdırmazlığını sağlamak ve kontrol etmek için özel prosesler uygulanır. Ürünün çalışma koşullarında da bu özelliğini devam ettirebilmesi için epoksi ile terminaller arasındaki bu bağın bozulmaması gerekmektedir. Fakat daha önce değinildiği gibi epoksi malzemenin belirli bir sıcaklık dayanım sınırı vardır. Sürekli anma akımının taşınması sırasında ana devre iç direncinden kaynaklanarak açığa çıkan ısı sebebi ile özellikle terminal bölgelerinde sıcaklık kontrol edilmeli ve standartta belirtilen sınır değerlerin altında kalması sağlanmalıdır.

Bu durumun kontrolü için IEC52271-103 standardının 6.5 maddesinde belirtilen sıcaklık artışı tip testi mutlaka yapılmalı, ürünün hangi koşullarda, hangi kesitlerde ve özelliklerde malzemeler ve hangi bağlantı şekli ile teste girildiği ve testten başarı ile geçildiği belgelendirilmelidir. [3] Ardından seri üretim de aynı koşullarda yapılmalı, ürünün montaj ve üretim kontrolleri de aynı şartlara göre belirlenmelidir. Testin nasıl yapılacağı ve hangi özellik ve koşullarda ürünün hangi noktasının ne kadar sınır ısınma değerinin altında kalması gerektiği IEC 62271-1 Ortak özellikler standardının 7.5 maddesinde belirtilmiştir [4]

Belirtilenler hususlar bitmiş ürün üzerinde yapılan testlerin sonuçlarını tanımlasa da önemli olan nokta ürünü bu testlerden geçebilecek optimum özelliklerde tasarlayabilmektir. Bu neden ile ürün henüz tasarım aşamasında iken iletken kesitlerinin ve kontakların akım taşıma kapasiteleri, terminal bölgelerinin, epoksinin hatta içerisindeki gazın sıcaklığının, kontakların açma kapama hızlarının, bu sırada oluşacak gaz basıncı ve hızlarının hatta kontakların ayrılma anında oluşacak arkın sıcaklığının ve sönmeye süresinin, kontakların kapalıdan açık konuma geçerken oluşan dielektrik özelliklerin ve izolasyon mesafelerinin gibi bir çok parametrenin hesaplanabilir ve birbirleri ile ilişkilerinin irdelenebilir olması ürünün ilk seferde doğru tasarlanması ve tip testlerden başarı ile geçmesini sağlayacaktır.

Batel Elektromekanik Ar-ge bünyesindeki gelişmiş yazılımlar, know-how ve tecrübeli mühendisler sayesinde tasarım sürecinde üretim ve test maliyetleri en aza indirilecek ve ilk seferde istenilen performansı sağlayacak ürünler tasarlanıp, tasarım aşamasında ön doğrulama testleri sonrasında prototipler hazırlanmaktadır.

Bu çalışmada Batel BYA tip 36kV 630A 16kA SF6 gazlı yük ayırıcısının kontakları kapalı konumda iken üzerinden sürekli 630A geçirildiğinde oluşacak sıcaklık artışının simülasyonu yapılmış, sonuçlar tip testi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. TASARIM VE ANALİZ

Tasarım ve sayısal analizler şu aşamaları gerektirmektedir;

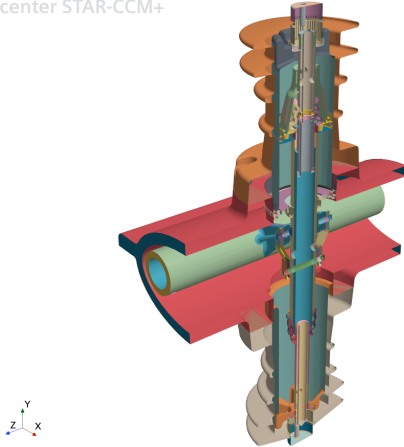
- Tasarımın üç boyutlu ve iki boyutlu çizim modellerinin tasarım yazılımları kullanılarak hazırlanması
- Modelin analiz programına aktararak, malzeme tanımlarının ve sınır koşullarının belirlenmesi
- Uygulanacak analiz türüne uygun olan çözüm yönteminin belirlenerek ağ yapısının oluşturulması
- Analiz sonunda sonuçların değerlendirilmesi

Bu çalışmadaki yük ayırıcının tasarımı aşamasında Solidworks, Autocad, Draftsight yazılımları, sıcaklık artış testi simülasyonunda Siemens Star-CCM+ yazılımı kullanılmıştır.

