



B A T E L
elektromekanik

36kV 630A 16kA SF6 Gazlı Yük Ayırıcı Sıcaklık Artış Deneyi Simülasyonu

Bilal ALKAN

Batel Elektromekanik San. Ve Tic. AŞ

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

Giray Raif BALTA

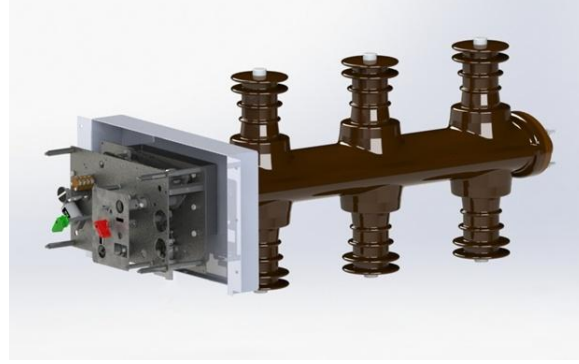
Batel Elektromekanik San. Ve Tic. AŞ

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

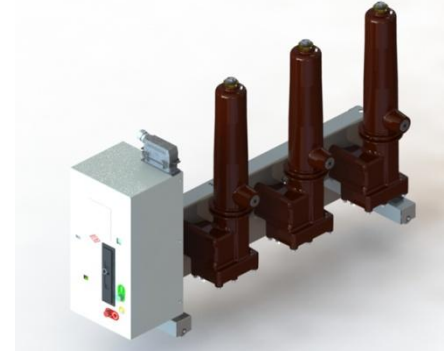
DAHİLİ TİP ÜRÜNLER



SF6 AYIRICI



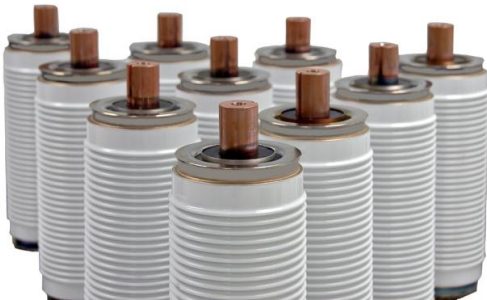
SF6 YÜK AYIRICI



SF6 KESİCİ



VAKUM KESİCİ



VAKUM TÜPÜ



**VAKUM TÜPÜ GÖMÜLÜ
(EMBEDDED)
KESİCİ KUTUPLARI**

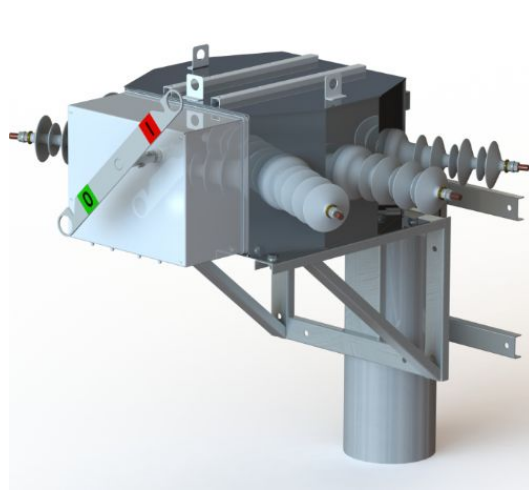


**RMU
GAZ İZOLELİ HÜCRELER**



**HAVA İZOLELİ METAL
MUHAFAZALI HÜCRELER**

HARİCİ TİP ÜRÜNLER



Havai Hat Otomatik
Yük Ayırıcılar

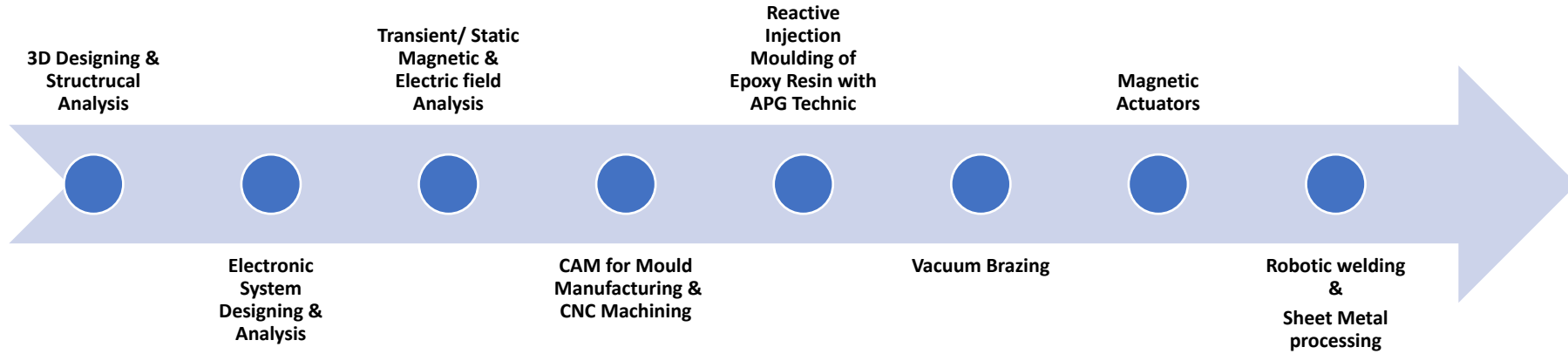


Havai Hat Otomatik Tekrar
Kapamalı Kesiciler

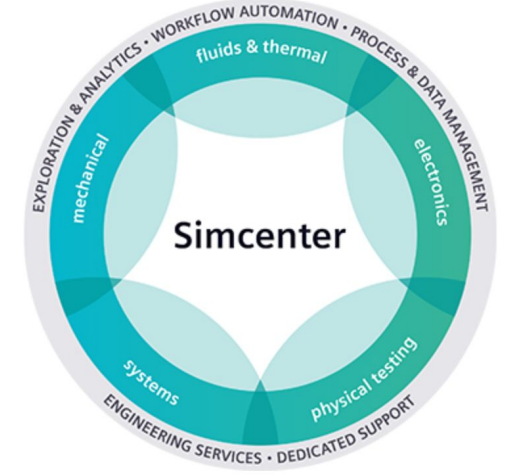
TEKNOLOJİLER

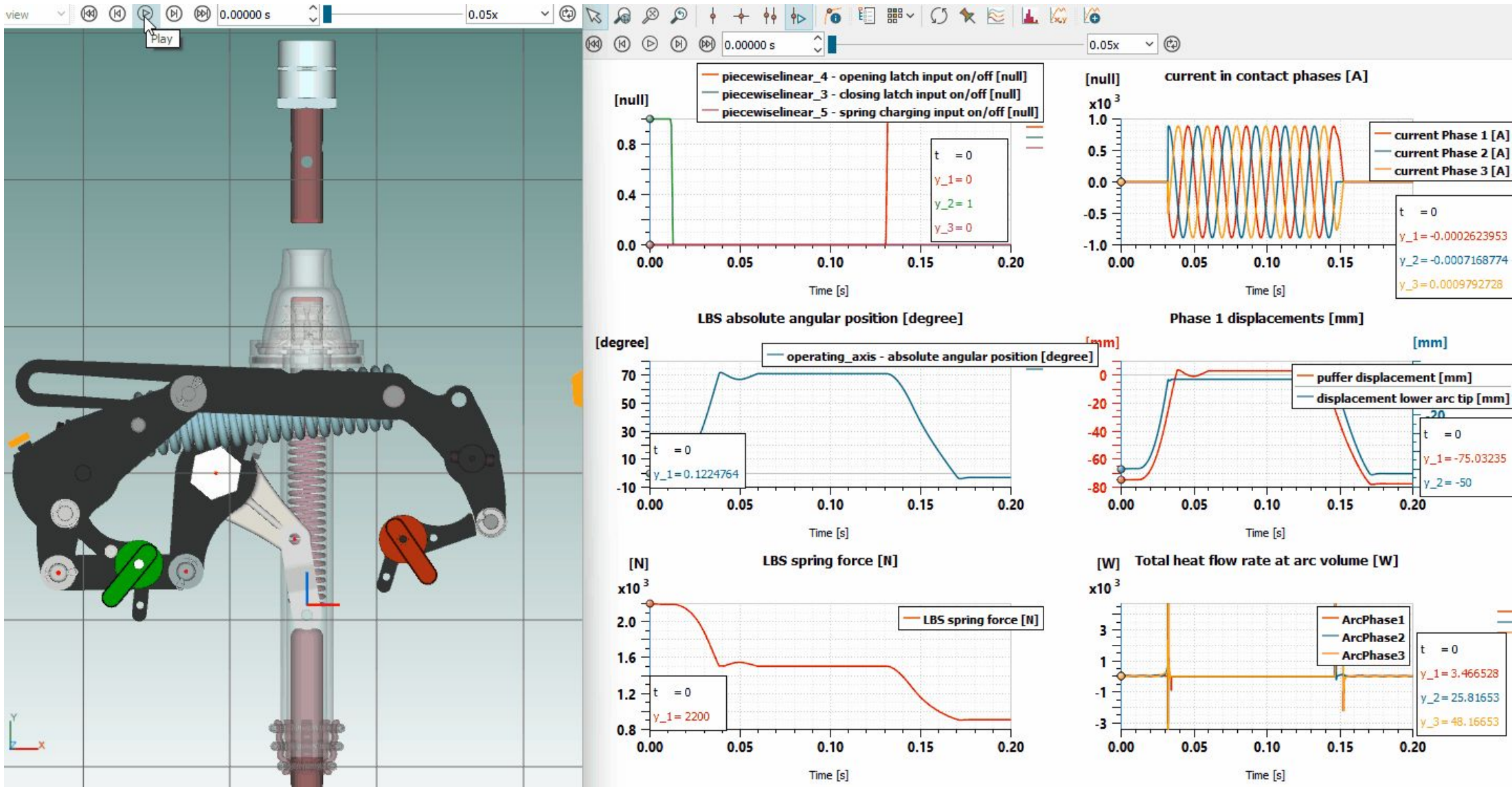


TEMEL YETENEKLERİMİZ



YAZILIMLAR





Simcenter STAR-CCM+

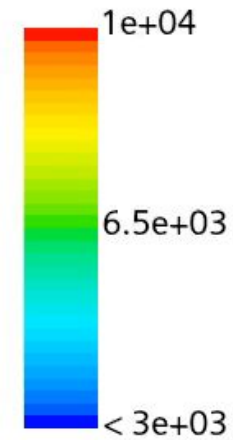
Solution Time 1e-05 (s)



Solver Iteration Elapsed Time: 0.064 (s)

