



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEVRE KESİCİLERİNDE KULLANILAN KOMPOZİT BİR
MALZEME OLAN EPOKSİ KUTBUN ÖNEMİ VE PATLAMA
SORUNLARINA KARŞIN KUTBUN SAĞLAMLAŞTIRILMASI
İÇİN ALINACAK TASARIM ÖNLEMLERİ**

UĞUR ÖZTÜRK

**YÜKSEK LİSANSTEZİ
KOMPOZİT MALZEME TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ARİF ÖZKAN**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEVRE KESİCİLERİNDE KULLANILAN KOMPOZİT BİR
MALZEME OLAN EPOKSİ KUTBUN ÖNEMİ VE PATLAMA
SORUNLARINA KARŞIN KUTBUN SAĞLAMLAŞTIRILMASI
İÇİN ALINACAK TASARIM ÖNLEMLERİ**

Uğur Öztürk tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Arif ÖZKAN

Kocaeli Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Arif ÖZKAN

Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nuri ŞEN

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim MUTLU

Kocaeli Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 17/12/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

17 Aralık 2018

Uğur ÖZTÜRK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Arif Özkan'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Hamit SARUHAN ve Sayın Prof. Dr. İlyas UYGUR' a şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

17 Aralık 2018

Uğur ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	IX
SİMGELER.....	XII
KISALTMALAR.....	XIII
ÖZET.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
1.GİRİŞ	1
2. KESİCİLER.....	2
2.1.1. Kesicilerin Görevi, Yapısı Ve Çeşitleri	2
2.1.2. Kesicilerin Önemi	2
2.1.3. Kullanılan Gerilime Göre Kesiciler	3
2.1.4. Kesici Üretim Standartları.....	3
2.1.5. Arkın Söndürüldüğü Ortama Göre Kesici Çeşitleri	3
2.1.5.1. Sf6 Gazlı Kesicilerin Tarihçesi	4
2.1.5.2 Sf6 Gazının Özellikleri	7
2.1.5.3. Sf6 Gazı Depolama Ve Kontrol Etme.....	7
2.1.5.4. Sf6 Gazlı Kesicilerde Bakım Ve Ömür	8
2.1.5.6. Vakumlu Kesiciler	8
2.1.5.7. Basınçlı Hava Üfleli Kesiciler.....	10
2.1.5.8. Tam Yağlı Kesiciler.....	10
2.1.6. Kesicilerin Kapama Açma Düzenegi.....	10
2.1.7. Tekrar Kapama Olayı	11
2.1.8. Kesicileri Taşıma Ve Depolama.....	11
2.1.9. Kesici Siparişi Verilirken Bildirilmesi Gereken Hususlar	11
2.1.10. Sf6 Gazının Yapısı	11
2.2. KESİCİ MEKANİZMALARİ	12
2.2.1. Kesici Mekanizmaların Çeşitleri Ve Özellikleri	12
2.2.1.1 Elle Kurmalı Yaylı Tip Mekanizmalar	12
2.2.1.2. Motorla Kurmalı Yaylı Tip Mekanizmalar	12
2.2.1.3. Basınçlı Havalı Tip Mekanizmalar	13
2.2.1.4. Elektromanyetik Bobinli Tip Mekanizmalar.....	13
2.3. KESİCİLERİN BİRBİRLERİNE ÜSTÜNLÜKLERİ	13
2.3.1. Sf6 Gazlı Kesicileri.....	13
2.3.1.1. Sf6 Gazlı Kesicilerin Avantajları	13
2.3.1.2. Sf6 Gazlı Kesicilerin Dezavantajları.....	14
2.3.2. Vakumlu Kesiciler	14
2.3.2.1. Vakumlu Kesicilerin Avantajları.....	14
2.3.2.2. Vakumlu Kesicilerin Dezavantajları	15
2.3.3. Basınçlı Havalı Kesiciler	15
2.3.3.1. Basınçlı Havalı Kesicilerin Avantajları	15
2.3.3.2. Basınçlı Havalı Kesicilerin Dezavantajları	15
2.3.4. Tam Yağlı Kesiciler	15
2.3.4.1. Tam Yağlı Kesicilerin Avantajları.....	15

2.3.4.2. Tam Yağlı Kesicilerin Dezavantajları.....	15
2.3.5. Az Yağlı Kesiciler.....	16
2.3.5.1. Az Yağlı Kesicilerin Avantajları.....	16
2.3.5.2. Az Yağlı Kesicilerin Dezavantajları.....	16
2.4. KESİCİLERDE ARANAN ÖZELLİKLER.....	16
2.5. MODÜLER HÜCRELER.....	17
2.5.1. Modüler Hücrelerin Görevi.....	21
2.5.2. Açık Tip Sistem ile Metal Muhafazalı Hücrelerin Karşılaştırılması ...	22
2.5.3. Hücre Bölümleri.....	23
2.5.3.1. Anahtarlama Bölümü.....	23
2.5.3.2. Bara Bölümü.....	24
2.5.3.3. İşletme Mekanizması Bölümü.....	25
2.5.3.4. AG Pano Bölümü.....	26
2.5.3.5. Kablo Bağlantı Bölümü.....	27
2.5.4. Yapısal Özellikleri.....	28
2.5.4.1. Genel Özellikler.....	28
2.5.4.2. Koruma Özellikleri.....	28
2.5.4.3. Hücre Gövdelerinin Özellikleri.....	28
2.5.4.4. Topraklama.....	28
2.5.4.5. Hücre İçi Aydınlatma.....	29
2.5.4.6. Uzaktan Yerel Kumanda.....	29
2.5.4.7. Mimik Diyagram.....	29
2.5.4.8. Sökülebilir Ve Sabit Kapaklar.....	29
2.5.4.9. Korozyona Karşı Önlemler.....	30
2.5.4.10. İç Ark Dayanımı.....	30
2.5.5. Kilitleme Fonksiyonları.....	30
2.5.5.1. Mekanik kilitler.....	31
2.5.5.2. Elektrikli kilitler.....	31
2.5.5.3. Elektromekanik Kilitler.....	31
2.5.6. Kullanım Yerleri.....	31
2.6. GİRİŞ HÜCRELERİ.....	32
2.6.1. Görevi.....	32
2.6.2. Çeşitleri.....	32
2.6.3. Yük Ayırıcılı Giriş Hücresi.....	32
2.6.4. Ayırıcılı Giriş Hücresi.....	34
2.7. ÇIKIŞ HÜCRESİ.....	35
2.7.1. Görevi.....	35
2.7.2. Kullanım Yerleri.....	35
2.7.3. Çeşitleri.....	36
2.7.4. Kesicili Çıkış Hücrelerinin Görünüş Ve Tek Hat Şeması.....	36
2.7.5. Modüler Hücrelerde Kullanılan Başlıca Ekipmanlar.....	37
2.7.5.1. Bara Düzenegi.....	37
2.7.5.2. Sf6 Gazlı Ayırıcı.....	37
2.7.5.3. Toprak Ayırıcısı.....	38
2.7.5.4. Ayırıcı-Toprak Kilidi.....	39
2.7.5.5. Yardımcı Röle Ve Kontaklar.....	39
2.7.5.6. Termostat Kontrollü Isıtıcı.....	39
2.7.5.7. Arıza Gösterge Düzeni.....	40
2.7.5.8. Arıza Akım Göstergesi:.....	40
2.7.5.9. Faz Göstergesi.....	40
2.7.5.10. İç Aydınlatma.....	40
2.8. MODÜLER HÜCRELERİN YERİNE MONTAJI.....	40
2.8.1. Doğrudan Zemine Montaj.....	40
2.8.2. Yükseltilmiş Zemine Montaj.....	41

2.8.3. Montaj Zemin Özelliği.....	41
2.8.4. Yerleşim Mesafeleri	42
2.8.5. Montaj Yeri Hazırlama	43
2.8.6. Modüler Hücreyi Nakil Etme Hususları.....	43
2.8.7. Yerine Montaj Yöntemi.....	45
2.8.9. Montajda Dikkat Edilecek Hususlar.....	46
2.8.10. Hücreler Arası Montaj	47
2.8.11. Montaj İşlem Sırası.....	47
2.8.12. Montajda Dikkat Edilecek Hususlar.....	49
2.8.13. Bakım Onarım İşlem Sırası	49
2.8.14. Dikkat Edilecek Hususlar	50
2.9. TEMEL HAMMADDE EPOKSİ	50
2.9.1. Epoksinin Tarihiçesi	50
2.9.2. Epoksi Sistemi	52
2.9.3. Epoksi Reçinelerin Kimyasal Yapısı.....	55
2.9.4. Epoksi Reçine Kullanımı.....	56
2.10. SF6 GAZLI KUTUPLARDA REVİZE İHTİYACI	58
2.11. TASARIM VE İMALAT ÖZELLİKLERİ	66
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	69
3.1 KLASİK MODEL SF6 KUTUP	69
3.1.1 Klasik Model Sf6 Kutup Sonlu Elemanlar Analizi.....	70
3.2. ÜÇ BOYUTLU MODEL TASARIMI	72
3.2.1. Katı Modelleme	72
3.3. SF6 KUTBUNUN MODELLENMESİ	73
3.3.1. Alt Terminal Girişinin Güçlendirilmesi	73
3.3.2. Kutup Gövdesinin Güçlendirilmesi.....	74
3.3.3. Alt Terminal Altının Güçlendirilmesi.....	75
3.3.4. Manivela Kolunun Karşı Yüzünün Güçlendirilmesi.....	76
3.3.5. Üst Terminalin Tekrar Tasarlanması.....	77
3.3.6. Şase Bağlantı Bölgesinin Sağlamlaştırılması.....	79
3.3.7. Yeni Model Kesici Kutbun Analizleri.....	80
3.4. TEST DÜZENEGİ.....	80
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	84
5. KAYNAKLAR.....	86
6. EKLER	88
6.1 EK 1: KESİCİ ÜRETİM STANDARTLARI.....	88
ÖZGEÇMİŞ	1