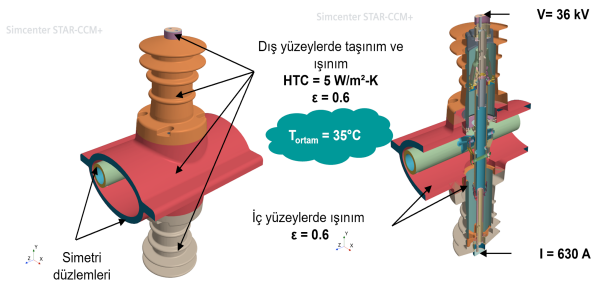
2.1. Tasarımın üç boyutlu ve iki boyutlu modellerinin hazırlanması

Ürüne ait ilgili standartların, kullanılacağı yer ile ilgili şartnamelerin, müşteri isterlerinin belirlediği kriterlere ve benzeri çeşitli parametrelere göre tasarım yapılmıştır. Kontakların ve akım taşıyan iletkenlerin malzemeleri, geometrileri, kesitleri, birbirleri ile temas baskı kuvvetleri, epoksi gövdenin formu, kalınlıkları, kinematik parçaların tasarım kriterleri gibi özellikler belirlenerek tasarıma devam edilmiştir

Simcenter STAR-CCM+



Şekil 2. Yük ayırıcı kontakları görünüşü



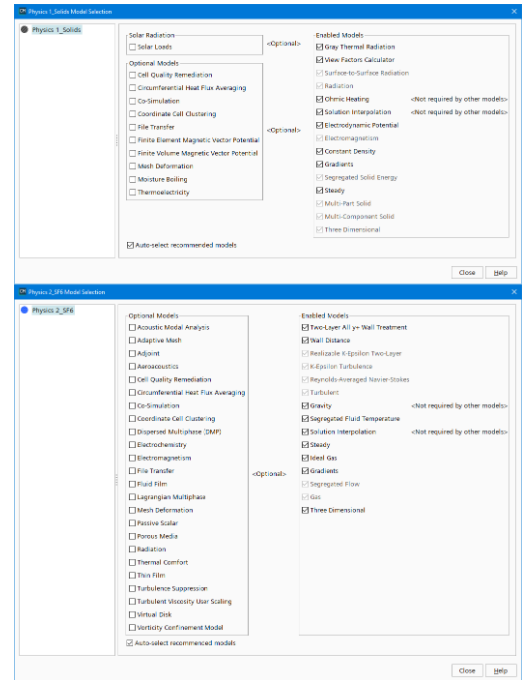
Şekil 3. Analize hazır üç boyutlu model

2.2. Modelin Star-CCM+ simülasyon programına aktarımı, hesaplama modelleri ve analize hazırlanması

Ön tasarımı tamamlanan üç boyutlu model Siemens Star-CCM+ adlı yazılıma aktarılmıştır. Bu programda yük ayırıcının ısınma testi için gerekli kısmı (bu çalışmada fazlardan bir tanesi) alınarak model sadeleştirilmiştir. Bu sayede birbirinin aynı olan üç fazı

da analiz etmenin getireceği zaman kaybının önüne geçilmiştir.