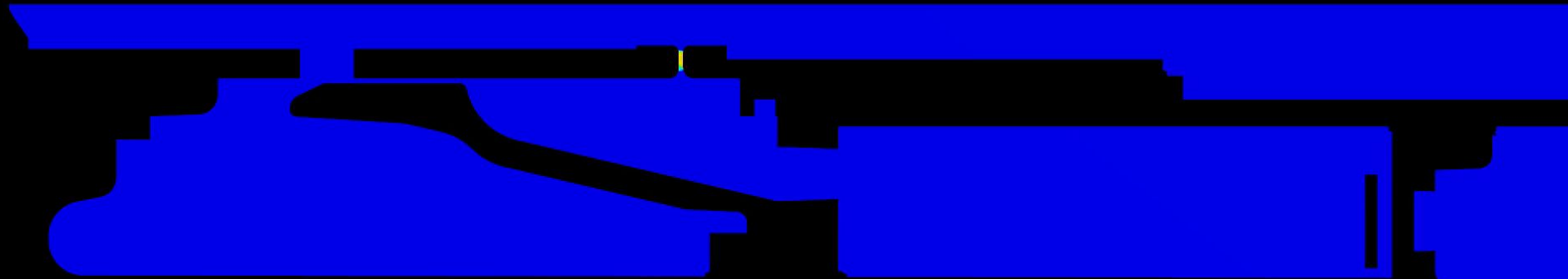
Time Step 4

Temperature (C)



Total Solver Elapsed Time: 0.015

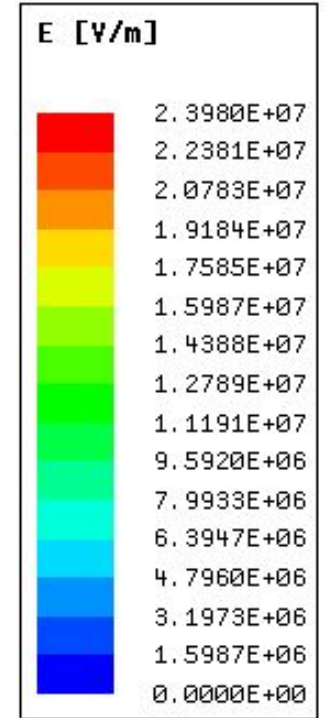
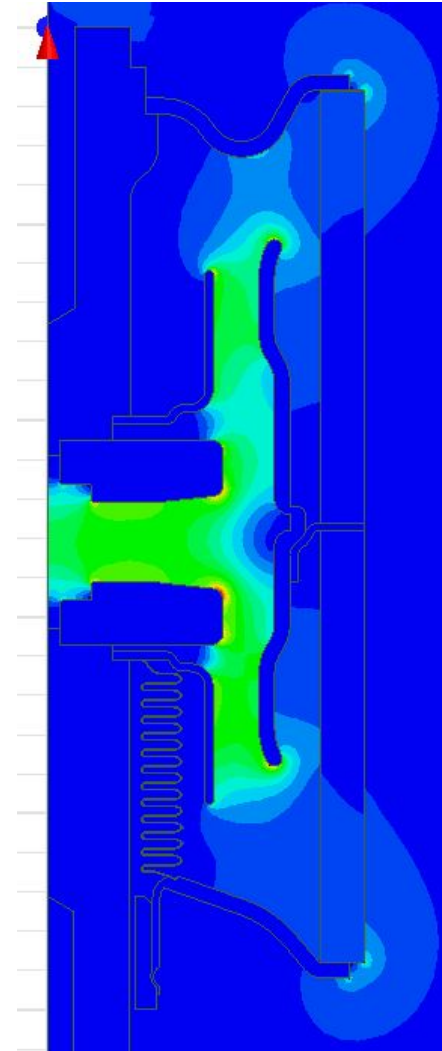
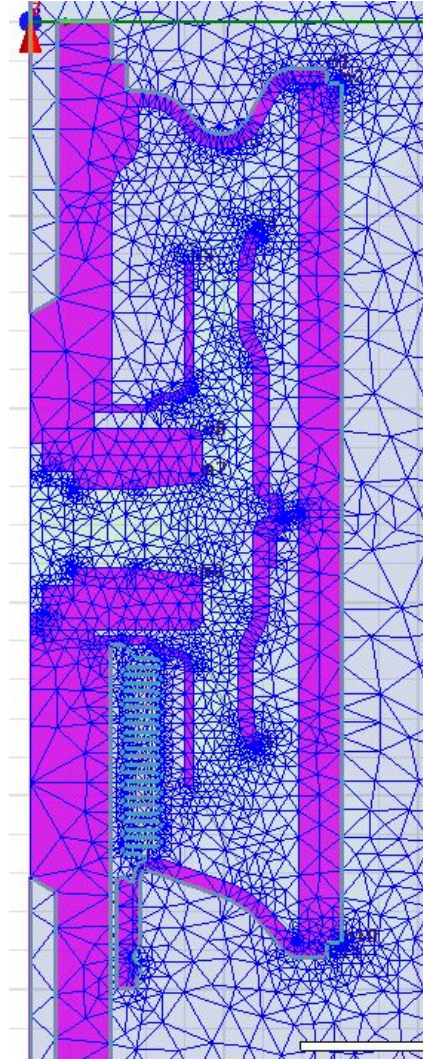
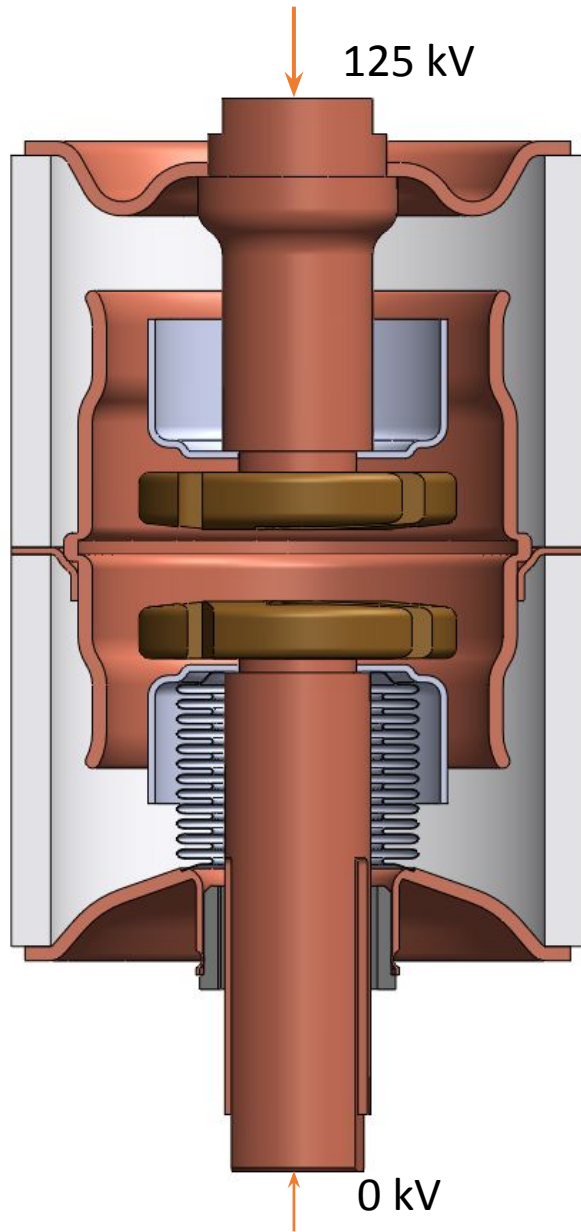
Simcenter STAR-CCM+



Solution Time 2e-06 (s)

Electric Current Density: Magnitude (A/cm²)
0 346 693





Yük Ayırıcı Nedir?

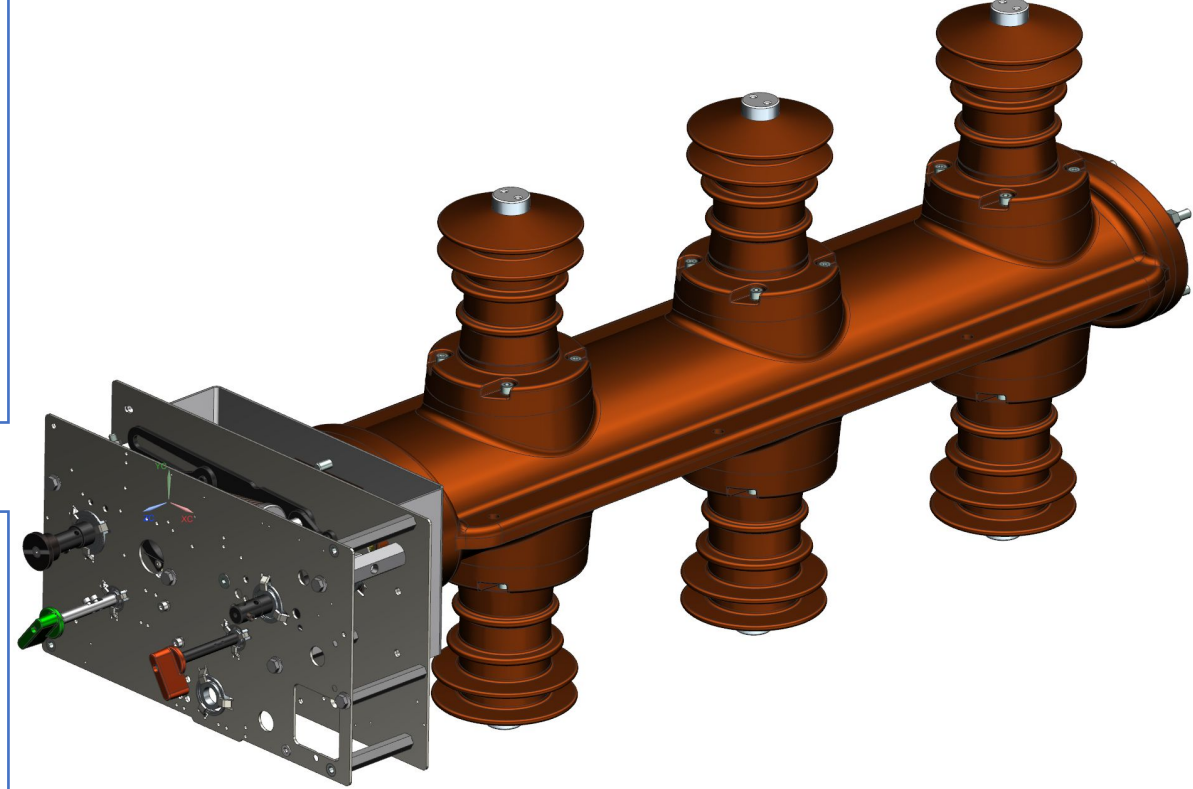
Orta gerilim enerji dağıtım şebekelerinde kullanılan şalt cihazlarından olan yük ayırıcılar, kullanıldıkları sistemin sürekli anma akımını 630A' e kadar taşıyabilen ve anahtarlama (açma /kapama) yapabilen, 25kA' e kadar kısa devre akımı üzerine kapatabilen ve kısa devre akımlarına kısa süreli 1 ile 3s' e kadar dayanabilen anahtarlama cihazlarıdır.