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Sf6 gazının moleküler yapısı [1].	4
Şekil 2.2. Örnek Sf6 gazlı devre kesici montajlı şekli [3].	6
Şekil 2.3. Sf6 gazlı kutup [10].	6
Şekil 2.4. Sf6 gazının kutup içerisinde yer değiştirme şekli [10].	7
Şekil 2.5. Vakumlu kesicinin kovana, kontak açık ve kapalı şekilleri.	9
Şekil 2.6. Vakumlu kesicinin hücre elemanları [9].	9
Şekil 2.7. Vakumlu devre kesici düzeneği [11].	10
Şekil 2.8. Motorlu kesici mekanizması [12].	13
Şekil 2.9. Çeşitli modüler hücreler.	17
Şekil 2.10. Metal Clad tipi, arabalı tip modüler hücre örneği.	18
Şekil 2.11. Yan yana getirilmiş modüler hücrelerden görünüş.	19
Şekil 2.12. Yan yana birleştirilmiş giriş-ölçü-çıkış modüler hücreleri.	19
Şekil 2.13. Modüler hücrelerin elemanları.	21
Şekil 2.14. Modüler hücreleri bölümleri.	23
Şekil 2.15. Anahtarlama elemanı ve anahtarlama bölümü.	24
Şekil 2.16. Modüler hücrelerin bara bölümleri.	25
Şekil 2.17. İşletme mekanizması bölümü örneği.	26
Şekil 2.18. AG pano bölümü kısımları.	26
Şekil 2.19. Kablo bağlantı bölümü örneği.	27
Şekil 2.20. Saç aksam.	30
Şekil 2.21. Yük ayırıcılı giriş hücresi örneği.	33
Şekil 2.22. Yük ayırıcılı giriş hücresinin önden görünüşü.	33
Şekil 2.23. Yük ayırıcılı giriş hücresi tek hat şeması.	34
Şekil 2.24. Tek hat şemalarında kullanılan semboller.	34
Şekil 2.25. Ayırıcılı giriş hücresinin tek hat şeması.	35
Şekil 2.26. Kesicili çıkış hücrelerinin görünüş ve tek hat şeması.	36
Şekil 2.27. Ayırıcı topraklama mekanizması [18].	39
Şekil 2.28. Hücre yerleşim planı.	41
Şekil 2.29. Hücre yerleşim zemin toleransları.	42
Şekil 2.30. Modüler hücre yerleşim mesafelerinin önden ve yandan görünüşü.	42
Şekil 2.31. Modüler hücre yerleşim mesafeleri üstten görünüşü.	43
Şekil 2.32. Hücre taşıma şekilleri.	44
Şekil 2.33. Hücrenin forklift ile taşınması.	44
Şekil 2.34. Hücre palet cıvatalarının sökülmesi ve kaldırma sacları.	45
Şekil 2.35. Hücre tavan sacı ve kapağının çıkartılması.	45
Şekil 2.36. Hücre taban sacının çıkartılma şekli ve sabitleme cıvataları.	46
Şekil 2.37. Hücrenin bağlantı elemanları ile yere sabitleme şekli.	46
Şekil 2.38. Hücrelerin yan sac kapamaları ve birbirine montaj delikleri.	47
Şekil 2.39. Hücrelerin birbirine montaj deliklerinin gösterimi.	48
Şekil 2.40. Hücrelerin arası bağlantı barasının gösterimi.	48

Şekil 2.41. Hücre üst sac kapağının takılması.	49
Şekil 2.42. Epoksi reçinenin moleküler yapısı.	56
Şekil 2.43. Otomatik baskı işlemi.	57
Şekil 2.44. a) Normal durum b) Kısa devre anı c) Trafo patlama anı [13].	60
Şekil 2.45. a) Normal durum b) Patlama c) Yaralanma d) Son durum [14].	62
Şekil 2.46. a) Normal durum b) Manüel çalıştırma c) Patlama anı	63
Şekil 2.47. Dişi erkek kalıp ve maça örneği [7].	66
Şekil 2.48. Plastik enjeksiyon makinesi [8].	67
Şekil 2.49. Enjeksiyon kalıbı iki boyutlu örnek modeli [8].	68
Şekil 2.50. Enjeksiyon kalıbı üç boyutlu örnek modeli [8].	68
Şekil 3.1. Klasik Sf6 kutup.	70
Şekil 3.2. İç basınç analizi esnasında ki güvenlik faktörü.	71
Şekil 3.3. Klasik kutubun iç basınç esnasındaki maksimum deformasyonu.	72
Şekil 3.4. Solid Works modelleme ekranı.	73
Şekil 3.5. Alt terminalin güçlendirilmesi.	74
Şekil 3.6. Gövde güçlendirilmesi.	75
Şekil 3.7. Kutup alt gövde güçlendiricileri.	76
Şekil 3.8. Kutup manivela kolunun karşı yüzü.	76
Şekil 3.9. Klasik tip kutbun üst terminali.	77
Şekil 3.10. Kutbun üst terminali.	78
Şekil 3.11. Kutbun üst terminalin baralı kullanımının gösterilmesi.	79
Şekil 3.12. Şase bağlantı noktasında yapılan çap artırma çalışması.	79
Şekil 3.13. Yeni model devre kesici kutbun güvenlik faktörü analiz değerleri.	80
Şekil 3.14. Sıcaklık testi korunaklı düzenek görseli.	81
Şekil 3.15. Örnek boya fırını.	82
Şekil 3.16. Kutbun yeni modeli.	82
Şekil 3.17. Kutup test düzeneği.	83

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Sf6 gazının fiziksel özelliklerinin tablosu.	5
Tablo 2.2. Modüler hücreler ile açık sistemin karşılaştırılması.....	22
Tablo 2.3. Yönlendirilmiş bazı sıvı reçineler.	53
Tablo 2.4. Yönlendirilmiş bazı katı reçineler.	54
Tablo 2.5. Çok kullanılan üç ayrı reçinenin karakteristikleri.	54
Tablo 2.6. Bazı katkı maddeleri ve karakteristik özellikleri.....	55



SİMGELER

G	İletkenlik
Ω	Ohm
σ	Öz İletkenlik



KISALTMALAR

AG	Alçak Gerilim (Low Voltage)
EN	European Norm
IEC	International Electrotechnical Commission
OG	Orta Gerilim (Middle Voltage)
P	Güç (elektrik akımı için)
Sf6	Sulphur Hexafluoride (Kükürt Heksaflorür)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TS	Türk Standartı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YG	Yüksek Gerilim (High Voltage)
2D	2 Dimensional (2 Boyutlu)
3D	3 Dimensional (3 Boyutlu)



ÖZET

ORTA GERİLİM HÜCRELERDE KULLANILAN KOMPOZİT MALZEMENİN (EPOKSİ) ÖNEMİ VE ÇATLAMA SORUNLARINA KARŞIN EPOKSİ KALIBININ SAĞLAMLAŞTIRILMASI İÇİN ALINACAK KALIP TASARIMI ÖNLEMLERİ

Uğur ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Arif ÖZKAN

Aralık 2018, 88 sayfa

Günümüzde evlerimizde ve iş yerlerimize elektrik dağıtımında kullanılan, çevrelerimize yakın yerlerde bulunan elektrik trafoları yer almaktadır. Bu trafoların içerisinde orta gerilim hücreleri yer almaktadır. Orta gerilim hücrelerinin içerisinde ise büyük kolaylık ve hayati önem taşıyan kompozit bir malzeme bulunur. Bu kompozit malzeme epoksidir. Epoksi kolay tutuşmama özelliği, sağlamlığı, elektrik yalıtkanlığı, reçinesinin bir plastik gibi kolay şekil alması ve istediğimiz kalıplara kolaylıkla dökülmesi özellikleri ile hücrelerin içerisinde tercih edilir. Epoksiden kalıplar halinde üretilen bu ürüne hücre içerisinde kutup adı verilir. Kutuplar içerisinde Sf6 adı verilen bir gaz basılarak kullanılır. Bu gaz epoksi kutubun içinden dışarıya sızdırmaması gerekir çünkü bu gaz arkı söndürme, ark oluşturmama görevini üstlenir. Ark oluşumu ise kutupların patlamasına ve etrafındaki insanların ise hayatını kaybetmesine kadar giden ve büyük iş gücü kayıplarına neden olan istenmeyen bir durumdur. Epoksi kutupların incelenmesi test edilmesi ve tasarımının güncellenmesi çalışması yapılmalıdır. Kalıp tasarımında ince kalan, az reçine dolan zayıf noktaların tespit edilip dayanıksız bölgelerin sebeplerinin araştırılması yapılmalıdır. Epoksi kutbun kalıbında gereken revizyonlar yapıp daha sağlam, güvenlik ve emniyeti daha yüksek bir ürün tasarımı yapılmalıdır. Araştırmamızda epoksi kutbun tasarım aşamasında gereken revizyonları en ince ayrıntısına kadar incelenip tasarımı kusursuz yapılarak sağlam bir ürün yapısına kavuşturma çalışmaları yapılacaktır. Gereken hesaplamalar ve testler yapıldıktan sonra epoksi kutup çok daha sağlam ve kullanışlı bir tasarıma kavuşacaktır. Bu sayede iş gücü kaybı azaltılacaktır ve çalışma esnasındaki kesici patlamaları, kullanım esnasındaki insan ölümleri ve trafo yangınları en aza indirilecektir.

Anahtar sözcükler: Hücre kutup, Kutup patlamalarının önlenmesi, Kesici kutup, Orta gerilim kutup.