Yük ayırıcıyı oluşturan parçalar farklı malzemelerden oluştuğu ve her malzemenin farklı elektriksel ve fiziksel özelliği bulunduğu için model üzerinde parçaların malzemeleri tanımlanmıştır. Star-CCM+ kütüphanesinde bulunmayan malzemeler için gerekli özellikler araştırılıp bulunarak kütüphaneye eklenmiştir. Malzeme tanımlamaları yapıldıktan sonra, uygulanacak akımın türü, şiddeti, uygulama noktası, yönü tanımlanması gibi sınır koşulları belirlenmiştir. 630A akım sürüldüğünde ve sıcaklık artışı rejime girdiğinde, ısınan yük ayırıcı dış ortam ile ışıınım ve taşınım yolu ile ısı alışverişini yapacağından, yük ayırıcı çevresindeki ortam sıcaklığı da 35°C tanımlanmıştır (Şekil 3). Simülasyonda kullanılan hesaplama modelleri, katılar ve SF6 için

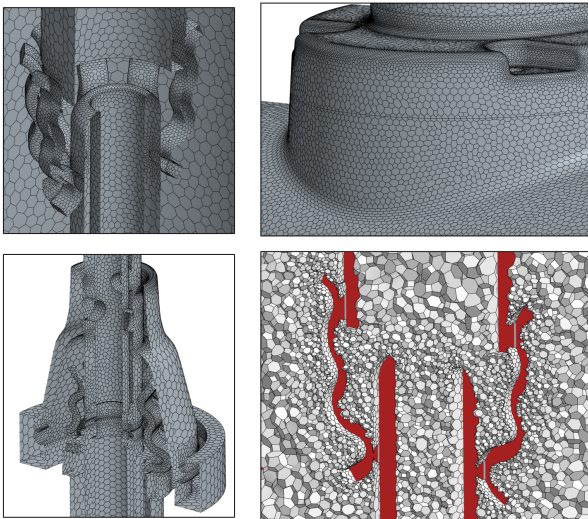


Şekil 4'te belirtilmiştir.

2.3. Analiz türüne uygun olan çözüm yönteminin belirlenerek ağ yapısının oluşturulması

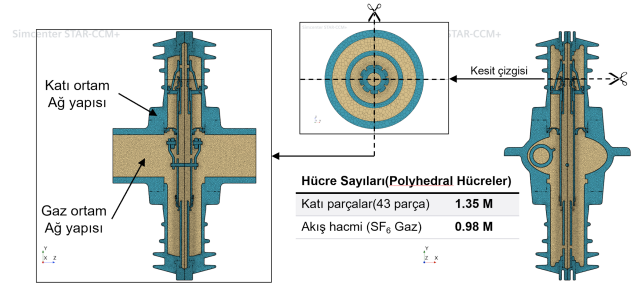
Star-CCM+ yazılımı bir CFD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) yazılımıdır. Sıvı ya da gaz olsun, durağan ya da hareketli akışkanın bulunduğu her türlü modelde çok geniş skalada çeşitli simülasyonlar analizler yapılabilmektedir. Bu çalışmada konu ısı transferi olduğundan gerek parçaların birbirlerine olan ısı iletimleri, gerek SF6 gazı içerisinde ısı transferi, gerek se de ürün üzerinden hava ortamına gerçekleşen ısı transferi Star-CCM+ ile bu çalışmada hesaplanacaktır. Star-CCM+ sayısal hesaplamalarda sonlu elemanlar yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntemde hesaplama yapılacak model, mesh (Ağ) yapısı şeklinde küçük parçalara ayrılmakta ve program her parçanın düğüm noktalarında hesaplamalar yapıp bunları belirli matematiksel modellere göre birleştirerek modelin bütününe ait sonuçlar vermektedir. Model ne kadar çok sayıda (küçük) ağ elemanı ile tanımlanırsa sonuçlar o kadar hassas fakat hesaplamaları da o kadar uzun