İlgili Standart: IEC 62271-103:2021

(Yüksek gerilim anahtarlama düzeni ve kontrol düzeni - Bölüm 103: 1 kV'un üzerinde ve 52 kV'a kadar (52 kV dâhil) beyan gerilimleri için anahtarlar

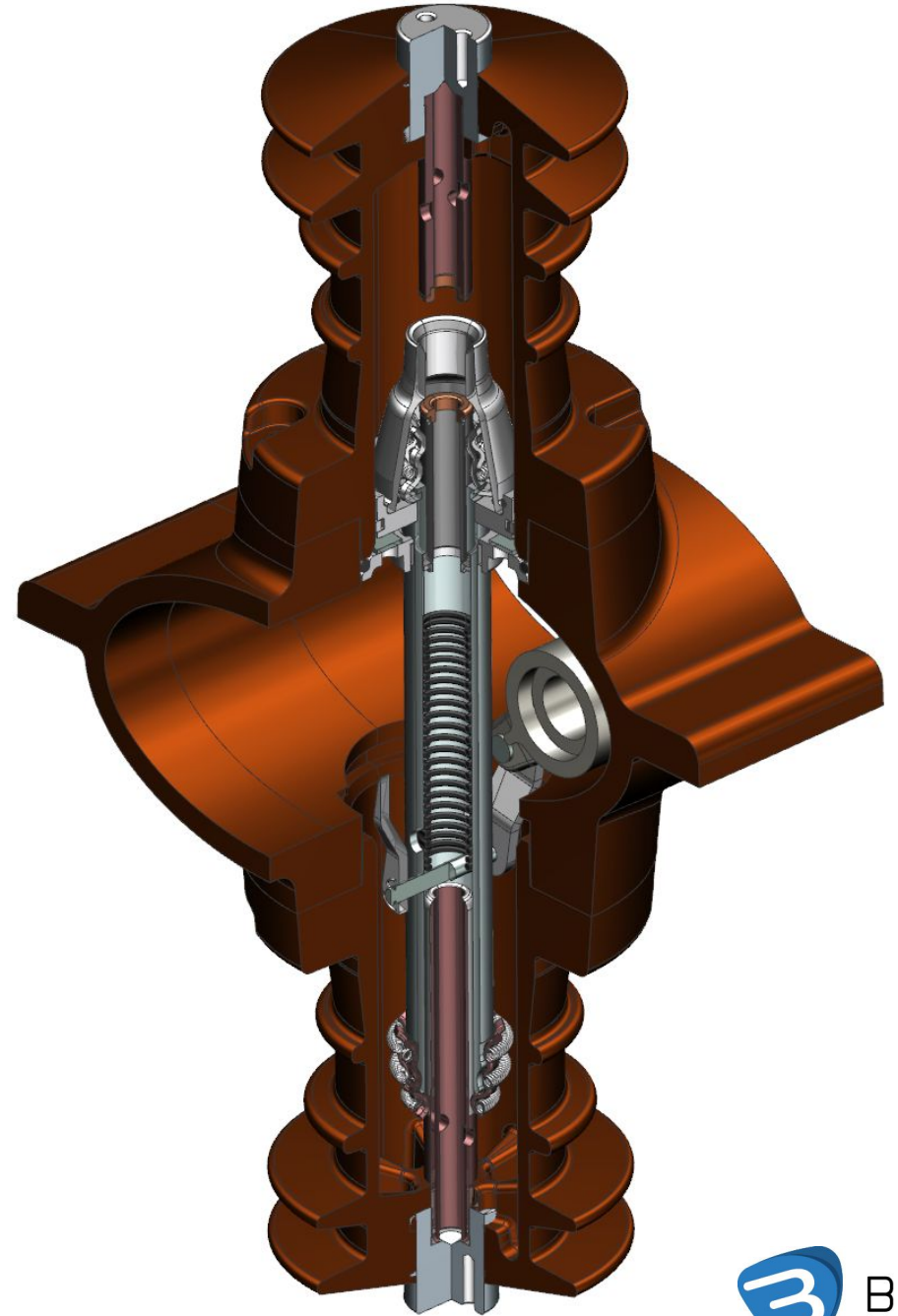
İlgili Tedaş Şartnamesi: Tedaş-myd-95-007.E

(YG hava yalıtımlı metal mahfazalı modüler anahtarlama ve kontrol düzenleri teknik şartnamesi)



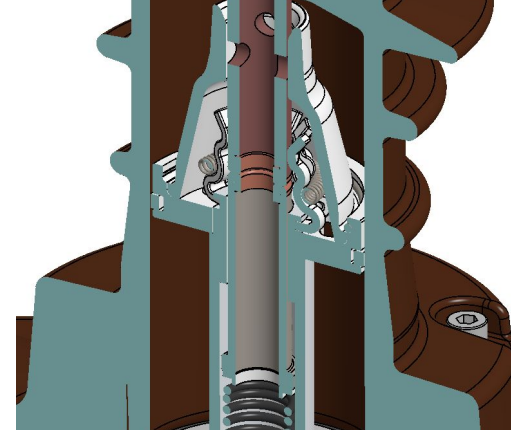
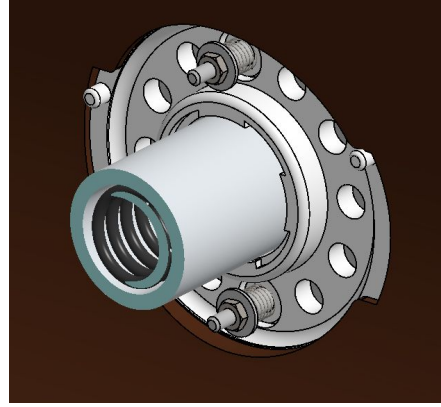
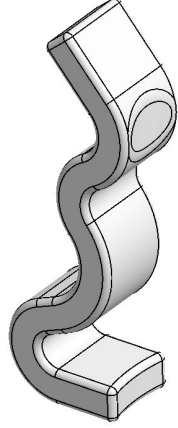
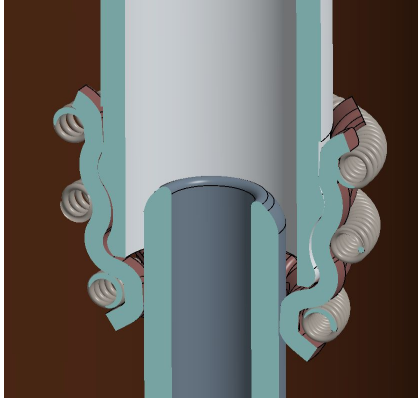
Proje Tanımı

Bu çalışmada ,36kV 630A 16kA SF6 Gazlı yük ayırıcısının IEC 62271-1 standardı madde 7.5'de belirtilen "sürekli akım deneyi"nin simülasyonu STAR-CCM+ simülasyon yazılımı ile gerçekleştirilmiş ve akredite bir test laboratuvarından alınan tip test raporu ile karşılaştırması yapılmıştır.

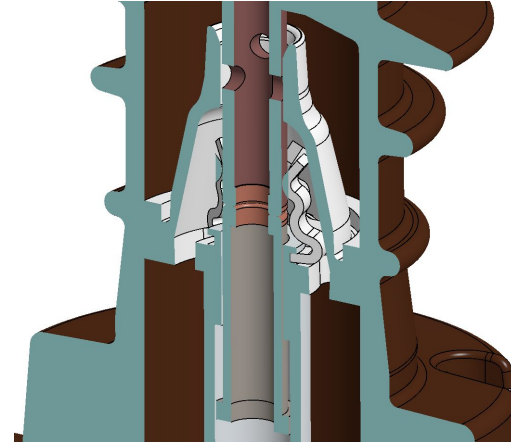
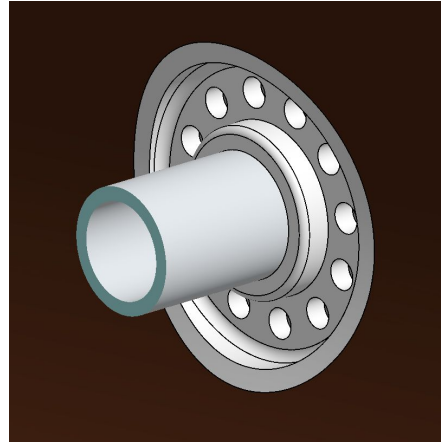
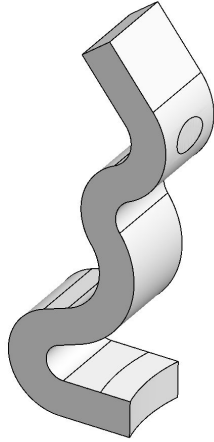
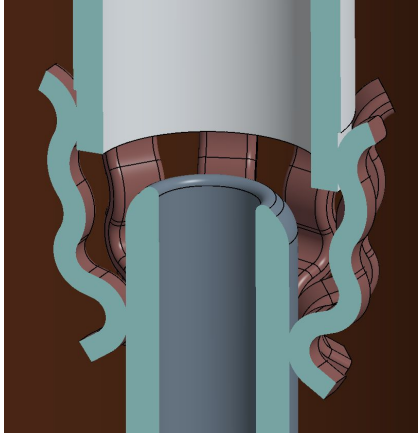