ABSTRACT

MEDIUM VOLTAGE COMPOSITE MATERIAL USED IN CELL (EPOXY) IMPORTANCE AND CRACKING AGAINST THE POSSIBILITY FOR THE CONSOLIDATION OF THE EPOXY MOLD MOLD DESIGN PRECAUTIONS TO BE TAKEN

Uğur ÖZTÜRK

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electrical Education

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Arif ÖZKAN

December 2018, 88 pages

Today, our homes and our work places used in the distribution of electricity to our environment, located near electrical transformers are located. This medium voltage transformer is located in our cells. Medium voltage in the cells is of vital importance which we have greater convenience, and a composite material. This composite material, our epoxy. Property epoxy flammability, stability, electrical insulation, such as plastic resin, you can easily and easily get into shape within loss cells with the patterns we want is the first choice. Epoxy molds these products are produced within the cell is called the pole. By injecting a special gas called SF₆ is used in the Poles. The epoxy must retain this gas, because this gas to create the Arc of the Arc extinguishing capability. The explosion of the Poles, the Arc formation is an unwanted situation and the people around him to lose his life. The analysis and design of poles, the epoxy needs to be changed. Remaining subtle in design, mold, weak points are identified and the principal causes of failure less resin Dalton should be investigated. The pattern of the revisions made for the strengthening required for the pole and epoxy should be provided. In our research, epoxy scrutinized to the last detail during the design phase of the pole design to make perfect unbreakable made necessary revisions will be conducted. After making the necessary calculations and tests, the epoxy we will have a design that has much more power pole breakage. Thus, the power loss during transformer fires and human deaths to cracking chipping during installation and use shall be minimized.

Keywords: Breaker pole, Polar cell, pole separator, Pole prevention of cracking.

1.GİRİŞ

Şehirlerdeki nüfus yoğunluğunun artması yerleşim ve endüstri alanlarının genişlemesi paralelinde enerji ihtiyacı da sürekli artmaktadır. Teknolojik gelişmelerinde artması ve teknolojinin günlük hayata daha çok yansması sonucunda ise enerji ihtiyacı da oldukça artmıştır. Hızla artan enerji tüketiminin büyük bölümü ise elektrik enerjisine aittir. Nüfus yoğunluğu artan büyük şehirlerde elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için yüksek gerilim hatlarının artması ve bu hatların şehirlerin içinde kalması sonucunu doğurmuştur. Artan elektrik enerjisini karşılamak için kurulması gereken alanlar azalmaya ve bulunamamaya başlamıştır. Şehir merkezlerinde kalan alanların maddi değerleri çok yüksek olması, yeteri kadar alan bulunamaması, iklim şartları ve hava kalitesi gibi faktörler insanları yeni araştırmalar yapmaya zorlamıştır. Kullanımda olan sistemlerden daha küçük sistemler kurma ihtiyacı doğurmuştur. Bulunan yeni sistemler küçük alana kurulabilmenin yanı sıra daha güvenli ve daha ekonomik olmaktadır. Bu tarz bir sisteme örnek ise sf₆ gaz izoleli kesici sistemidir. Bu tezde sf₆ gaz izoleli sistemlerin teknik ve ekonomik açıdan incelenmesi ele alınmış, yüksek gerilimlerde kullanılan epoksiden izolasyon ekipmanları üzerinde durulmuştur. İncelenen Sf₆ gazı izolasyon, ısı özelliği ve ark söndürme niteliği birleştirildiğinde elektriksel performans yönünden ideal bir gaz olarak kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca SF₆ gazının kimyasal açıdan zehirli ve yanıcı olmadığı da bilinmektedir. Bu çalışmada Sf₆ gaz izoleli güç kesicilerin avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Bir Sf₆ kesicinin kutup gövdesi patlamaların olasılığını düşürmek amaçlı yeniden tasarlanmıştır. Böylece insan ölümleri ve yüksek işçilik maliyetlerinin önüne geçmek amaçlanmıştır.

Çalışma sonunda büyük iş gücü kayıplarının önlenmesi amaçlanmıştır. Yeniden tasarlanan kutup güvenli bir test düzeneği oluşturularak test düzeneğinin içinin sıcaklığı 90 °C' getirilerek 3 saat bekletilmek suretiyle test edilecektir. Testler sonlu elemanlar metodu ile analiz programları kullanılarak da desteklenecektir.

2. KESİCİLER

2.1.1. Kesicilerin Görevi, Yapısı Ve Çeşitleri

Kesiciler, yüksek ve orta gerilim hatlarında elektrik akımını ve kısa devre akımını kapatan sistemlerdir. Kesiciler devreleri yükte, boşta veya kısa devre anında açıp kapayabildikleri gibi manüel olarak açıp kapama yapabilen cihazlardır. Bu özellikleriyle kesiciler insanları, devreleri, devreye bağlı cihazları korumaktadır. Gerilim şebekelerinde meydana gelebilecek olumsuzlukları önleyip en aza indirmektedir. Kesiciler çok hızlı açma kapama yapma özelliğine sahiptirler ve ark söndürme özelliğiyle ön plana çıkarlar. Devrenin enerjisini keserken önce kesici açılarak enerji kesilir sonrada ayırıcı açılır. Kesicilere diskjonktör veya entrüptör isimleri ile de anılmaktadır [1].

2.1.2. Kesicilerin Önemi

Kesicilerin açık ve kapalı olmak üzere iki konumları vardır. Kesiciler kapalı konumdayken devreden enerji akışına izin verirler. Kesiciler açık konumdayken ise enerji akışını keserler. Kesiciler kapalı konumda iken kontak elemanları arasında iyi bir temas sağlarken açık konumdayken kontak elemanlarını birbirinden ayırır ve iletimi keserler. Bir kesiciden bu açma ve kapama görevini tam olarak yerine getirmesi beklenir. Uzun süre çalışmayan açma, kapama veya kısa devre görmeyen kesiciyi çalıştırmak, ona ağır bir yük yüklemek anlamına gelir. Kesicilerin asıl görevi bu durumda ortaya çıkar. Yüksek gerilimde elektrik enerjisi geçen devreye kesici vasıtasıyla açma veya kapama vermek ulaşacak ark sebebiyle oldukça güç ve tehlikelidir. Kesicilere düşen en önemli görev ise kısa devre anında devreyi açmaktır. Son 25 yıl içerisinde şehirlerin ve endüstrilerin büyümesi yani kullanım alanlarının artması kısa devrelerinde artması, kesicilerin işlerinin daha da güçleştirmiştir. Enerji tüketimi açısından gelişen sistemlerin gerilimleri 110 kV, 'lar dan 750 kV' lara kadar artmıştır. Buna göre de kısa devre açma güçleri 1000 MVA' dan 5000 MVA' lara kadar varmıştır. Sistem stabilliği bakımından sistem kesme süresi oldukça kısalmıştır. Kesiciler devre çalışırken meydana gelen aksaklıklar sonucunda devreye girerler ve açma, kapama ve ark söndürme görevlerini yerini getirirler. Kesiciler arıza halindeyken devreyi açarlar. Bu özellikleriyle kesiciler kendisinden önce gelen cihazları ayırmakta

ve arızanın o cihazlara verebileceği zararın önüne geçmektedirler. Kesicilerin bu özelliği bize aynı zamanda bir devre koruma elemanı olduğunu göstermektedir. Devre koruyucu sigortalar ile aynı görevi görürler. Kesicilerin devreye uygun seçilmesi kesicilerin görevini tam olarak yapması için gereklidir. Kesicinin işletilmesi ve gerekli bakımlarının zamanında yapılması gerekir [2].

2.1.3. Kullanılan Gerilime Göre Kesiciler

Kullanılan gerilimine göre kesiciler şu şekilde sınıflandırılabilir:

Orta Gerilim Kesiciler : 1- 35 kV arası gerilimlerdir.

Yüksek Gerilim Kesiciler : 35- 154 kV arası gerilimlerdir.

Çok yüksek Gerilim : 154 kV üzeri gerilimlerdir.

2.1.4. Kesici Üretim Standartları

Kesiciler TEİAŞ kesici şartnamesine uygun olmalıdır. TEİAŞ şartnamesindeki kesicilerin tasarım, üretim, test ve deneyleri ISO, TS, IEC gibi kurumların standartlarının en son baskılarına uygun olmalıdır. IEC, ISO, TS gibi kurumlar alternatif akım, yüksek gerilim, kalite, genel kurallar, tasarım, güvenlik, deneyler, testler, sf6 gazının kontrolü ve kabulü gibi konularda standartları açıkça belirtmişlerdir.

2.1.5. Arkın Söndürüldüğü Ortama Göre Kesici Çeşitleri

Zaman la gelişim gösteren kesiciler de farklı söndürme araçları kullanılmıştır.

Bunlardan bazıları şunlardır.

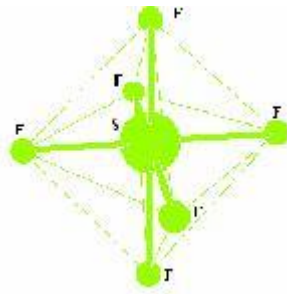
- Basınçlı hava üflemeli,
- Az yağlı kesiciler
- Tam yağlı kesiciler
- Manyetik üflemeli kesiciler
- Vakumlu kesiciler
- SF6 gazlı kesicilerdir [2].

2.1.5.1. Sf6 Gazlı Kesicilerin Tarihçesi

Kimyasal açılımı kükürt hekzaflorür olan Sf6 gazı ilk defa 18. yüzyıl başlarında Paris'te elde edildi. 1937 yılında yalıtım gazı olarak kullanılabileceği saptandı. 1938 yılında Almanlar bu gazı elektrik akımını söndürme amaçlı kullandı. 1960da Amerika'da sektör oluşmaya başlayan SF6 kesicisi, 1970li yıllarda pazarda hava ve yağın yerine geçti. Sf6 gazının delinme dayanımının (havanın 2 ila 3 katı) ve ark söndürme karakteristiğinin iyi olması nedeniyle yüksek gerilimin vazgeçilmezleri arasına girdi. Ark söndürme karakteristiği çok iyi olan ideal bir gazdır. SF6 gazı asal bir gaz kabul edilebilir. Sf6 gazının moleküler ağırlığı 146'tır. Azot molekülün ağırlığı 28, oksijen molekülün ağırlığı 32 olduğu göz önünde bulundurulursa havaya göre çok ağır bir gaz olduğu tespit edilir. Bu da bu gazın sızması durumunda yeryüzünde birikme özelliğine sahip olduğunu gösterir. Normalde renksiz, kokusuz, zehirsiz, tatsız, yanmaz bir gazdır. Ancak kesicilerle birlikte kullanıldığında ve kesici içinde ark gördüğünde, yanma ve parlama olayları gerçekleştiğinde ayrışır ve zehirleyici bir gaz haline gelebilir.