sürmektedir. Bunun için mesh optimizasyonu çalışması yapmakta fayda vardır. Şöyle ki; büyük boyutlu ve çok karmaşık olmayan parçalar için daha büyük elemanlar tanımlayıp, daha küçük ve detaylı parçalar için daha küçük elemanlar tanımlamak analiz süresini kısaltmakta ve sonuçları olumsuz etkilememektedir. Bu durum tüm analiz programlarında geçerli bir durum olup bu konuda ayrıca çalışmakta ve parça boyutlarına, analizdeki önemine, kullanılan bilgisayarın işlemci gücüne göre optimizasyon yapmakta fayda vardır. Basit bir yaklaşımla; eleman sayısı arttıkça analiz sonuçları değişmekte ve bir noktadan sonra önemli değişiklik olmadığı görülmektedir. Bu noktanın tespiti, analiz için en uygun süre ve bununla birlikte doğru sonuç ilişkisinin bulunmasını sağlayabilmektedir. Bu çalışmada Star-CCM+ içerisinde yer alan “Surface Remesher” ve “Polyhedral Mesher” ağ yapıları kullanılmıştır. (Şekil 5.)



Şekil 5. Ağ yapısı görünümleri

Parçaların boyutlarına ve analiz içerisindeki konum ve önemine göre farklı boyutta ağ elemanları tanımlanmıştır. (Şekil 6.)

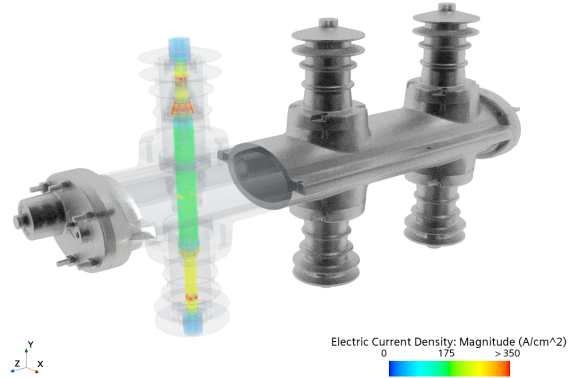


Şekil 6. Parçalara göre ağ elemanı sayıları

2.4. Analiz sonunda sonuçların değerlendirilmesi

Model optimizasyonu, sınır koşullarının tanımlanması ve ardından mesh (ağ) yapısı oluşturulduktan sonra 36kV yük ayırıcının bir fazına nominal akım değeri olan 630A üst terminal bölgesinden uygulanmış ve ürünün tamamı üzerinde oluşan akım yoğunlukları değerlendirilmiştir. (Şekil 7.)

Simcenter STAR-CCM+



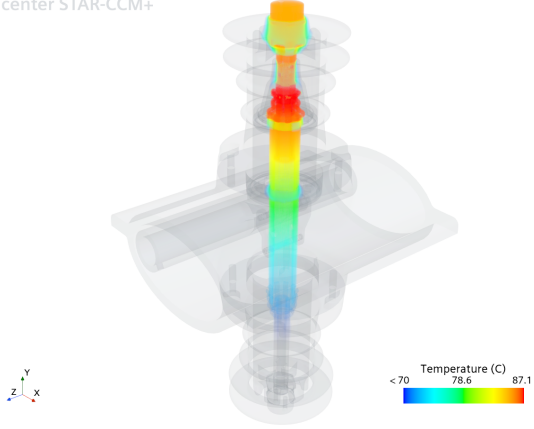
Şekil 7. Analiz sonunda model üzerindeki akım yoğunluğu dağılımları

Akım yoğunluğu dağılım skalasına bakıldığında üst ve alt kısımda yer alan kayıcı kontaklar üzerinde yoğunluğun arttığı gözlenmiştir. Bu kısımlar hareketli bölgeler olduğundan iletken parçaları birbirleri ile noktasal temas halindedirler ve bu sebeple temas noktalarında temas alanı ve iletken kesitleri diğer bölgelere göre daha düşük kalmaktadır. Görece düşük kesitler ve yüzey alanları akımın bu bölgelerde yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Yapılan bu analiz ile, durumu henüz parçalar tasarım aşamasında iken inceleyip parça tasarımlarındaki küçük değişiklikler ile akım yoğunluklarının optimize edilebilmesi sağlanmaktadır.

Düşük yüzey alanlı kontak bölgelerinde bir geçiş direnci oluşur ki aslında akım yoğunluğunun artmasına da bu direnci yaratan kesit daralması sebep olur.