Geometri Düzenleme

Orijinal
CAD

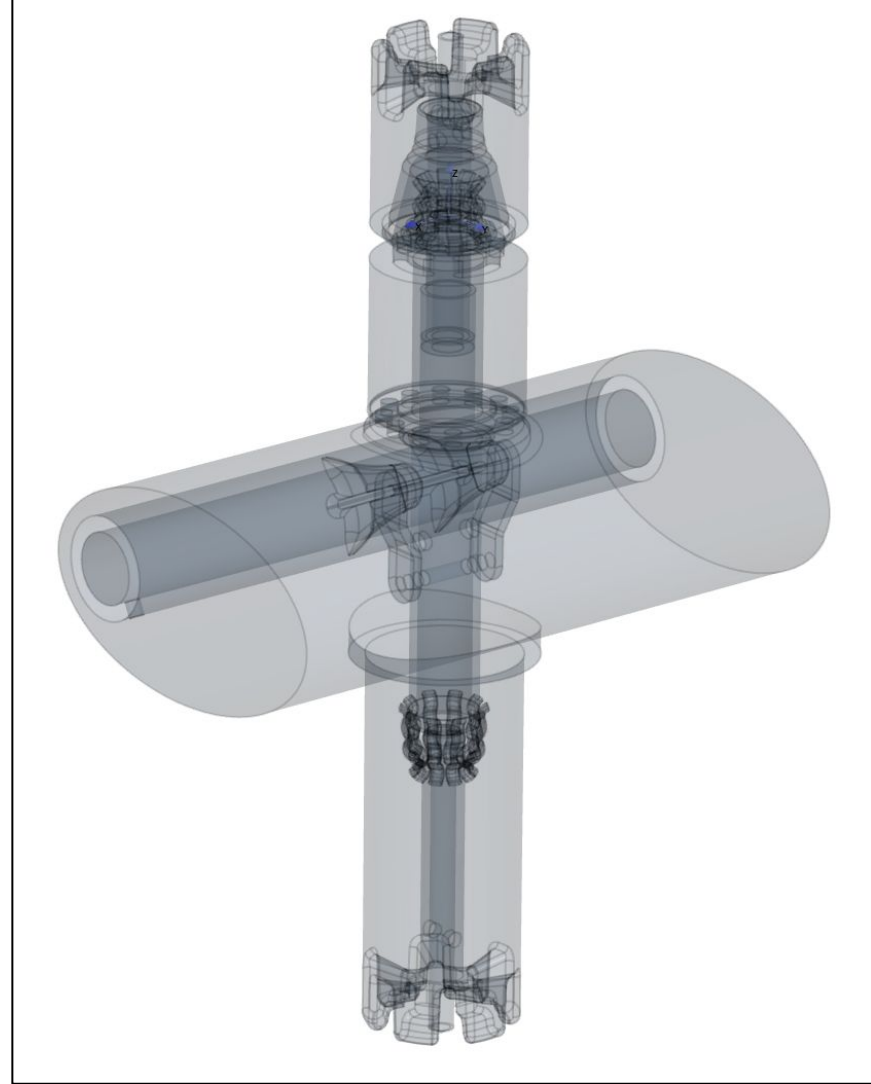
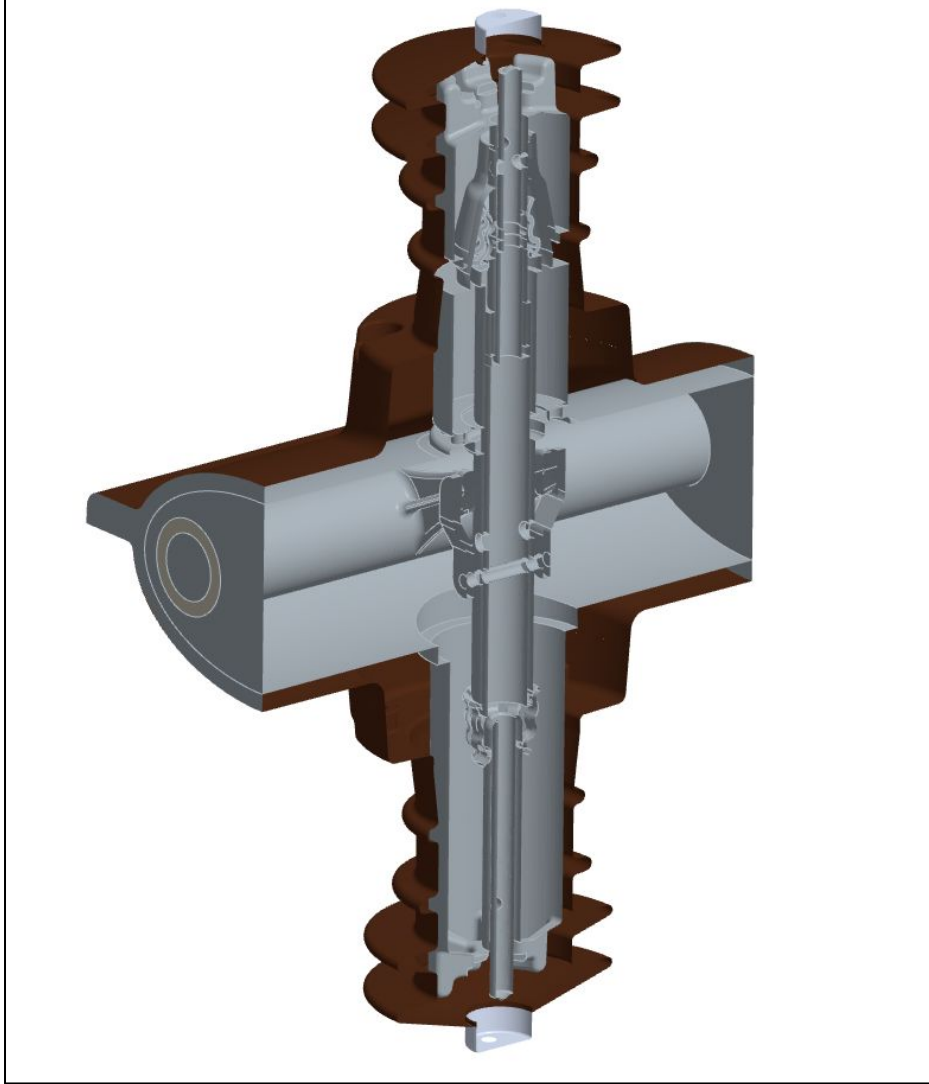


Düzenlenmiş
CAD

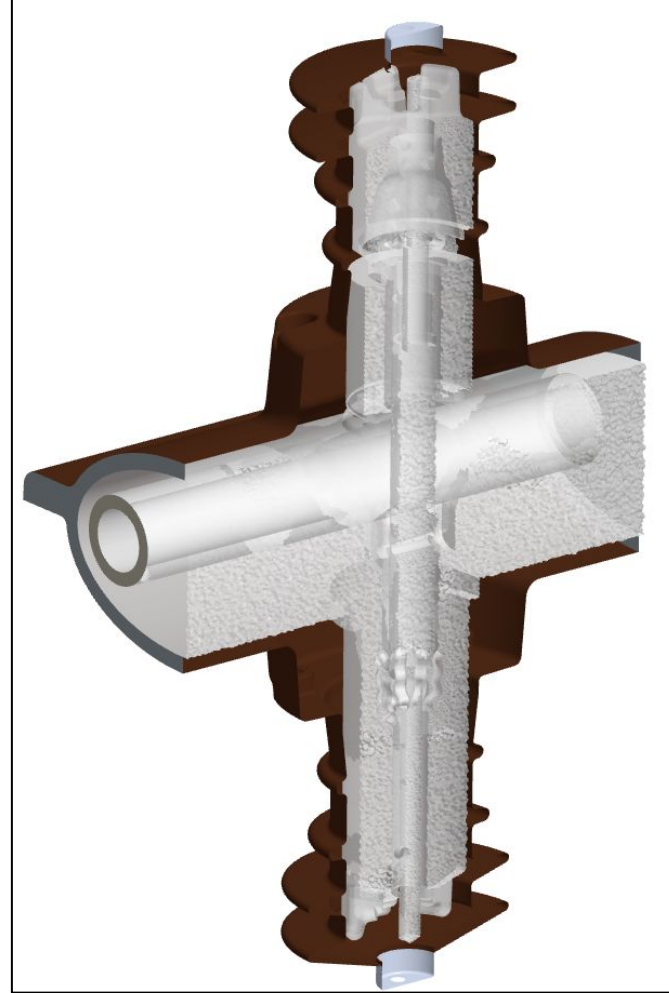
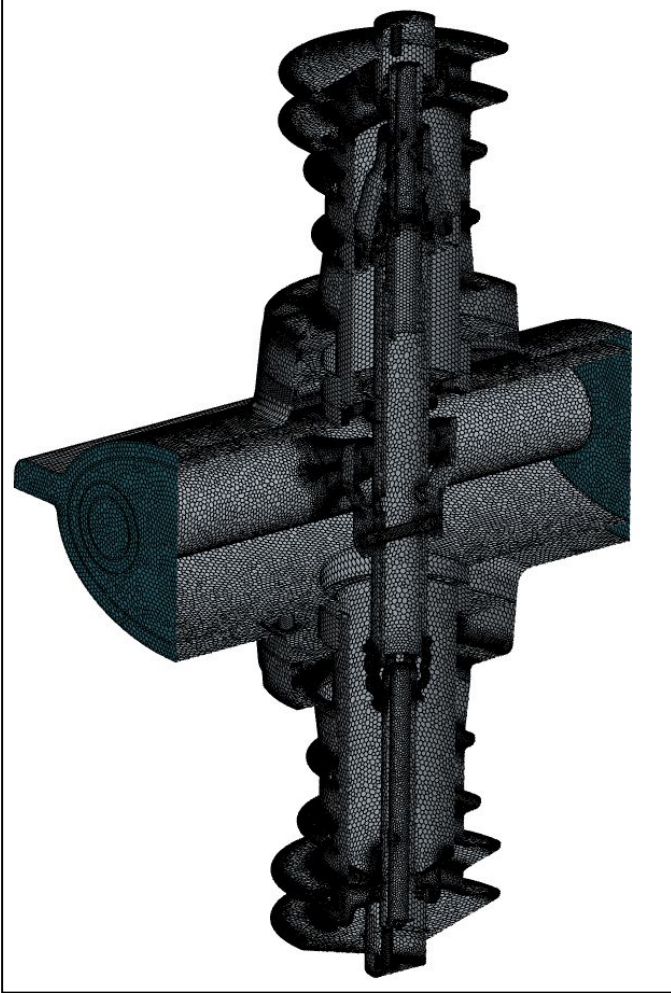


Üretim için hazırlanmış CAD modeli analiz programlarının çalışma algoritmaları açısından çeşitli sıkıntılar çıkartabilmektedir. Bu sıkıntılarının önüne geçmek adına CAD modeli üzerinde analiz için sadeleştirmeler yapılmaktadır. Gereksiz parçaların çıkartılması, gereksiz radyus ve deliklerin silinmesi, bozuk yüzeylerin düzeltilmesi, ince boşlukların silinmesi vb. bir çok düzeltme yapılan işlemler arasındadır.