Sf6 gazlı kesiciler son yıllarda geliştirilmiş yeni bir tip kesicidir. Sf6 gazlı kesici geniş kullanım alanı bulmuş ve yaygınlaşmıştır. Sf6 gazlı kesicinin sabit basınçtaki gazı hareketli kontaklar vasıtası ile pistonlar arasında sıkıştırması, arkın üzerine püskürtmesi ve arkın boğulması prensibiyle çalışır [2].

Aşağıda Şekil 2.1 ve Tablo 2.1'de sf6 gazının moleküler yapısı ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

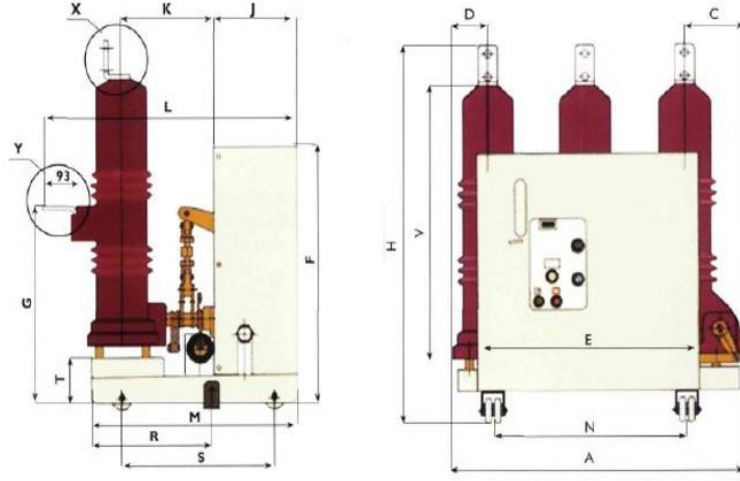


Şekil 2.1. Sf6 gazının moleküler yapısı [1].

Tablo 2.1. Sf6 gazının fiziksel özelliklerinin tablosu.

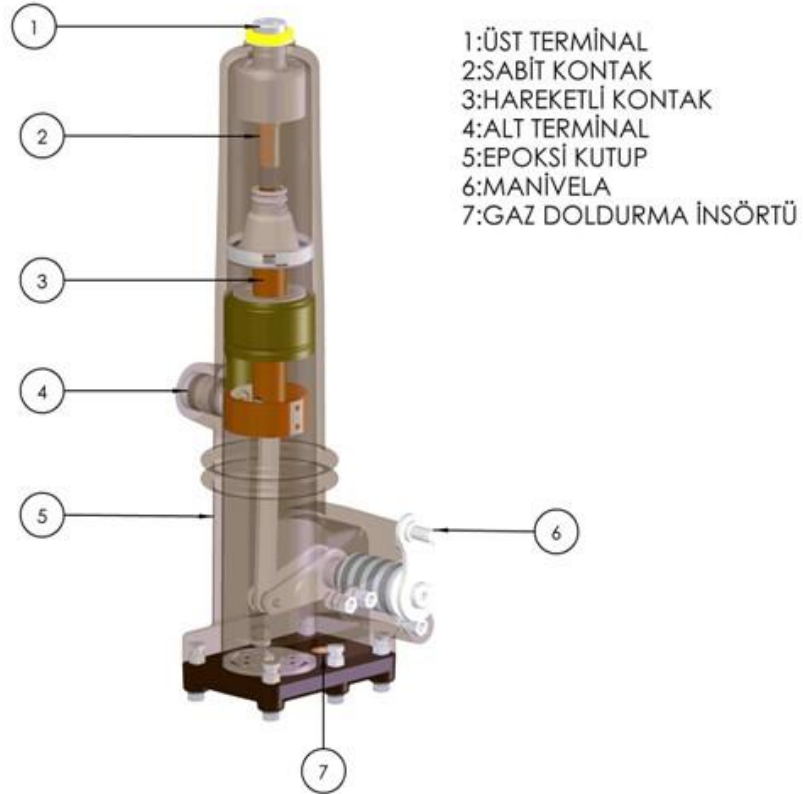
Molekül ağırlığı	146.06 gr/mol
Erime Noktası	-50.8 °C
Yoğunluk sıvısı	
50 °C	1.98 g/mL
25 °C	1.329 g/mL
Yoğunluk (Gaz 1 atm / 20 °C)	6.164 g/mL
Kritik sıcaklığı (°C)	45.6 °C
Kritik Basınç (Bar)	36.557 atm
Kritik Yoğunluk	0.755 g/mL
Spesifik Isı (25 °C de)	7.0 cal mL -1 C
Genleşme Yüzeyi (- 50 °C de)	11.63 dyn/cm
Isı İletkenliği (X 10.4)	3.36 cal.Sec.Cm ⁻² / °C
Viskozite (Gaz 25 °C 10 ⁴)	1-61 poise
Kaynama Noktası	-63.0 °C
Bağıl Yoğunluk (hava =1)	5.10
Buhar Basıncı (20 °C)	10.62 bar

Aşağıdaki Şekil 2.2’de temel olarak bir Sf6 gazlı kesici ve kutup düzeneği verilmiştir. Arabalı kesici tipi olan kesici kutbunun altında bir yürütme mekanizması bulunur. Bu mekanizmaya araba adı verilir. Genellikle manüel olarak araba hareket ettirilerek kesici devreye alınır veya devreden çıkartılır. Sf6 gazlı devre kesicisinin kutupları, mekanizması, baraları ve arabasıyla birlikte kullanılır. Şekil 2.2’de kesiciler, kesici arabası, kutupları ve mekanizmasıyla birlikte montaj halinde verilmiştir. Ancak bu kesicide bir hücrenin içerisine de güvenli bir şekilde montaj edilir. Hücreler ise bir köşk içerisine güvenli ve standartlarına uygun bir şekilde montaj edilir ve kesici kullanıma hazır hale gelir.



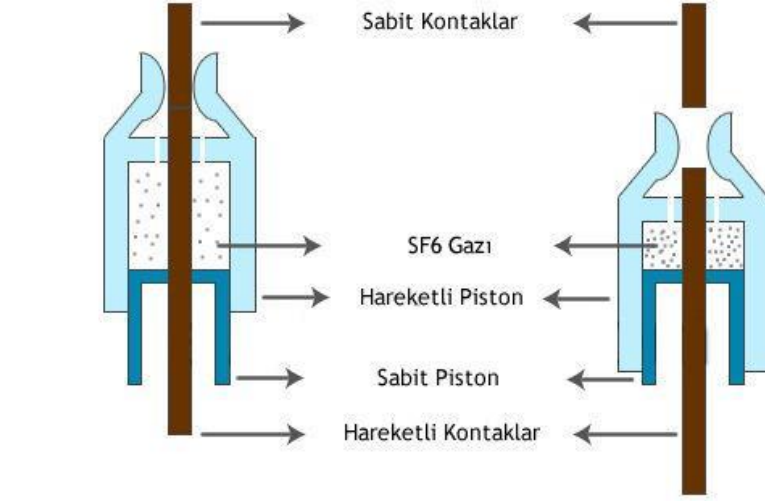
Şekil 2.2. Örnek Sf6 gazlı devre kesici montajlı şekli [3].

Aşağıda Şekil 2.3’de bir Sf6 gazlı kutbun temel parçaları numaralandırılarak tanıtılmıştır. Üst terminal, sabit kontak, hareketli kontak, alt terminal, epoksi kutup, manivela, gaz doldurma insörtü montaj resim olarak belirtilmiştir [4].



Şekil 2.3. Sf6 gazlı kutup [10].

Aşağıda Şekil 2.4’de ark kontaklarının ayrılması esnasında Sf6 gazının yer değiştirmesi, kesici açık ve kesici kapalı şekilleri verilmiştir.



Şekil 2.4. Sf6 gazının kutup içerisinde yer değiştirme şekli [10].

2.1.5.2 Sf6 Gazının Özellikleri

Sf6 gazı ark söndürme karakteristiği çok iyi olan ideal bir gazdır. Sf6 gazı asal bir gaz kabul edilebilir. Moleküler ağırlığı 146’tır. Oksijen molekülün 32, Azot molekülün 28 ağırlığa sahip olduğu düşünülür ise hava yanında çok ağır bir gaz olduğu saptanır. Bu da bu gazın sızıntılarda birikme özelliğine sahip bir gaz olduğunu gösterir. Normal koşullar altında renksiz, kokusuz, tatsız, zehirsiz, yanmaz bir gazdır. Ancak Sf6 gazı kesicilerde beraberinde kullanıldığı karışımlar ve ark esnasındaki ayrışmalar sonucu zehirleyici durumlar oluşur [5].

2.1.5.3. Sf6 Gazı Depolama Ve Kontrol Etme

Sf6 gazı basınçlı silindirlerde depo edilir. Bu silindirler kırılabilirler, sızdırabilirler bu durumlarda zehirlenmelerin yaşanmaması için havasız ortamlarda bulunmamalıdır. Sf6 gazını kesiciye doldurma işlemi açık havada yapılmalıdır. Eğer bu olanaklı değilse işlem havalandırması olan bir yerde yapılmalıdır. Ark oluşturucu, yanıcı tip maddeler bu esnada alandan uzak tutulmalıdır. Sızıntı durumunda bu gazın koku yaymamasından dolayı solunum yollarının zarar görmemesi için gerekli ekipman olmadan bu işlem yapılmamalıdır.

Havadan ağır bir gaz olduğu için birikme problemleri göz önüne alınmalıdır.

2.1.5.4. Sf6 Gazlı Kesicilerde Bakım Ve Ömür

Sf6 gazlı kesiciler genel olarak özel bir bakım gerektirmezler. Belli bir anahtarlama sayısı veya periyot dan sonra bakımlarının yapılması imalatçı tarafından kataloglarda belirtilir. Ancak basınç, sıcaklık gibi değişken özellikler bir monitörden gözlemlenmeli, kontakların kirliliği kontrol edilmelidir. Bu tip kesicilerin ömürleri bazı koşullara bağlanabilir:

- Açma ve kapama sıklığına,
- Ark söndürme karakteristiğinin iyiliğine,
- Yük ve kaynak akım ve geriliminin kesiciyi zorlama şiddetine bağlıdır.