Mikro ohmlar seviyesinde olsa dahi parçaların öz dirençlerine görece yüksek kalan bu bölgelerde akım ısıya dönüşerek aşırı sıcaklık artışına sebep olur.(Şekil 8)

Simcenter STAR-CCM+

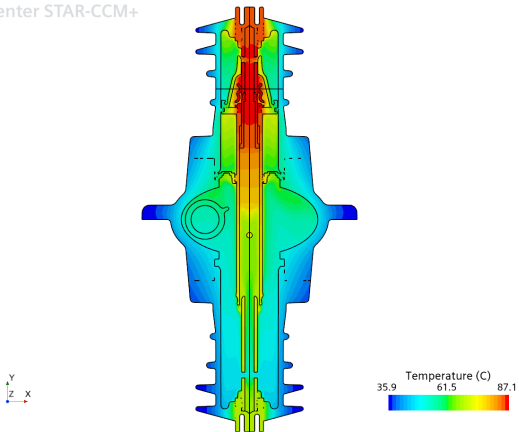


Şekil 8. Analiz sonunda model üzerindeki Sıcaklık dağılımları

Şekil 7’de görüldüğü üzere yüksek akım yoğunluğundaki kesit daralması olan bölgeler, diğer bölgelere göre daha yüksek sıcaklığa ulaşmıştır. Aynı zamanda en yüksek sıcaklığın da 87°C ye ulaştığı tespit edilmiştir.

Giriş kısmında belirtildiği gibi bu simülasyondaki asıl amaç ürün üzerindeki sıcaklık artış değerlerinin IEC62271-1 standardında belirtilen limitlere ulaşmadığını görmek, ayrıca özellikle terminal bölgelerinde epoksiye tutunan ve sürekli temas halinde olan bölgelerin sıcaklıklarının epoksinin bozulma sıcaklığının altında olup olmadığını kontrol etmektir. Analiz sonuçları incelendiğinde epoksi ile temas halinde olan alt ve üst terminal yüzeylerinin sıcaklıklarının farklı olduğu, alt terminalin 68°C iken üst terminalin daha sıcak, 85°C olduğu görülmüştür. (Şekil 9)

Simcenter STAR-CCM+



Şekil 9. Simülasyon ortamında, 630A akım uygulandığında, Üst ve alt terminal sıcaklıkları

Sıcaklık artışı tip testinin tanımlandığı IEC 62271-1 standardının 7.5.6.1 maddesinde; “Test nesnesinin bağlantı ve kontak bölgelerinde olabilecek sınır değerlerin belirtildiği sıcaklık artışı Tablo 14’e göre elde edilen değerler aşılmadı ise test nesnesi testi geçmiştir.” ifadesi yer almaktadır. Bu ifadeden anlaşılacağı üzere Standartta limit değerleri tanımlanmış kısımların sıcaklıkları ölçüldüğünde, ölçüm sonucunun belirtilen sınır değerini altında kalması gerekmektedir. (Tablo 1)

IEC 62271-1:2017 © IEC 2017

– 65 –

Table 14 – Limits of temperature and temperature rise for various parts, materials and dielectrics of high-voltage switchgear and controlgear

Nature of the part, of the material and of the dielectric (Refer to points 1, 2 and 3 in 7.5.6.2) (Refer to NOTE 1)	Maximum value	
	Temperature °C	Temperature rise at ambient air temperature not exceeding 40 °C (NOTE 2) K
1 Contacts (refer to point 4) Bare-copper or bare-copper alloy – in OG (refer to point 5) – in NOG (refer to point 5) – in oil Silver-coated or nickel-coated (refer to point 6) – in OG (refer to point 5) – in NOG (refer to point 5) – in oil Tin-coated (refer to point 6) – in OG (refer to point 5) – in NOG (refer to point 5) – in oil	75 115 80 115 115 90 90 90 90 90	35 75 40 75 75 50 50 50 50 50
2 Connection, bolted or the equivalent (refer to point 4) Bare-copper, bare-copper alloy or bare-aluminium alloy – in OG (refer to point 5) – in NOG (refer to point 5) – in oil Silver-coated or nickel-coated (refer to point 6) – in OG (refer to point 5) – in NOG (refer to point 5) – in oil Tin-coated – in OG (refer to point 5) – in NOG (refer to point 5) – in oil	100 115 100 115 115 100 105 105 100	60 75 60 75 75 60 65 65 60
3 All other contacts or connections made of bare metals or coated with other materials	(Refer to point 7)	(Refer to point 7)
4 Terminals for the connection to external conductors by screws or bolts (refer to points 8 and 14) – bare – silver or nickel coated – tin-coated – other coatings	100 115 105 (Refer to point 7)	60 75 65 (Refer to point 7)
5 Oil for oil switching devices (refer to points 9 and 10)	90	50
6 Metal parts acting as springs	(Refer to point 11)	(Refer to point 11)