Akışkan Hacmi Oluşturma



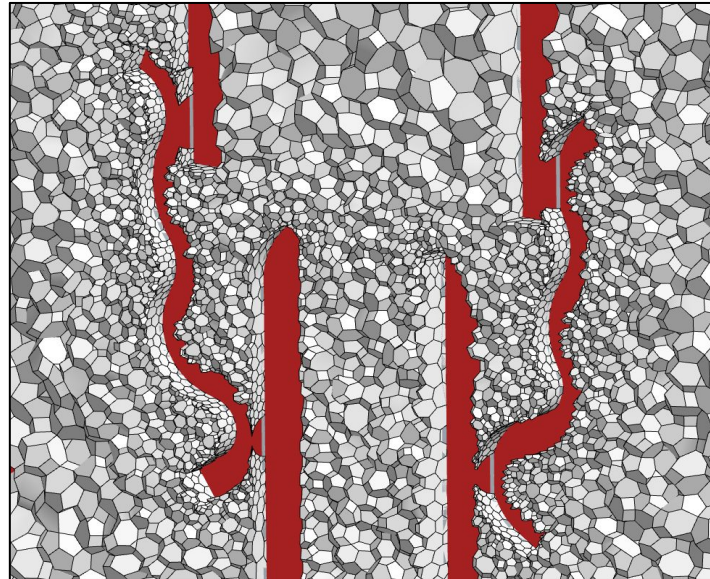
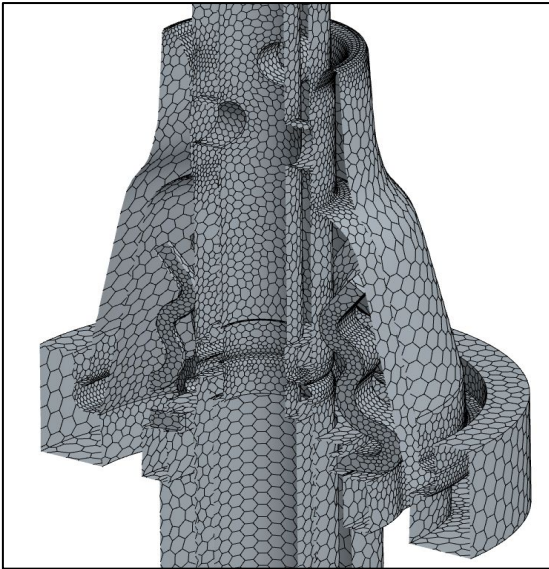
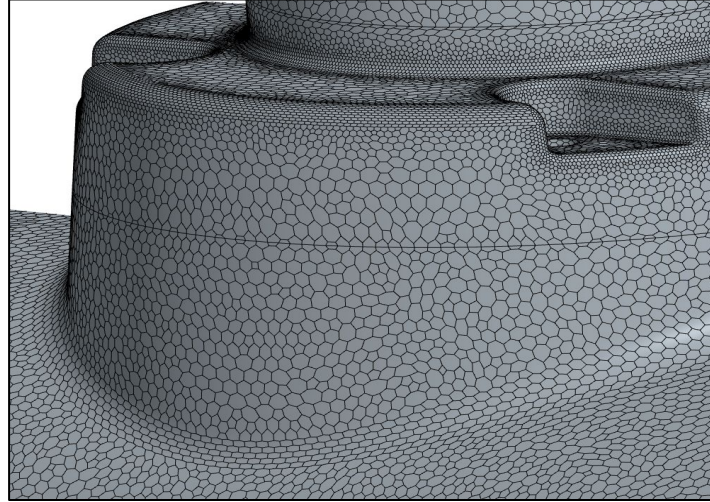
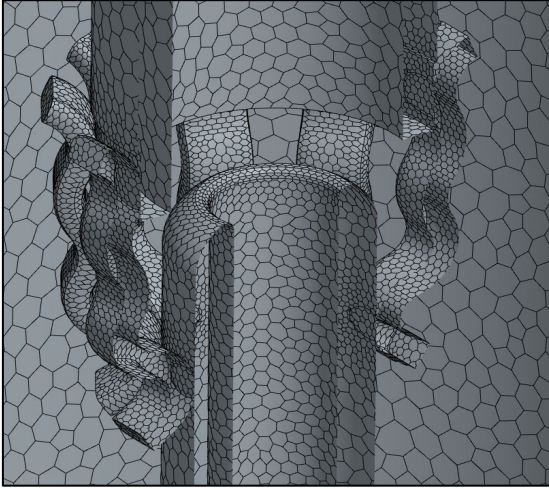
Mesh Yöntemi



Kullanılan Mesh Algoritmaları

- **Surface Remesher:** Hizalanmış meshleme, şablon mesh oluşturan tam otomatik bir işlemdir. Bu şablon daha sonraki mesh aşamaları için kullanılmaktadır. Hizalanmış meshleme, özellikle kaba bir mesh ile meshlendiklerinde, radyus ve delikler gibi çoklu yüzeyler için yüzey mesh temsilini iyileştirir. Diğer avantajlar arasında daha hızlı CAD projeksiyonu ve mesh ağındaki yüzeylerin daha verimli kullanılması yer alır. Düz yüzeyler için, hizalanmış mesher yalnızca üretilen hücreler normal remesher kullanımına göre önemli ölçüde daha yüksek kalitede olduğunda hizalanmış bir mesh üretir.
- **Polyhedral Mesher:** Karmaşık ağ oluşturma problemleri için dengeli bir çözüm sağlar. Oluşturulmaları nispeten kolay ve verimlidir, tetrahedral meshten daha fazla yüzey hazırlığı gerektirmezler. Ayrıca belirli bir başlangıç yüzeyi için tetrahedral meshten yaklaşık beş kat daha az hücre içerirler. Konformal ağ arayüzüne sahip olduğu için birbirine temas eden parçaların olduğu bir mesh sisteminde mesh nodlarının birbirine tutunmasına izin verir.

Mesh Bilgisi



--- Overall Statistics:

-> ENTITY COUNT:

Cells: 1513890

Faces: 9631209

Verts: 8780821

-> MESH VALIDITY:

Mesh is topologically valid and has no negative volume cells.

-> FACE VALIDITY STATISTICS:

Minimum Face Validity: 9.444761e-01

Maximum Face Validity: 1.000000e+00

Face Validity < 0.50	0	0.000%
0.50 <= Face Validity < 0.60	0	0.000%
0.60 <= Face Validity < 0.70	0	0.000%
0.70 <= Face Validity < 0.80	0	0.000%
0.80 <= Face Validity < 0.90	0	0.000%
0.90 <= Face Validity < 0.95	1	0.000%
0.95 <= Face Validity < 1.00	6	0.000%
1.00 <= Face Validity	1513883	100.000%

-> VOLUME CHANGE STATISTICS:

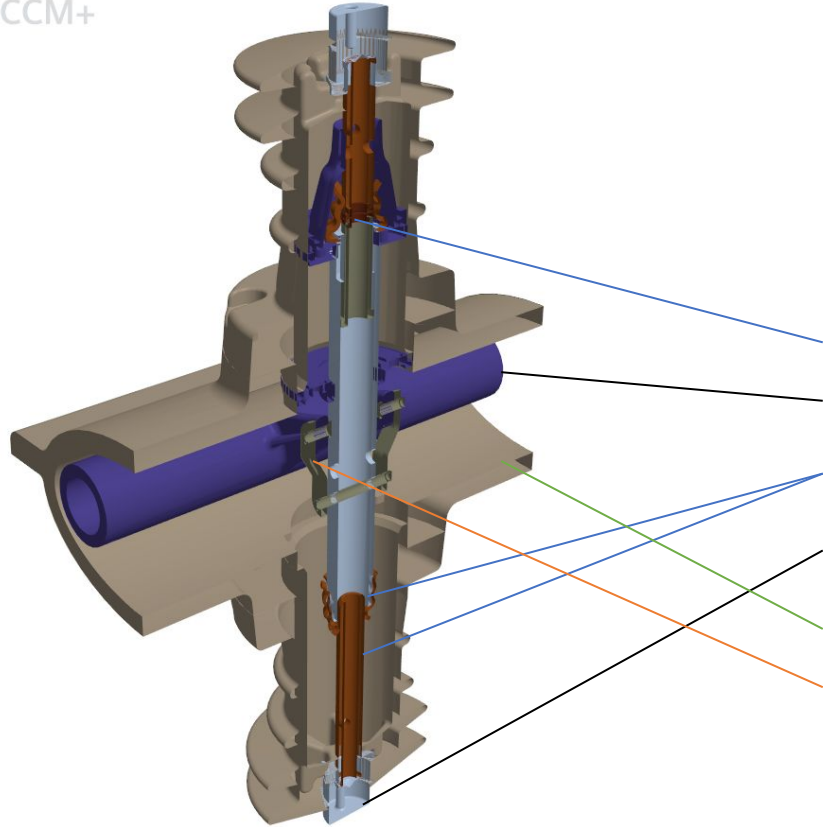
Minimum Volume Change: 9.125373e-03

Maximum Volume Change: 1.000000e+00

Volume Change < 0e+00	0	0.000%
0e+00 <= Volume Change < 1e-06	0	0.000%
1e-06 <= Volume Change < 1e-05	0	0.000%
1e-05 <= Volume Change < 1e-04	0	0.000%
1e-04 <= Volume Change < 1e-03	0	0.000%
1e-03 <= Volume Change < 1e-02	1	0.000%
1e-02 <= Volume Change < 1e-01	115920	7.657%
1e-01 <= Volume Change <= 1e+00	1397969	92.343%

Malzeme Bilgisi

Simcenter STAR-CCM+



Malzeme Adı	Yoğunluk [kg/m ³]	Elektriksel İletkenlik [S/m]	Özgül Isı [j/kgK]	Termal İletkenlik [W/mK]
CuW70	13800	2.44E7	212	231
Polikarbonat	1200	3.78E-10	1200	0.22
Bakır	8940	5.8E7	393.5	387.7
Al-6082	2700	2.63E7	903	180
Epoxy	1800	3.78E-9	1500	0.22
Paslanmaz Çelik	8055	3.78E7	480	15.1