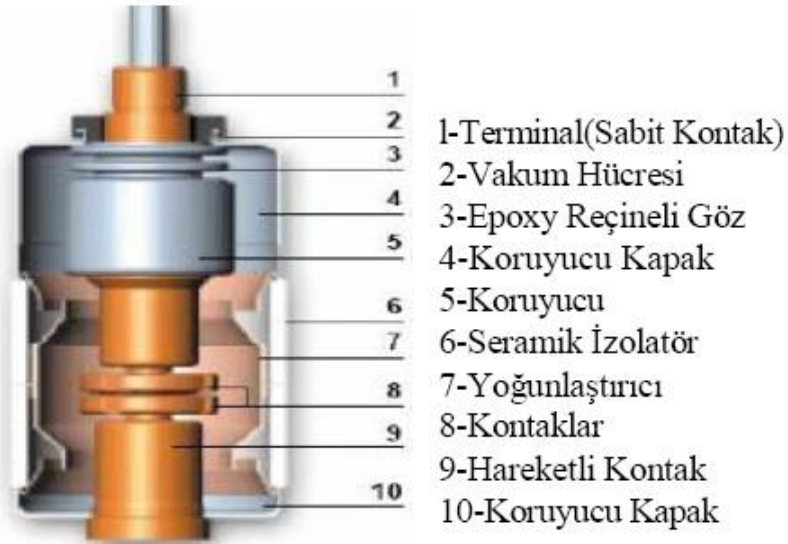
2.1.5.6. Vakumlu Kesiciler

Vakumlu kesicilerde yüksek vakumlu seramikten silindir şeklinde bir kap ve iki kontakten oluşur. Bu kontakların birisi sabit diğeri ise hareketlidir. Kesicinin bağlı olduğu hatta meydana gelen kısa devre ve aşırı yüklenmeleri üzerinde bulundurduğu mekanik ve elektronik ısı sensörü yardımı ile algılayarak yaylı mekanizması ile hemen kontaklarını ayırarak devreyi açar. Kontakların arasında ark vurulur ve ark üretimi esnasında metallerin iyonlaşması sırasında metal buharı meydana gelir. Buharın yoğunluğu arkın deşarj akımına bağlıdır. Akım azaldığında, buhar tahliyesinin hızı azalarak, kontakların çevresindeki buharın yoğunluğu sağlanan dielektrik dayanımı ile tekrardan geri kazanılarak arkın buharlaşması önlenilir. Bu şekilde ortam hızla yalıtkan duruma geçer ve böylece ark söndürülür. Şekil 2.5'de vakumlu kesicinin kovanı ve kovanın içindeki kontakların açık ve kapalı konumları ile verilmiştir.



Şekil 2.5. Vakumlu kesicinin kovanı, kontak açık ve kapalı şekilleri.

Vakumlu kesicide ark söndürme maddesi bulunmaz. Bu kesiciler çok yüksek gerilim kademelerinde kullanılmaz. Özellikle düşük gerilim kademelerinde (7.5kV-12kV) kullanılır. Sf6 gazlı kesicilere göre kullanımı kolay olmasına rağmen pahalı olduğundan tercih edilmez. Aşağıda Şekil 2.6'da vakumlu kesicinin genel parçaları numaralandırılarak verilmiştir.



Şekil 2.6. Vakumlu kesicinin hücre elemanları [9].

Hareketli kontak kolu sürekli hareket eder ve oksidasyona uğrayacağı için paslanmaz materyaller ile kaplama yapılır. Kontakların iletkenliği yüksektir, erimeye karşı dayanıklı ve erozyon seviyesi düşüktür. Kontakların termal iletkenliği, mekanik dayanımı ve kesme yeteneği yüksek, yüzeyleri de pürüzsüzdür. Kontaklar uzun ömürlü malzemelerden yapılır ve 10 kA üstündeki akımlarda da özel biçimler verilerek üretilir. Uzun yıllar kullanımı deney ve testler sonucu krom-bakır kontakların yeterli koşulları

sağladığı görülmesi sonucunda birçok vakumlu kesicide bu malzemeler kullanılmaktadır. Kontakların malzeme yapısında %25 - %70 civarında krom bulunur. Ayrıca tungsten-bakır ve bizmut-bakır gibi çeşitli kontak başları da kullanılmaktadır. Vakum hücresinin korunması için dış kısmını nem toz ve darbeye karşı dayanıklı bir malzemeden üretilir ve iyonize olabilir madde içermez. Aşağıda Şekil 2.7'de vakumlu devre kesici düzeneği kesici arabasının üzerine yerleştirilmiş bir şekilde ve montaj halinde gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Vakumlu devre kesici düzeneği [11].

2.1.5.7. Basıncılı Hava Üflemlili Kesiciler

Basıncılı hava üflemlili kesiciler açma anında kontaklar arasında ki oluşan arkın basıncılı hava püskürterek soğutulması prensibi ile çalışır. Hızla soğuyan ark basıncılı havanın dezenfekte etme etkisiyle açma yaptıktan sonra, akımın sıfırdan geçtiği anda söndürür.

2.1.5.8. Tam Yağlı Kesiciler

Tam yağlı kesiciler fazla miktarda yağ içerdiklerinden yangın tehlikesi fazladır. Bu bakımdan günümüzde artık kullanılmamaktadır.

2.1.6. Kesicilerin Kapama Açma Düzeneği

Kesici elektronik motor ile veya manüel olarak kurulur ve kapamaya hazır hale getirilir. Kesici ye kapama yakınından mekanik kumanda mandalını çevirerek yapılabilir. Ancak kesiciye montaj edilen otomatik kapama bobinlerini kullanarak uzaktan kapamak daha güvenlidir. Açma ise yine yakından manüel olarak ve uzaktan otomatik olarak açma bobini ile yapılabilir. Çalışma esnasında arıza meydana gelindiğinde ise, röleden gelen ihbar bobini kumanda eder ve kesiciyi açar.

2.1.7. Tekrar Kapama Olayı

Kısa devre arızası ile karışılarak açma yapan kesici arızanın geçici olabileceği olasılığıyla önceden ayarlanmış zamanın dolmasıyla tekrar kapama rölesi tarafından yediden devreye sokulur. Böylece geçici kısa devreler karşısında hattın uzun bir süre enerjisiz kalması önlenmiş olur. Ancak arıza devam ediyorsa koruma röleleri kesiciyi tekrar açacaktır.

2.1.8. Kesicileri Taşıma Ve Depolama

Taşıma esnasında kutuplar kesinlikle zorlanmamalı, aşırı sarsılmamalı, dikkatsiz sevk edilmemelidir. Gerekli muhafaza önlemleri alınmalıdır. Kesici mekanizmadan veya şasesinden tutularak kaldırılmalıdır. Mümkünse şasenin üzerinde özel tutma bağlantı ve delikleri kullanılmalıdır. Depolama esnasında kir ve tozdan korunmalı tahrip edici gazlardan uzak tutulmalıdır. Montaj edilene kadar mekanik darbelerden muhakkak korunmalıdır.

2.1.9. Kesici Siparişi Verilirken Bildirilmesi Gereken Hususlar

- Kesicinin gerilimi
- Kesicinin akımı
- Kısa devre kesme gücü
- Kapama açma bobin gerilimleri
- Motor varsa motor besleme gerilimleri
- Koruma sistemi türü (primer, sekonder)

2.1.10. Sf6 Gazının Yapısı

Orta ve yüksek gerilim devrelerinde kullanılan ekipmanların tamamında güvenilir bir ortam oluşturması her zaman aranan özelliktir. Birçok aday olabilecek gaz yalıtım malzemeleri içersinden kükürt - heksaflorür (Sf6) orta ve yüksek gerilim enerji sistemlerinde taşıma kablolarında, kesicilerde, transformatörler de geniş kullanım alanına sahip olmuştur. Sf6 gazı normalde durgundur, kimyasal yapısı itibariyle de kararlı bir gazdır. Sf6 gazı saf halde iken zehirleyici de değildir. Sf6 gazının dielektrik dayanımı, 1 Bar basınçta 89 kV / cm dir. Bu da havadan üç kat fazla dielektrik dayanım özelliğine sahip olduğunu gösterir. Sf6 gazı çok iyi ısı transfer özelliğine sahiptir.

Ayrıca yanmaz ve parlamaz. Sf6 gazı sahip olduğu bu özellikler nedeniyle elektrik marinalarında geniş kullanım alanına sahip olmuştur.

2.2. KESİCİ MEKANİZMALARI

Hareketli kontakları hareketini veren mekanizmalardır. Bu mekanizmalar kontakları açıp kapatan, sac veya dolu malzemelerden oluşan, içerisinde yay, mil, tırnak, burç gibi parçaların bulunduğu sistemdir. İsteğe göre mekanik veya elektrik motorlu yapılır. Motorlu tip mekanizmalar da motor gerilimi 110 V DC veya 220/380 V AC' dir.

2.2.1. Kesici Mekanizmaların Çeşitleri Ve Özellikleri

2.2.1.1 Elle Kurmalı Yaylı Tip Mekanizmalar

Kas gücüyle kesici kontaklarının açılması mümkün olabilir ancak yeteri kadar süratli açılmaz. Kontakların belli bir hız sınırları içerisinde açılması gerekmektedir. Sabit bir hızla açılması gereken kontaklara sabit ve yeterince süratli açılmasında bize yardımcı olacak ekipman ise yaylardır. Elle daha önceden kurulu ve gergin vaziyete alınmış olan kesicinin yayların gücünü boşaltmasıyla kontakları açılır. Kesicinin manuel olarak elle kontrol edilmesinde yüksek güvenlik tertibatları kullanılır. Çok yaygın olarak kullanılmazlar. Genellikle alçak gerilimli ve küçük güçlü kesicilerde tercih edilirler.