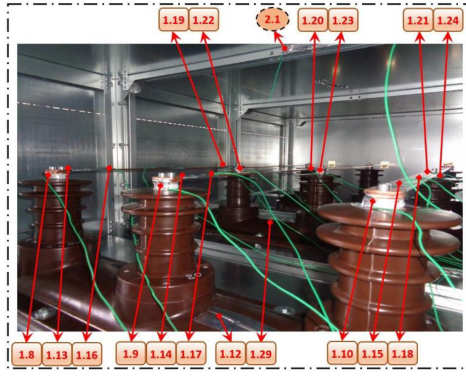
Tablo 1. IEC 62271-1:2017 Tablo 14

Tablo 1 incelendiğinde, test kapsamında ölçülmesi gereken noktaların (kontaklar, bağlantılar, vb) ve bu noktaların ulaşabileceği maksimum sıcaklık değerlerinin verilmiş olduğu görülmektedir.

Analizi yapılan modelde en yüksek sıcaklık üst terminal bölgesinde tespit edilmişti. Bu bölgede malzeme alüminyum ve yüzey koruma olarak da gümüş kaplama kullanıldığı bilinmektedir.

Tablo 1’de, 2. maddede gümüş kaplamalı alüminyum bağlantı noktası olarak adlandırılan bu kısım için izin verilen sıcaklık artış değerinin 75°K ve izin verilen maksimum sıcaklığın da 115°C olduğu görülmektedir. Analizde ortam sıcaklığı 35°C alındığında tespit edilen en yüksek sıcaklığın 85°C, dolayısı ile sıcaklık artışının 50°K olduğu görülmektedir (Tablo 1)

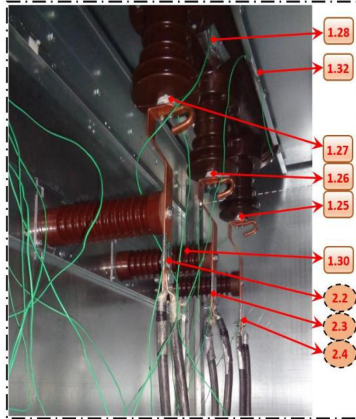
Bulunan bu değerlerin ardından çalışma kapsamında, ürünün akredite bir tip test laboratuvarında yapılmış sıcaklık artış deneyi sonuçları incelenmiştir. [5] İlgili tip test raporunun 6. ve 7. sayfalarında sıcaklık ölçümü yapılan termokupl noktaları numaralandırılmıştır (Şekil 10)



FRT.38/Rev01/0419

6/30

19-0669-F



Şekil 10. 19-0669-R00-N01-02 numaralı deney raporunun 6 ve 7. Sayfalarında gösterilen termokupl noktaları

Yine aynı raporun 9. Sayfasında, numaralandırılmış termokupllardan test esnasında her bir noktada elde edilen en yüksek sıcaklık değerleri ve beklenen sıcaklık artış değerlerinin yer aldığı ölçüm sonuçları tablosu yer almaktadır. (Tablo 2)