Kullanılan Gaz türü ve özellikleri

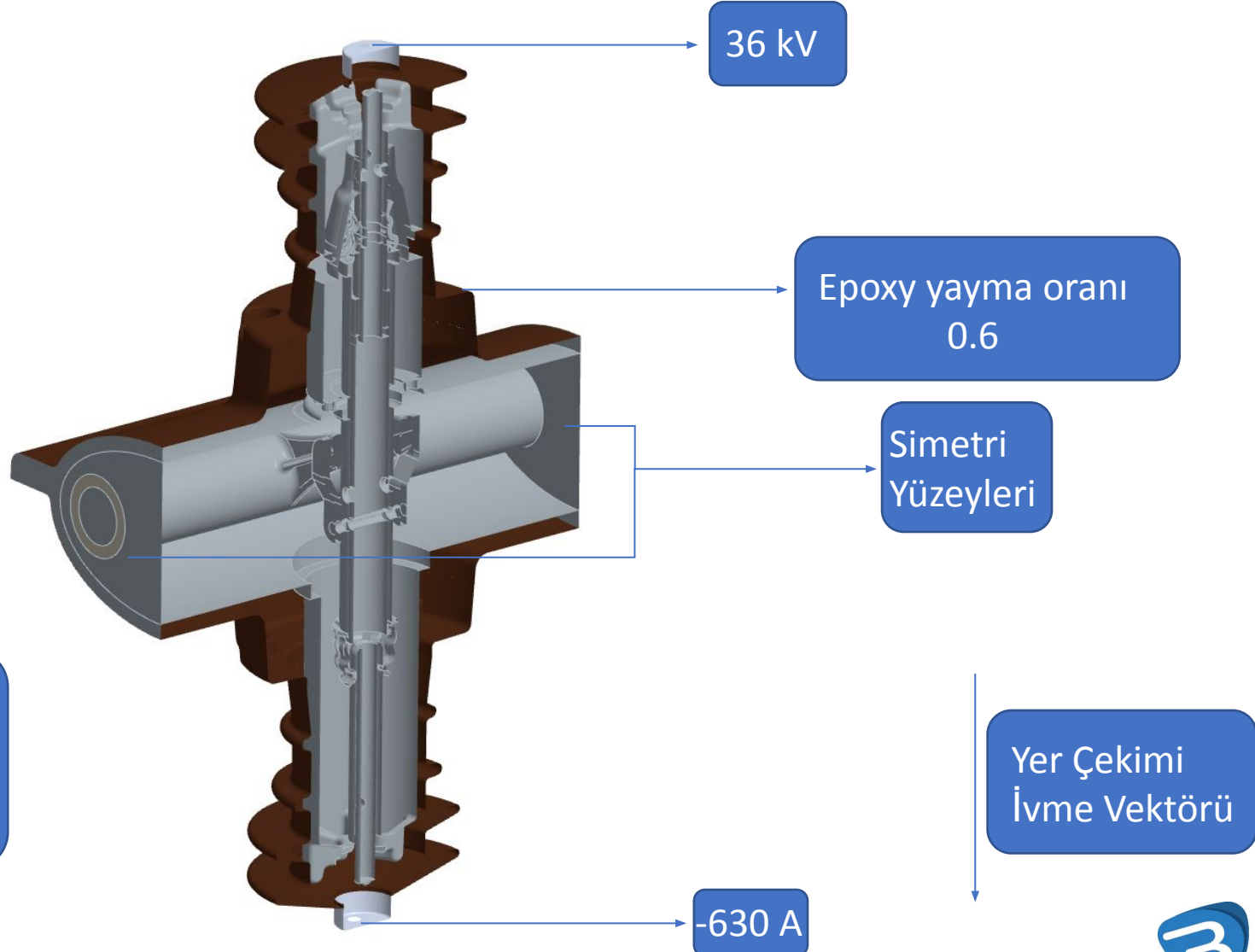
Malzeme Adı	Yoğunluk [kg/m ³]	Özgül Isı [j/kgK]
SF6	6	212

Sıcaklık [C]	Termal İletkenlik [W/mK]	Sıcaklık [C]	Dinamik Viskozite [Pa.s]
0.0	0.01	0.0	1.41E-5
25.0	0.013	25.0	1.53E-5
100.0	0.019	100.0	1.86E-5
200.0	0.025	200.0	2.28E-5
300.0	0.031	300.0	2.66E-5
400.0	0.036	400.0	3.02E-5
500.0	0.041	500.0	3.35E-5

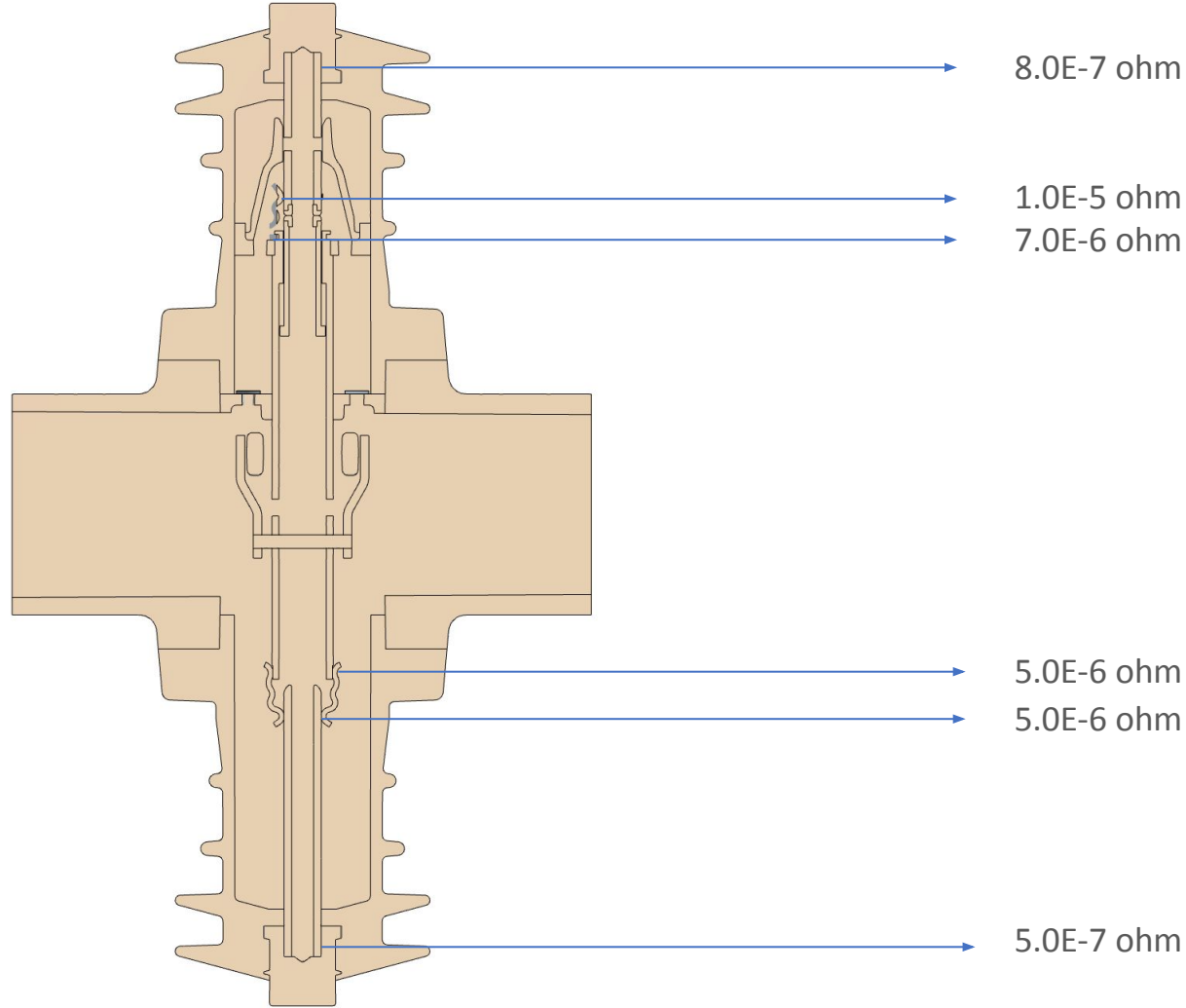
Sınır Koşulları

Ortam Sıcaklığı
35 C

Ortam Isı Transfer
Katsayısı
5 W/m²K

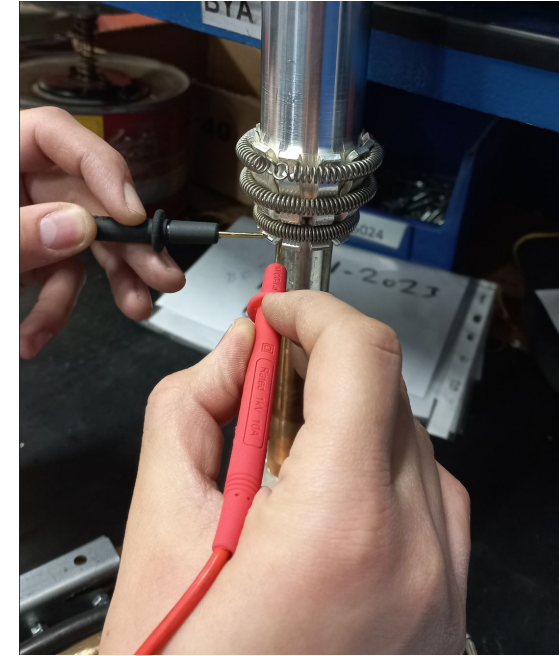


Sınır Koşulları

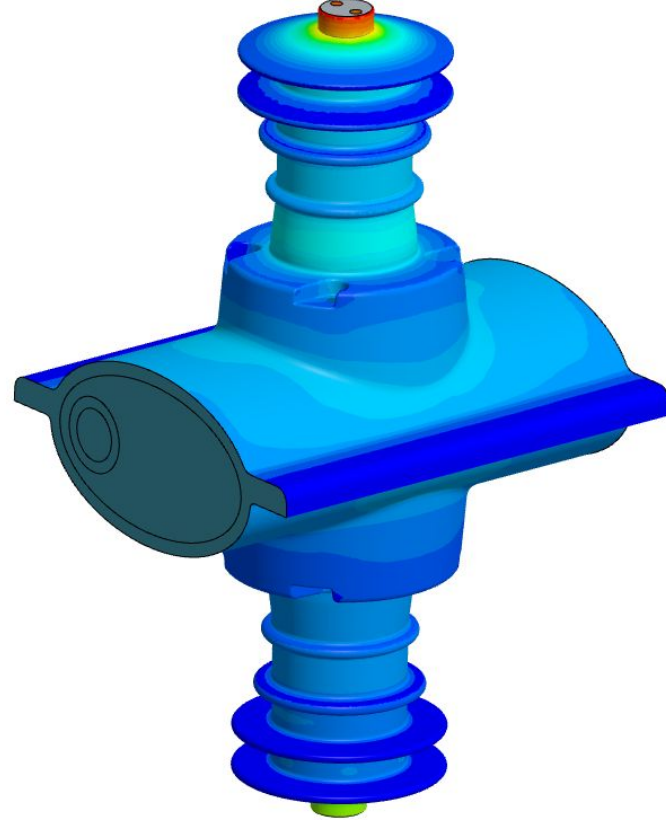


Temas Noktaları Dirençleri

Belirtilen direnç değerleri , her bir temas noktasındaki direnç değerlerinin mevcut ürün üzerinden ölçümü sonucu elde edilerek simülasyona dahil edilmiştir.