2.2.1.2. Motorla Kurmalı Yaylı Tip Mekanizmalar

Motorla kurmalı yaylı tip mekanizmalarda bir adet elektrikli motor kullanılır. Bu motor doğru veya alternatif akımla çalışabilir. Motor (75 W) gücünde olması açma kapama işlemini yapması için yeterli olabilir. Motora bağlı bazı tertibatlarla yay sıkıştırılır ve yay üzerinde enerji biriktirilir. Motor üzerinde, sınır anahtarları ve kontaktörler yer alır. Motorun yönü değiştirilerek kapama ve açma işlemi yapılır. Enerji hatlarında sürekli enerji bulunması gerektiğinden kurulan ya ve otomatik motor sayesinde sürekli enerji açık kalabilir. Bu mekanizmalara uzaktan kumanda edilebilir sistemlerde eklenebilir. Tasarlanırken elektrikler kesildiği zaman elle de kontrol edilebilecek şekilde tasarlanırlar. Büyük güçlerin sistemlerinde genellikle motorla kurmalı kesiciler kullanılır. Şekil 2.8'de motorla kurmalı mekanizma örneği yer almaktadır.



Şekil 2.8. Motorlu kesici mekanizması [12].

2.2.1.3. Basınçlı Havalı Tip Mekanizmalar

Basınçlı Havalı Tip Mekanizmalarda, kontakların açma ve kapama yapmasını sağlayan kuvvet havadan elde edilir. Hava bir kompresörle üretilir ve sisteme dâhil edilir. Kompresör için ayrı bir düzenek ve ayrıca alan gerekmektedir. Ayrıca kompresörler gürültülü çalışmaları gibi bir dezavantajı vardır. Genellikle büyük güçlerin kesicilerinde kullanılır.

2.2.1.4. Elektromanyetik Bobinli Tip Mekanizmalar

Bu sistem de hareketli kontaklar, milli mekanik mafsallar ve demir çekirdekli bobinler ile hareket verilir. Bobine enerji gelince enerjinin verdiği yöne göre bobin aşağı yukarı hareket ederek kesici açma ve kapama yaparak görevini yerine getirir.

2.3. KESİCİLERİN BİRBİRLERİNE ÜSTÜNLÜKLERİ

2.3.1. Sf6 Gazlı Kesicileri

2.3.1.1. Sf6 Gazlı Kesicilerin Avantajları

- Kayıp faktörü yağlı kesicilere göre daha azdır.
- Isı iletim katsayısı yüksektir. Bu sebeple, alçak iyonizasyon sağlarlar ve ısıyı çok çabuk dağıtarak arkın daha çabuk soğumasını sağlarlar.

- Sf6 gazı, metallere tepkimeye girmez.
- Sf6 gazı, kokusuz, zehirsiz ve renksizdir.
- Küçük boyutludur.
- Akım koparmada sorun oluşturmaz.
- 10000 açma kapama yapabilirler.
- Anma akımında kesme sayısı 10000 defayı bulabilmektedir. Tekrar kapama yaptırılması mümkündür.
- Bu kesicilerde kaza riski oldukça düşüktür.
- İşletmelerinin basit olması ise diğer bir avantajıdır.

2.3.1.2. Sf6 Gazlı Kesicilerin Dezavantajları

- Sistemin gaz kaçırma ihtimali vardır bu yüzden bakımları zamanında yapılmalıdır.
- Bulduğu ortama atık gaz yayılabilir.
- Kesicinin kutbunun içinde oluşan arkın ısı ile reaksiyonlar gerçekleşebilir ve zehirli gazlar açığa çıkabilir. Bu durum ozon tabakasına da zarar verebilir.
- Bu gazlar atmosferde doğamıza zarar verebilir.
- Ağır olan bu gazların kutup içinden hiçbir zaman çıkmaması gerekir.
- Sf6 gazının doğaya verdiği zarar Kyoto zirvesinde değerlendirilip kullanımında bazı kısıtlamalar getirilmiştir.
- Sf6 gazı düşük basınç ve sıcaklıkta kolay sıvılaşması diğer bir dezavantajıdır.
- Sf6 kesicileri diğer kesicilere göre fiyatları daha yüksektir.

2.3.2. Vakumlu Kesiciler

2.3.2.1. Vakumlu Kesicilerin Avantajları

- Mekanizmaları daha basittir.
- Açma yapmak için başka teçhizatlara gerek duyulmaz.
- Kesme hücresi hariç onarım ve servis bakımları daha basittir.
- Küçük boyutludurlar.
- 30.000 açma ve kapama yapılabilir.
- Anma akımında kesme sayısı 10.000 defayı bulabilmektedir.

2.3.2.2. Vakumlu Kesicilerin Dezavantajları

- Sahada yalıtım düzeyi kontrolü için YG test cihazı kullanılır.
- Kesme hücresinin Sf6 gazlı kesicinin fiyatından da daha pahalıdır.
- Kesme hücresinde sızdırmazlık rizikosunu kullanılır.
- Vakumlanmış havanın düzeyi belirli aralıklarla kontrol edilmesi gerekir.

2.3.3. Basınçlı Havalı Kesiciler

2.3.3.1. Basınçlı Havalı Kesicilerin Avantajları

- Bu kesiciler çok daha hızlı açma yapabilirler.
- Söndürme hücresindeki basıncın, valf ile hızlı bir şekilde düşmesi sonucu kontaklar yay kuvvetiyle çok hızlı kapanır.
- Bu tür kesicilerin montajları ve bakımları kolaydır.
- Deneyler bu kesicilerin çok yüksek gerilimlerde uygun olduğunu göstermiştir.

2.3.3.2. Basınçlı Havalı Kesicilerin Dezavantajları

- Hava tankı, kompresör ve boru tesisatı gibi ek öğelere gerek vardır. Bu elamanlarda alan kaplarlar.
- Basınçlı havalı kesicilerin maliyeti de yüksektir.

2.3.4. Tam Yağlı Kesiciler

2.3.4.1. Tam Yağlı Kesicilerin Avantajları

- Bu kesicilerin yapısı kolaydır.
- Kullanımı basittir.

2.3.4.2. Tam Yağlı Kesicilerin Dezavantajları

- Bu kesicilerde yağı değiştirmek gerekmektedir. Tam yağlı kesicilerde yağı değiştirmek ise yüksek maliyetli bir işlemdir. 230 kV'luk bir kesicide yaklaşık 50000 litre yağ kullanılmaktadır. Elli bin litre yağ almasından da anlaşılacağı gibi bu kesicilerin boyutları da çok büyüktür.

- Kazan ömrü yıl geçtikçe azalır, mukavemeti düşer ve açma işlemindeki yüksek basınca dayanamayıp patlayabilir. Patlama esnasında içerisindeki yağında etrafa saçılacağı için can ve mal güvenliği için de tehlike teşkil eder.

2.3.5. Az Yağlı Kesiciler

2.3.5.1. Az Yağlı Kesicilerin Avantajları

- Az yağlı kesiciler tam yağlı kesicilere göre daha küçüklendir ve bu yüzden daha az yer kaplarlar. Maliyetleri de tam yağlı kesicilere göre daha düşüktür.
- Yerine montajları basittir.
- Kullanımları kolaydır.
- Bünyesinde daha az yağ bulunur.
- Özel cihazlarla yalıtım testi yapmaya gerek yoktur.

2.3.5.2. Az Yağlı Kesicilerin Dezavantajları

- Ark söndürmesi için kullanılan yağ az olması sebebiyle daha sık değiştirilmesi gerekir.
- Bazı az yağlı kesicilerde yağ sızdırma olabilir, bu da ciddi yangın riskleri doğurabilir.
- Bir dezavantajları da endüktif ve kapasitif akımları kesmede çok başarılı değildir.

2.4. KESİCİLERDE ARANAN ÖZELLİKLER

- İyi bir kesici açma anında oluşan arkı hızla söndürmelidir.
- Art arda açma ve kapamayı yapmalıdır.
- Açma ve kapama işlemini gereken hızlarda yapmalıdır.
- Kesici kısa devre akımlarını kısa süre taşıyabilmelidir, kontakları ise nominal akımlarda ısınmamalıdır.

2.5. MODÜLER HÜCRELER

1-36 kV'a kadar olan orta gerilim dağıtım hücreleri beton köşlerde, sac köşk adı verilen sacdan imal edilmiş merkezlerde veya transformatör binalarında kullanılırlar. Bu kullanım alanlarına uygun şekilde dizayn edilirler. Yüksek gerilim tesislerinde bina tipi trafo kullanılması zorunludur. Enerji devamlılığını ve enerji bulunabilirliği gereksinimlerini karşılayan fabrikasyon yapım hazır sistemlere hücre adı verilir. Bu hücreler, kullanıcının ihtiyaçlarına göre giriş, ölçü ve çıkış gibi hücrelerden oluşabilir. Aşağıda Şekil 2,9'da bazı modüler hücrelere yer verilmiştir.



Şekil 2.9. Çeşitli modüler hücreler.

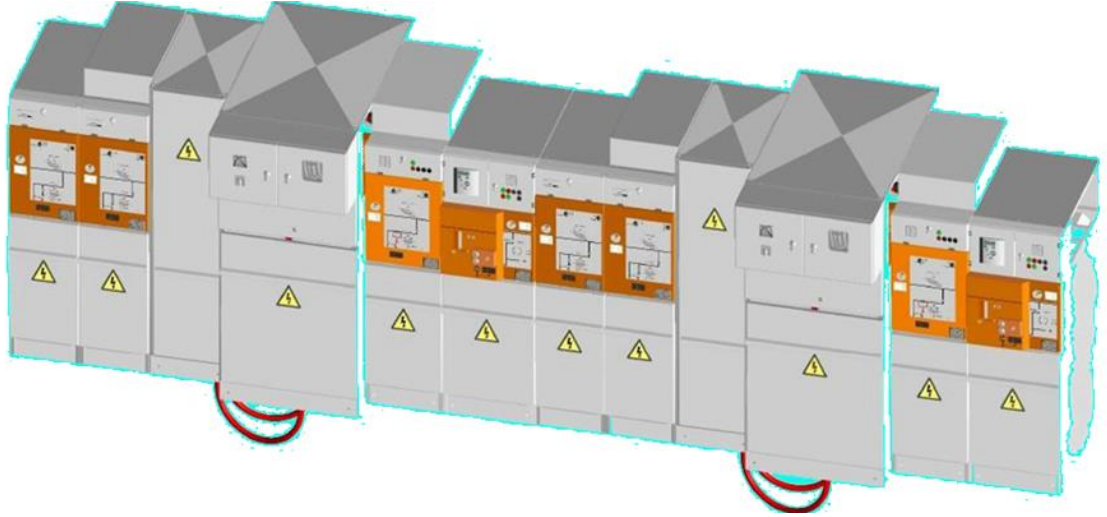
Bir diğer modüler hücre tipi ise arabalı tip modüler hücre türü olan Metal Clad hücrelerdir. Bu hücrelerde kesici bir araba üzerinde hareket ettirilerek devreye alınır veya devreden çıkartılır. Aşağıda Şekil 2.10'da bir Metal Clad örneği verilmiştir.