Probe	Explanation	Value (°C)	Ambient (°C)	Limit (K)	Increase (°C)
1.1	Cable Connection Terminal L ₁ (SME 01) (Incoming)	65,4			44,6
1.2	Cable Connection Terminal L ₁ (SME 01) (Incoming)	63,1		60°	42,3
1.3	Cable Connection Terminal L ₁ (SME 01) (Incoming)	61,9			41,1
1.4	Capacitive Insulator Body L ₁ (SME 01) (Incoming)	31,4		50°	10,6
1.5	Lower LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	61,9			41,1
1.6	Lower LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	60,3			39,5
1.7	Lower LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	59,5		75°	38,7
1.8	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	75,5			54,7
1.9	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	77,8			56,7
1.10	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	74,7			53,9
1.11	Lower Epoxy LBS Body (SME 01) (Incoming)	41,4		50°	20,6
1.12	Upper Epoxy LBS Body (SME 01) (Incoming)	47,7			26,9
1.13	LBS Upper Bus bar Connection L ₁ (SME 01) (Incoming)	78,8		75°	58,0
1.14	LBS Upper Bus bar Connection L ₂ (SME 01) (Incoming)	81,6			60,8
1.15	LBS Upper Bus bar Connection L ₁ (SME 01) (Incoming)	79,4			58,6
1.16	Bus bar Medium Connection L ₁ (Incoming)	94,2			73,4
1.17	Bus bar Medium Connection L ₂ (Incoming)	96,7		*	74,9
1.18	Bus bar Medium Connection L ₁ (Incoming)	83,8			73,0
1.19	LBS Upper Bus bar Connection L ₁ (SME 01) (Outgoing)	89,2			68,4
1.20	LBS Upper Bus bar Connection L ₂ (SME 01) (Outgoing)	89,3			68,5
1.21	LBS Upper Bus bar Connection L ₁ (SME 01) (Outgoing)	87,8			67,0
1.22	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Outgoing)	85,1		75°	64,3
1.23	Upper LBS Terminals L ₂ (SME 01) (Outgoing)	87,4			66,6
1.24	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Outgoing)	83,3			62,5
1.25	Lower LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Outgoing)	62,0			41,2
1.26	Lower LBS Terminals L ₂ (SME 01) (Outgoing)	60,7			39,9
1.27	Lower LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Outgoing)	59,2			38,4
1.28	Lower Epoxy LBS Body (SME 01) (Outgoing)	48,2		50°	27,4
1.29	Upper Epoxy LBS Body (SME 01) (Outgoing)	42,7			21,9
1.30	Capacitive Insulator Body L ₂ (SME 01) (Outgoing)	33,5		50°	12,7
1.31	Inside Ambient (SME 01) (Incoming)	34,5	20,8		13,7
1.32	Inside Ambient (SME 01) (Outgoing)	34,5		*	13,7

Tablo 2. Sıcaklık artış Deneyi ölçüm sonuçları tablosu

Simülasyon sonucunda 85°C tespit edilen üst terminal noktası Şekil 9’da Yük ayırıcının üç fazının her birine bağlı olan 1.22, 1.23 ve 1.24 numaralı termokupllara karşılık gelmektedir.

Tablo 3’te bu noktaların sıcaklıklarının 85,1°C, 87,4°C ve 83,3°C ölçülmüş olduğu görülmektedir. Teorik olarak yük ayırıcının üç fazı da aynı yapıda olduğu için teorik olarak aynı sonucu vermesi gerektiğinden, bu çalışmada sadece bir faz simüle edilmiştir. Tabii olarak gerçekte üç fazı oluşturan kontakların, malzemelerin, dirençlerin tamamen aynı olması mümkün değildir. Bu sebeple de kabul edilebilir birkaç derecelik sapmalar görülebilmektedir.

Nitekim deney raporunda da bu farklılıklar görülmüştür. Ölçüm sonuçlarındaki üç fazın üst terminalindeki sıcaklık değerinin ortalaması alınırsa 85,2 °C bulunur ki bu da simülasyon sonucumuz ile birebir örtüşmektedir.(Tablo 3)

Ayrıca, epoksi reçine gövdenin 100-110 °C sıcaklıklara eriştiğinde yapısının bozulmaya uğramasına özgü sınıır değerinin de altında kaldığı doğrulanmıştır.