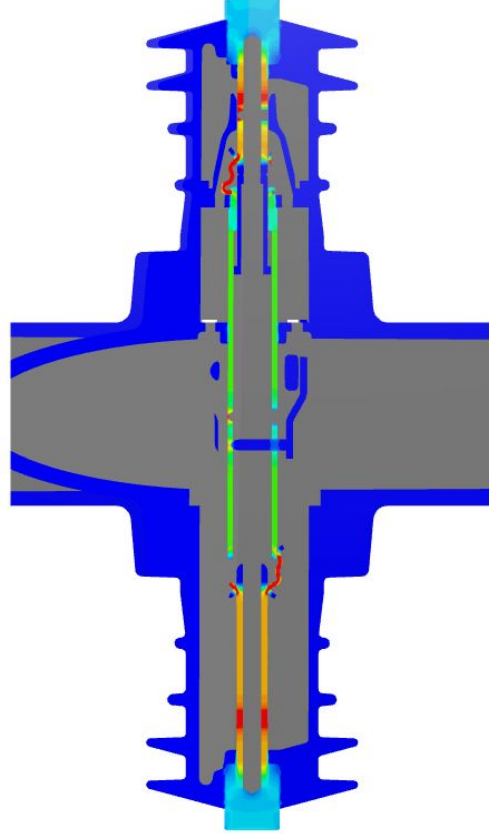


Yüzeyden Işınım ile Gerçekleşen Isı Transferi

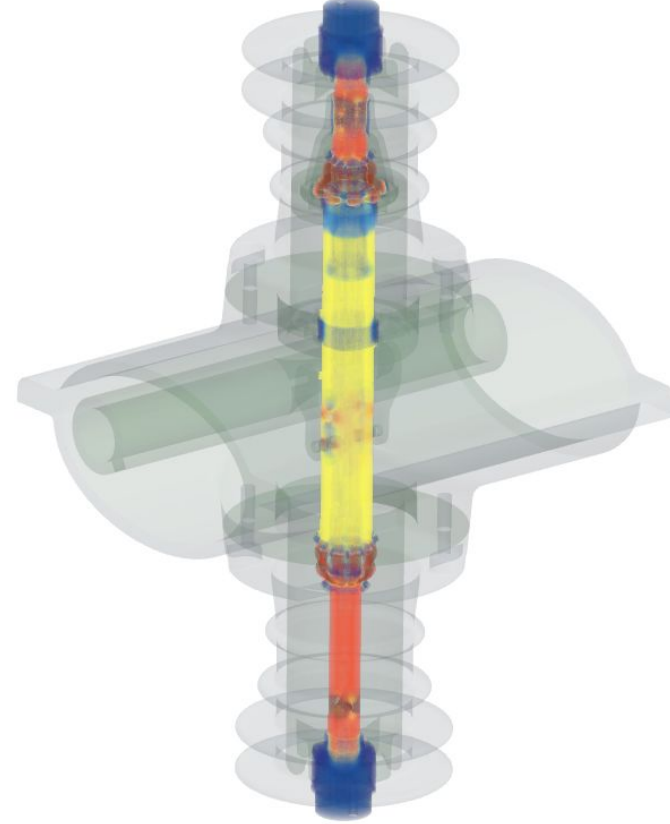


Analiz modelinin dış yüzeyinden ışıınım ile gerçekleşen ısı transferi dağılımı

Elektrik Akım Yoğunluğu



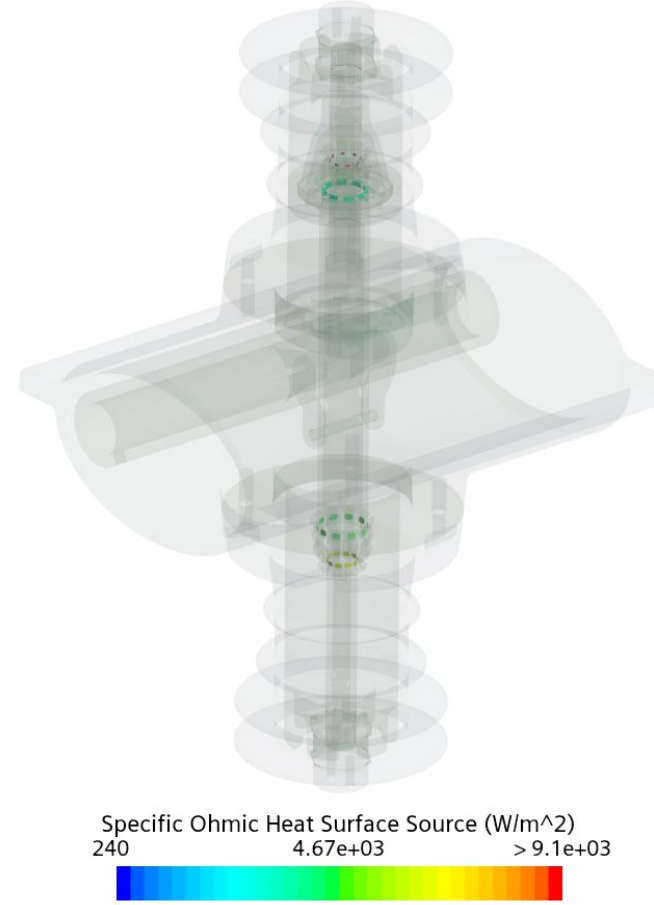
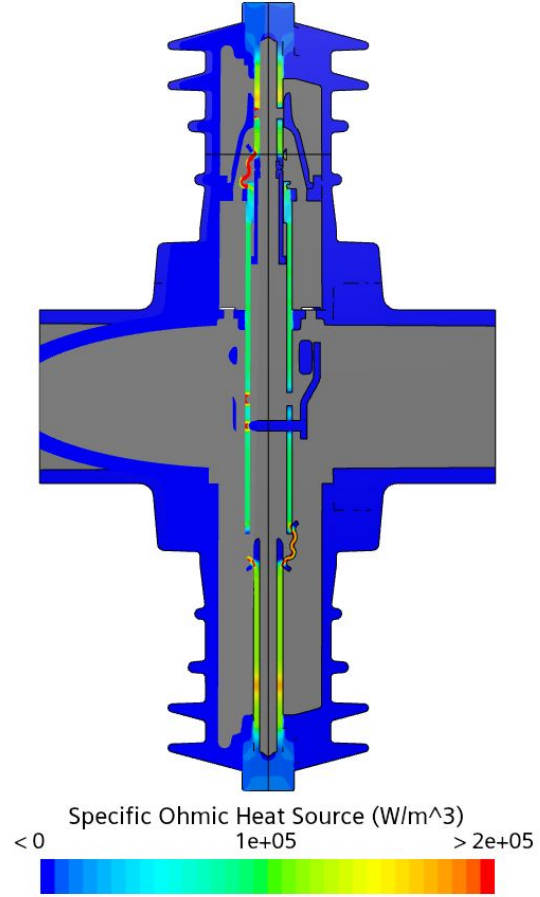
Electric Current Density: Magnitude (A/cm²)
0 150 > 300



Electric Current Density: Magnitude (A/cm²)
1 150 > 300

Analiz modeli üzerindeki elektrik akımının yoğunluğu

Ohmik Isı Transferi



Elektriksel dirence bağlı olarak oluşan ısı dağılımı

Modeling Ohmic Heating

*Simcenter STAR-CCM+ allows you to calculate the heat that is generated by electric currents flowing in resistive materials. You can use the **Ohmic Heating** model in combination with an energy model.*

The ohmic heat source is proportional to the electric current density and the electric field (see [Eqn. \(4252\)](#)).

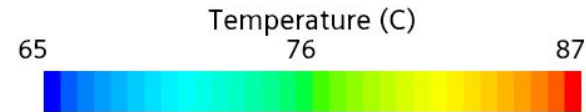
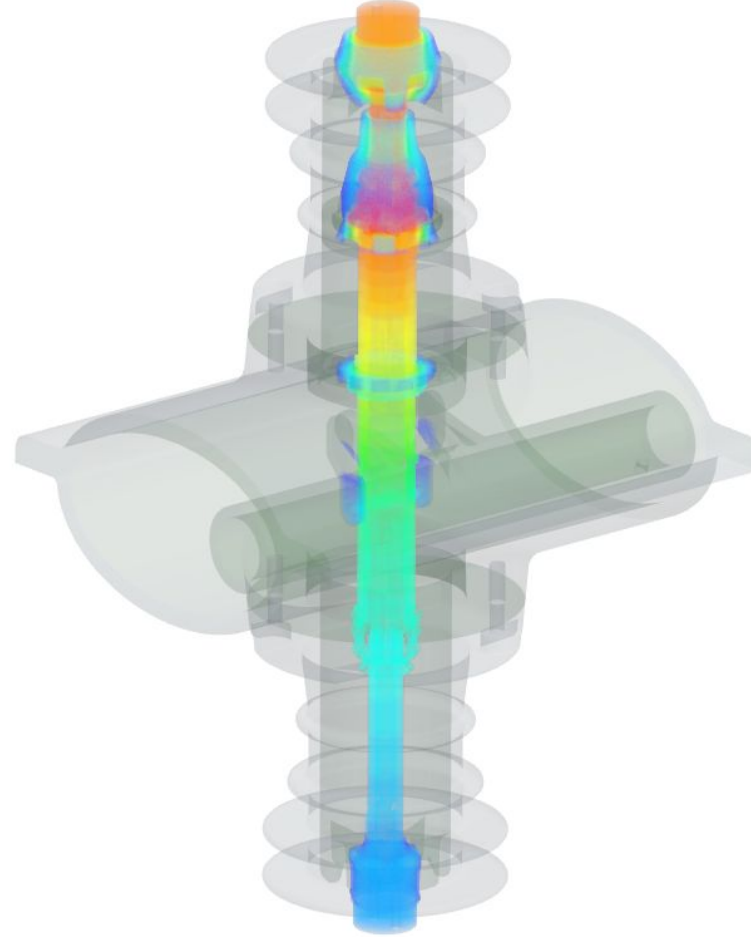
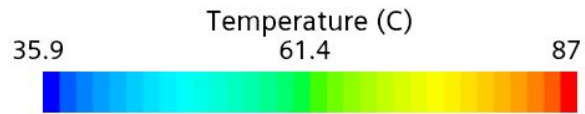
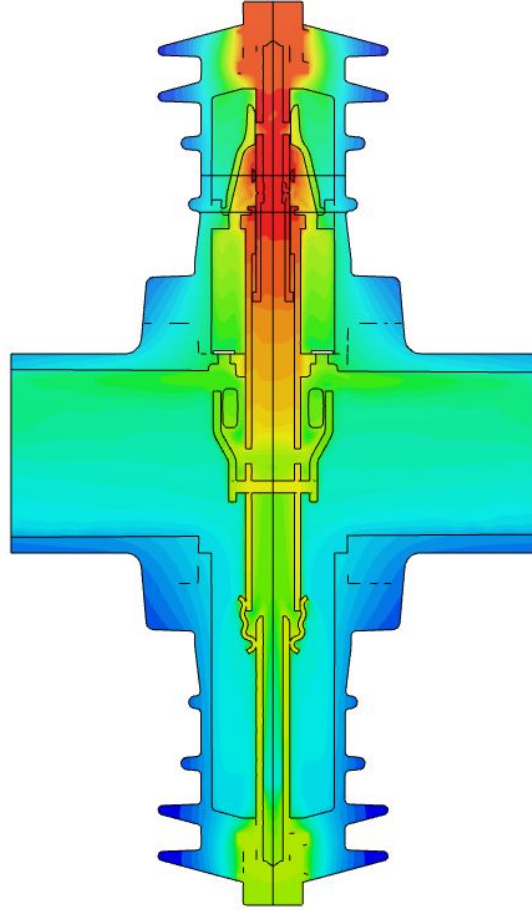
Joule Heating

Electric currents flowing in resistive materials generate heat. Simcenter STAR-CCM+ accounts for this effect by adding a source term to the energy equation.