Şekil 2.10. Metal Clad tipi, arabalı tip modüler hücre örneği.

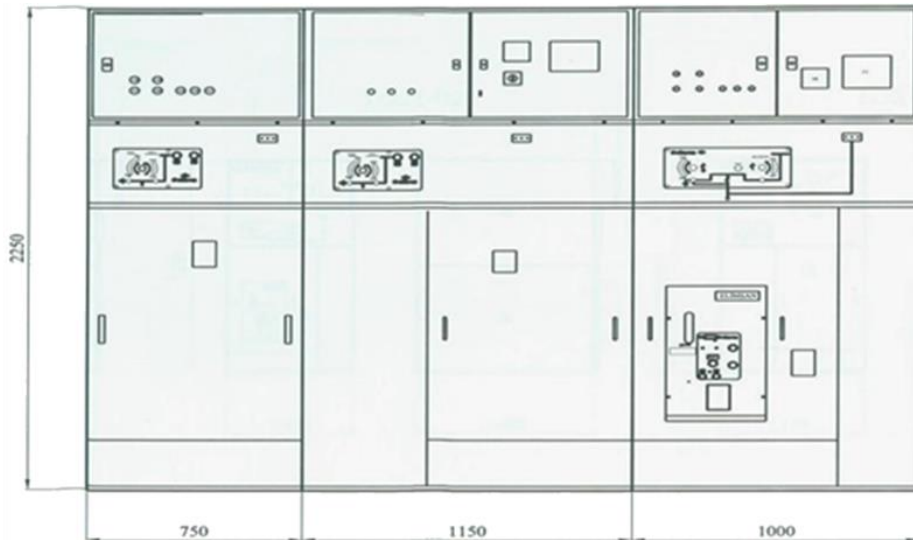
Modüler hücreler çok çeşitli üreticilerin kendine has dizayn ettiği için farklı biçimlerde görülebilir. Burada yaygın olarak kullanılan ve karşılaşılan hücre çeşitlerini tanıyacağız. Modüler hücreler hızla gelişen çok yeni bir teknolojidir. Metal muhafazalı hücrelerde hava yalıtımlısı kullanılırken şu an gaz yalıtımlı hücrelerin üretimi yaygınlaşmıştır.

Modüler hücreler; kompakt tip, dolap tipi, metal muhafazalı tip, köşk tip, olarak kullanımı yaygındır. Bu çalışmada dolap tipi modüler hücreler yani metal muhafazalı hava yalıtımlı hücreler işlenecektir. Aşağıda Şekil 2.11’de yan yana getirilmiş modüler hücrelerden görünüş verilmiştir.



Şekil 2.11. Yan yana getirilmiş modüler hücrelerden görünüş.

Metal muhafazalı modüler hücreler, endüstriyel kuruluşların ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde 12 kV'dan 36 kV'a kadar geniş bir aralıkta üretilirler. Modüler yapıları sayesinde istenen konfigürasyonlar kolayca elde edilebilmektedir. Sonradan oluşacak ihtiyaçlara göre birleştirmeler yapılabilir, hücre konfigürasyonu değiştirilebilir veya iptal edilebilir. Hücreler, aynı büyüklüklerde ancak farklı işlevleri olan hücreler olabilirler ve bu hücreler gerekirse birbirine yer değiştirebilirler. Modüler hücreler arasında bir bağlantı gerekmektedir bu bağlantısı ise ana baralar vasıtasıyla olur. Aşağıda Şekil 2.12'de yan yana birleştirilmiş bir takım modüler hücre verilmiştir.



Şekil 2.12. Yan yana birleştirilmiş giriş-ölçü-çıkış modüler hücreleri.

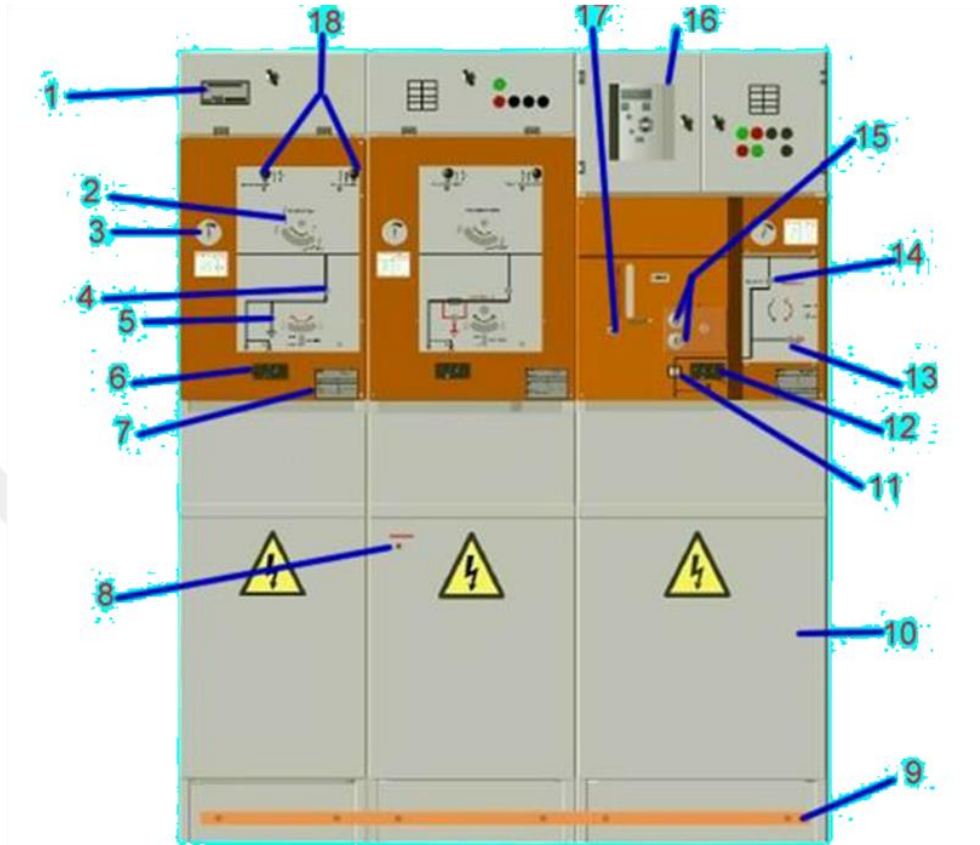
Hücre boyutlarının daha da küçük dizayn edilmesi bazı elektrik atlamalarına yol açacaktır. Bu yüzden hücrelerin küçültülmesi sf6 gazı dışında bazı kompozit izolasyon malzemeler kullanılmasıyla mümkündür. Ana bara bağlantısı esnektir bu yüzden toprak kayması, deprem, zemin oynaması ve oturması gibi durumlarda hücre bağlantısını olumsuz etkileyecek sorunlardan zarar göremez. Bu sayede enerji sürekliliği sağlanır ve işletme kayıpları da yaşanmaz. Ana bara bağlantılarının hücrelerin üst tarafında bulunması da hücrelerin sökülmesi durumunda kolaylık sağlar ve aradan hücrelerin sökülmesine olanak tanır. Gerekli servis işlemleri, tamir ve bakımı yapıldıktan sonra kolaylıkla yerine tekrar montaj edilebilir.

Modüler hücrede bulunması gereken elamanlar aşağıda Şekil 2.13'de gösterilmiştir ve şunlardır.

- 1- Etiket
- 2- Yay kuruldu göstergesi
- 3- Gaz basınç göstergesi
- 4- Yük ayırıcı pozisyonu
- 5- Topraklayıcı pozisyonu
- 6- Kapasitif gerilim göstergesi
- 7- Arıza akım göstergesi
- 8- Sigorta attı göstergesi
- 9- Topraklama barası
- 10- Kablo bölümü standart kapağı
- 11- Vakum pozisyonu
- 12- Kapasitif gerilim göstergesi
- 13- Topraklayıcı pozisyonu
- 14- Ayırıcı pozisyonu
- 15- Kesici kapama açma butonları
- 16- Koruma Rölesi

17- Yay kuruldu göstergesi

18- Yük ayırıcı kapama açma mandalları



Şekil 2.13. Modüler hücrelerin elemanları.

2.5.1. Modüler Hücrelerin Görevi

Orta gerilim şebekelerinin modüler hücrelerle kontrol edilmesi, güvenlik ve insan sağlığı açısından çok daha güvenlidir. Kullanımı bakımından ve tehlikeler göz önüne bulundurulduğunda diğer tesislerden çok daha üstündür. Orta gerilim şebekelerini kontrollü ve daha emniyetli bir hale getirir ve kullanımı kolaylaştırır. Kendisinden önceki sistemler gibi tehlikeli ve karmaşık bir ortamı yoktur. Kendisinden önceki sistemler olan trafo odaları, kumanda ünitelerinden güvenlik de üstünlükleri vardır. İş sağlığı ve güvenliği açısından tamamen çalışan ve operatör gözetilmiş, zarar görmesi engellenmiş sistemlerdir. Bu sistemler enerjinin kullanımı rahat ve daha güvenli hale getirmiştir. Enerjinin iletim ve dağıtımında, cihazların yalıtımları için kullanılan gaz ve diğer ekipmanların daima güvenilir bir ortam oluşturması istenir.