Karşılaştırma Tablosu	En büyük değer	
	Sıcaklık (°C)	40 °C’yi aşamayan ortam hava sıcaklığında sıcaklık artışı (K)
IEC 62271-1, Tablo 14 madde-2’ye göre	115	75
Simülasyon sonucu bulunan değer	85	50 (ortam sıcaklığı 35°C ye göre)
Tip Test raporunda ölçülen değer (üç fazın ortalaması)	85,2	65 (ortam sıcaklığı 20,8°C ye göre)

Tablo 3. IEC 62271-1 Tablo 14 verileri ile simülasyon sonuçlarının karşılaştırma tablosu

3. Sonuçlar

Çalışma kapsamında yapılan simülasyonun sonuçlarının gerçek deney sonuçları ile nerede ise aynı olduğu görülmüştür. Bu sonuç da simülasyon programı için hazırlanan 3d modelin, uygulanan mesh yapısının, analiz yönteminin doğru planlandığını ve programın da sonuçları doğru verdiğini göstermiştir.

Orta gerilim şalt cihazlarının son kullanıcısı genelde enerji dağıtım kurumlarıdır. Ve bu cihazlar bir kere kurulum yapıldıktan sonra yıllarca bakım gerektirmeden ve arızalanmadan güvenle çalışmak durumundadırlar. Aksi taktirde sadece bir cihazın arızalanması durumunda bu cihazdan hizmet alan çok sayıda son kullanıcı ve onların kullandığı daha çok sayıda cihaz olumsuz etkilenecek en azından arıza giderilene ya da yeni cihaz ile değiştirilene kadar enerjisiz kalacaktır. Bu durum gerek enerji dağıtım kurumları tarafından gerekse hizmet alan kişi ya da kurumlar tarafından kabul edilebilir değildir.

Bu sebeple orta gerilim şalt cihazlarının üretilebilmesi için katı kurallar, standartlar ve testler bulunmaktadır. Üretici ürünün bu testlerden geçebilecek şekilde üretmek zorundadır. Ar-ge birimi de yüksek test ve prototip maliyetlerini en aza indirmek amacı ile daha tasarım aşamasında iken ürünün ilgili standartlara uygunluğunu önceden belirlemek durumundadır.

Bu amaca hizmet etmek için mühendislik ve yazılım teknolojisinin birlikte çalışması ile son derece yetenekli araçlar geliştirilmiş ve halen geliştirilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan Siemens Star-CCM+ analiz, simülasyon yazılımı da bunlardan biridir. Bu yazılımlar tasarım mühendisine, ürün henüz tasarım aşamasında iken, adeta sanal bir test ortamı oluşturma fırsatı vererek ürünü test edilebilmesini sağlamaktadır. Bu sayede mühendisler tasarım üzerinde simülasyon sonuçlarını değerlendirerek tasarımı optimize edebilme, daha inovatif çözümler ve tasarımlar geliştirebilme, daha düşük maliyetli fakat yüksek performanslı ürünler tasarlama imkanını özgürce bulurlar. Sonuçta ortaya en az deneme maliyeti ile en hızlı şekilde, yenilikçi tasarımlar ve nihayetinde yüksek performanslı ürünler ortaya çıkmaktadır.

4. Kaynaklar

- [1] <http://www.batel.com.tr/>
- [2] <https://plm.sw.siemens.com/en-US/simcenter/fluids-thermal-simulation/star-ccm/>
- [3] IEC 62271-103 Yüksek gerilim anahtarlama düzeni ve kontrol düzeni - Bölüm 103: 1 kV'un üzerinde ve 52 kV'a kadar (52 kV dhil) beyan gerilimleri için anahtarlar
- [4] IEC 62271-1 Yüksek gerilim anahtarlama düzeni ve kontrol düzeni - bölüm 1: Ortak zellikler
- [5] 190669-R00-N01-02 Tip test raporu (LVT)