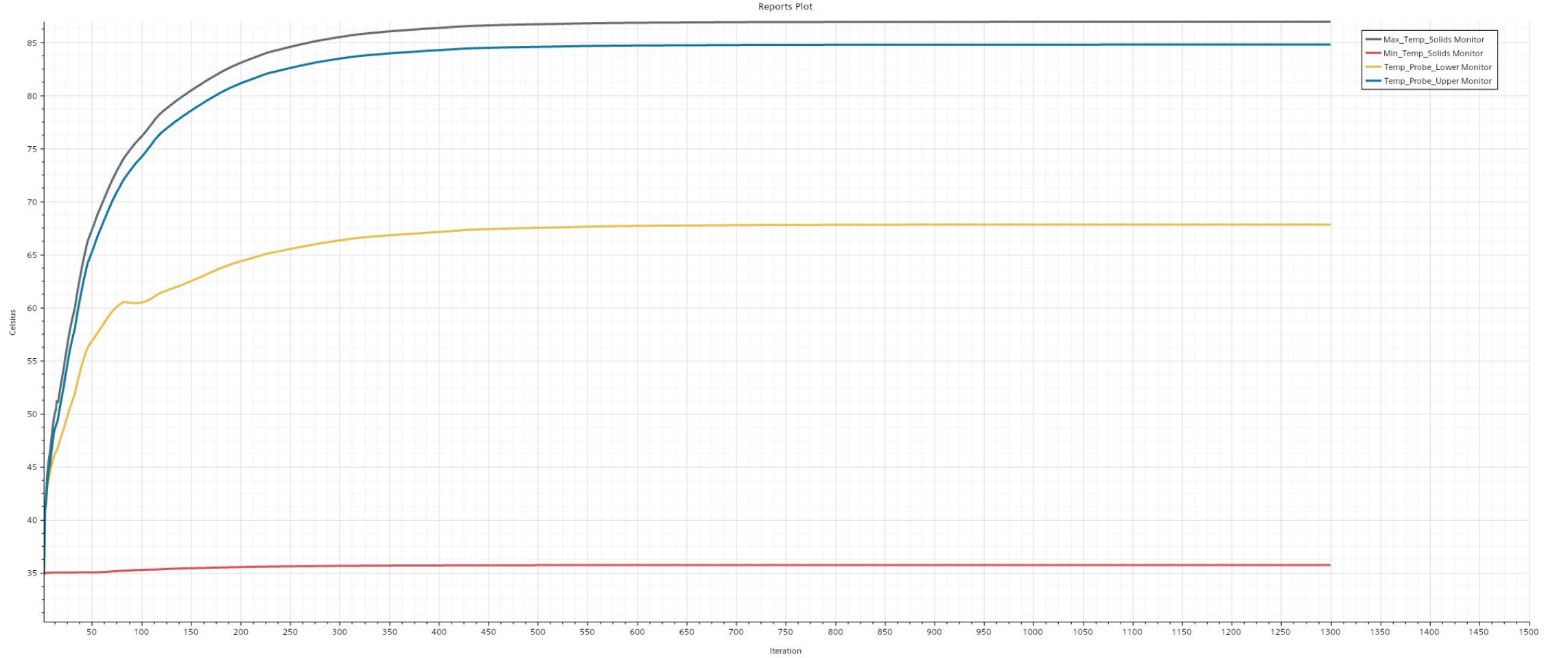
Joule's Law gives the heat source per unit volume due to an electric current density **J**:

$$Q = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \quad (4252)$$

Sıcaklık



Sıcaklık Grafiği



Tip Test Raporu

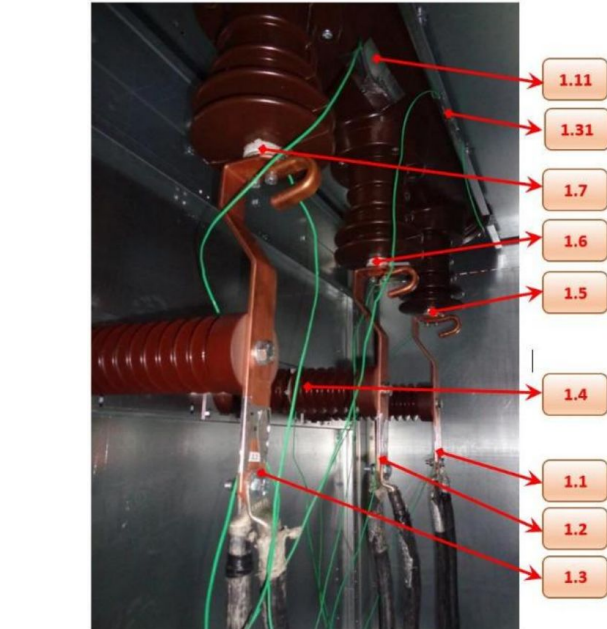
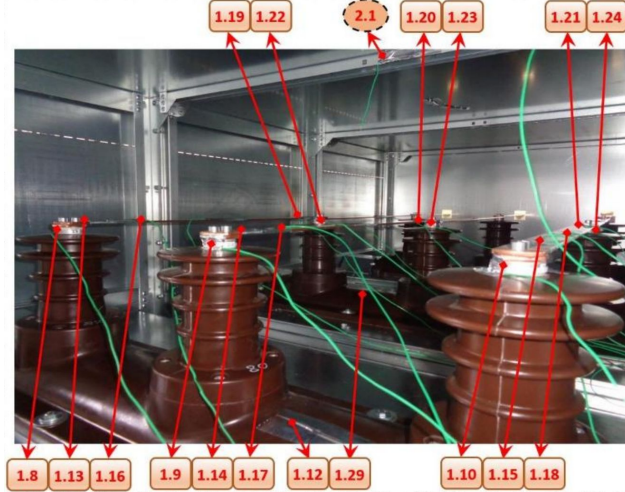


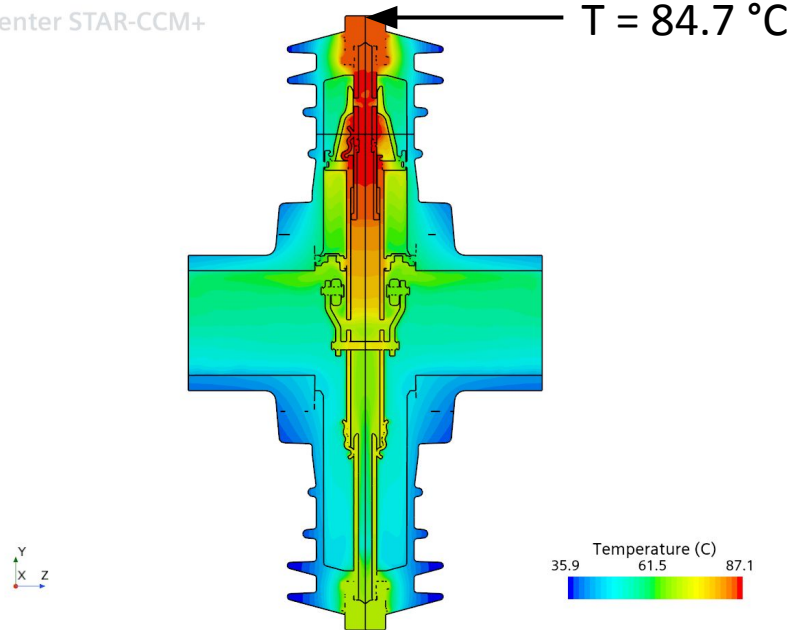
Table – 2: 630 A Temperature Rise Test Measurements Values

Probe	Explanation	Value (°C)	Ambient (°C)	Limit (K)	Increase (°C)
1.1	Cable Connection Terminal L ₁ (SME 01) (Incoming)	65,4	20,8	60 ¹	44,6
1.2	Cable Connection Terminal L ₂ (SME 01) (Incoming)	63,1			42,3
1.3	Cable Connection Terminal L ₃ (SME 01) (Incoming)	61,9			41,1
1.4	Capacitive Insulator Body L ₂ (SME 01) (Incoming)	31,4		50 ²	10,6
1.5	Lower LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	61,9			41,1
1.6	Lower LBS Terminals L ₂ (SME 01) (Incoming)	60,3		75 ³	39,5
1.7	Lower LBS Terminals L ₃ (SME 01) (Incoming)	59,5			38,7
1.8	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Incoming)	75,5			54,7
1.9	Upper LBS Terminals L ₂ (SME 01) (Incoming)	77,5		56,7	
1.10	Upper LBS Terminals L ₃ (SME 01) (Incoming)	74,7		53,9	
1.11	Lower Epoxy LBS Body (SME 01) (Incoming)	41,4		50 ⁴	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 ³	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 ₃ (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)	95,7			74,9
1.18	Bus bar Medium Connection L ₃ (Incoming)	93,8			73,0
1.19	LBS Upper Bus bar Connection L ₁ (SME 01) (Outgoing)	89,2		75 ³	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 ₃ (SME 01) (Outgoing)	87,8			67,0
1.22	Upper LBS Terminals L ₁ (SME 01) (Outgoing)	85,1			64,3
1.23	Upper LBS Terminals L ₂ (SME 01) (Outgoing)	87,4			66,6
1.24	Upper LBS Terminals L ₃ (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 ₃ (SME 01) (Outgoing)	59,2			38,4
1.28	Lower Epoxy LBS Body (SME 01) (Outgoing)	48,2			50 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 ²	12,7
1.31	Inside Ambient (SME 01) (Incoming)	34,5			13,7
1.32	Inside Ambient (SME 01) (Outgoing)	34,5	*	13,7	
2.1	Inside Ambient Bus Compartment	41,1		20,3	

Değerlendirme

“Temperature Rise Test” olarak isimlendirilen Tip testinde 630A elektrik akımı 36kV elektrik potansiyeli, 34.5 °C hücre içi sıcaklığında 2 bar SF6 gaz basıncı bulunan yük ayırıcı uygulanmıştır. Bunun sonucunda üst terminal bölgesinde max. 85,1 - 87,4 - 83,3 °C sıcaklık değerlerine ulaşıldığı Tip test raporunda belirtilmiştir. Bu sıcaklıkların ortalama değeri 85,26 °C olup simülasyon sonucu %99,34 doğruluk oranıyla 84.7 °C olarak gözlemlenmiştir.

Simcenter STAR-CCM+



Tip Testi Sonuçları [°C]	Analiz Sonucu (Tek Faz) [°C]	Ortalama Değer % Fark
L1 (85,1)	84,7	99,34
L2 (87,4)		
L3 (83,3)		



B A T E L
elektromekanik

Teşekkürler