2.5.2. Açık Tip Sistem ile Metal Muhafazalı Hücrelerin Karşılaştırılması

Aşağıda Tablo 2.2’de modüler hücreler ile daha önce kullanılan açık sistemlerin kıyaslaması tablo halinde sunulmuştur.

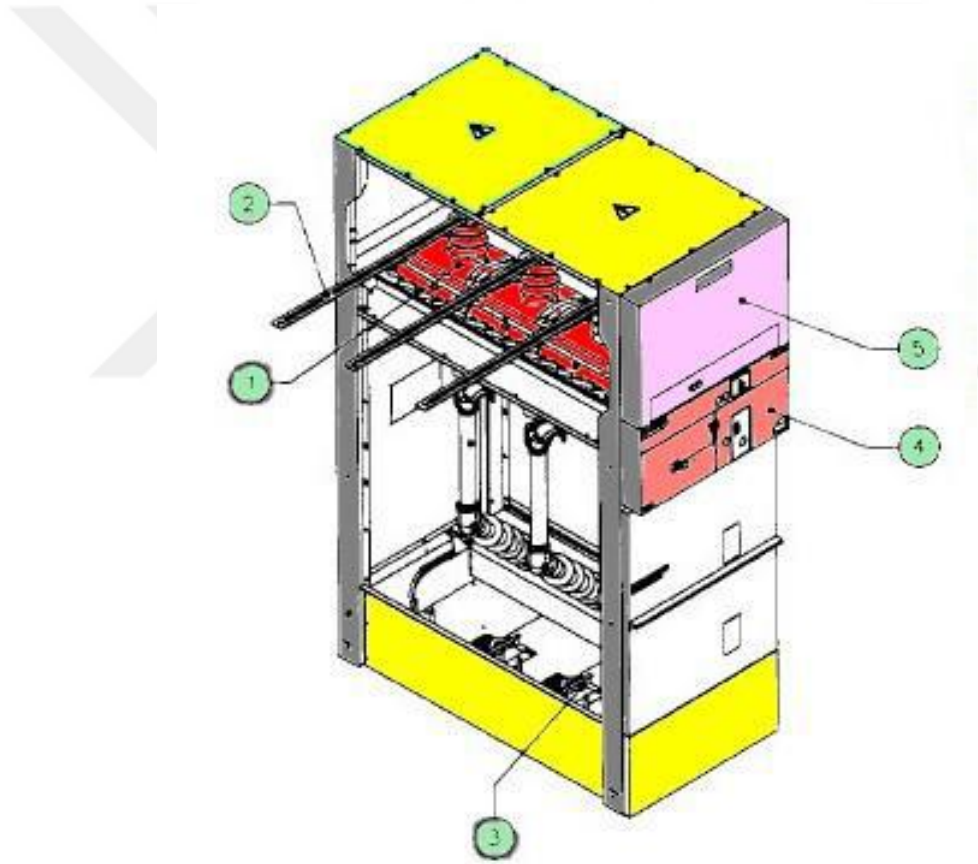
Tablo 2.2. Modüler hücreler ile açık sistemin karşılaştırılması.

Ölçüt	Modüler Hücreler	Açık Tip Sistemler
Kısa devre dayanımı	Belirli bir kısa devre seviyesine dayanacak tarzda dizayn edilir ve tip testleri uygulanır.	Mevcut tesisin kısa devre seviyesine dayanıp dayanamayacağı bilinemez.
Ark yayılımı	Kısa devrelerde oluşan ark bölmeler olduğundan diğer kısımlara yayılmaz.	Sistem açık olduğundan ark her tarafa yayılır. Hem personel hem de işletme açısından tehlikelidir.
Montaj durumu	Tesise montajı son derece kolaydır. İnşaat işçiliği gerektirmez.	Sistem doğrudan kurulacak tesiste imal edildiğinden işçilik fazladır.
Emniyet	Fabrika üretimi olduğundan rutin testleri yapılmış, gerekli emniyet tedbirleri kontrol edilmiştir. Ayrıca basit ve sağlam kilitleme düzenleri ile yanlış manevralar önlenir.	Sahada izolasyon testi yapılmadığı için arıza tespit imkânı yoktur. Gerekli emniyet tedbirleri tam değildir. (Manevralar ve kilitlemeler açısından)
Boyutlar	Oldukça kompakt bir yapıya sahiptir.	Oldukça büyüktür.
İşletmede süreklilik	Özellikle arıza bakım süresi açısından işletme kolaylığı sağlar.	Gerekli emniyet tedbirleri tam olarak sağlanamadığından işletmede güvenlik söz konusu değildir.
Personel güvenliği	Metal bölümler tam topraklanmıştır. Gerilimli noktalara erişmek mümkün değildir. Dâhili ark durumunda arkın yayılması önlenmiştir.	Koruma derecesi olmadığından yanlışlıkla gerilimli noktalara erişilir.
Ekipman güvenliği	Kapalı ve kompakt yapıda olduğundan yalıtkan özelliklerinin bozulması ve kirlenme pek görülmez.	Ortam ile direkt irtibatlı olduğundan yalıtkan özelliğinin bozulması ve kirlenme sıkça görülür.
Ekonomiklik	Fiyat açısından hücre bazında karşılaştırmada daha pahalı görünmesine karşın; boyutlar, inşaat işçiliği, bakım masraf ve süresi göz önüne alındığında daha ekonomik olduğu kesindir.	Bakım periyodu, inşaat, tesis ve bakım işçiliği, kapladığı alan açısından ele alındığında kompakt hücreye nazaran daha pahalı olduğu söylenebilir.

2.5.3. HÜCRE BÖLÜMLERİ

Metal muhafazalı modüler hücreler beş ana bölümden oluşurlar. Bölmeler birbirinden genellikle metal gövde ile veya yalıtkan kompozit malzemedен üretilen separatörler ile ayrılırlar. Hücre bölümleri aşağıda sıralanmıştır ve Şekil 2.14’de gösterilmiştir.

- 1- Anahtarlama bölümü
- 2- Bara bölümü
- 3- Kablo bağlantı bölümü
- 4- İşletme mekanizma bölümü
- 5- AG Pano bölümü

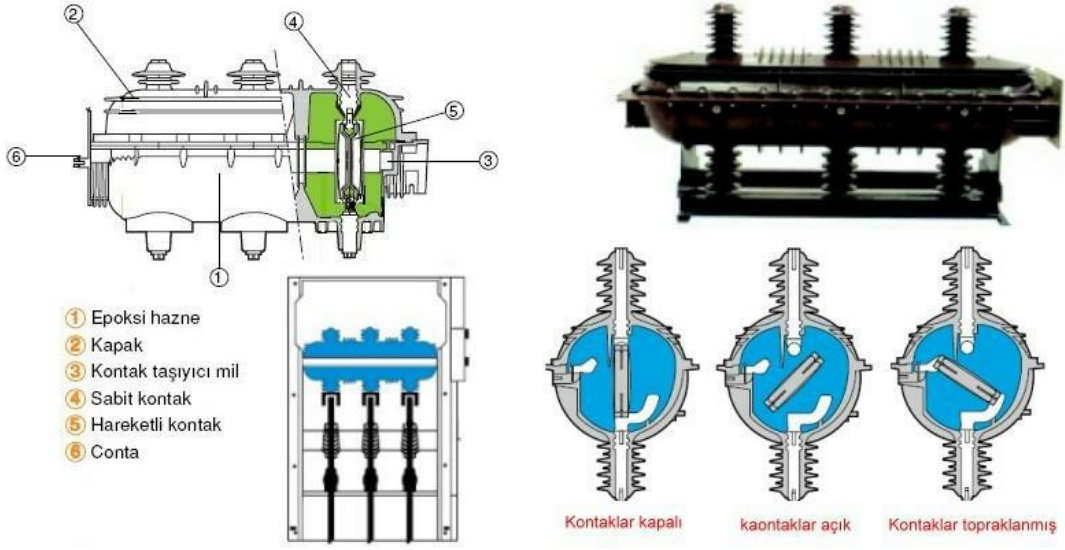


Şekil 2.14. Modüler hücreleri bölümleri.

2.5.3.1. Anahtarlama Bölümü

Bu bölümde seçilen hücre tipine göre devre kesicisi veya topraklama ayırıcısı kullanılabilir. Kesici odasında isteğe göre çeşitli kesici tipleri kullanılabilir. Sf6 gazlı

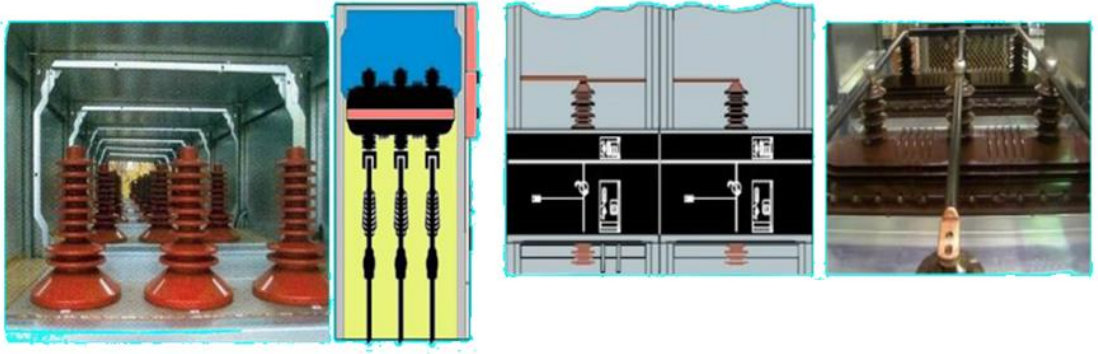
kesici, vakumlu kesici, ayırıcı, sigorta, vakum veya kontaktörlerden biri isteğe bağlı kullanılabilir. Bu Bölümde ayırma baraları ve gerilim trafoları araba üzerine monte edilebilir. Kaset tipi demonte edilebilir şekilde dizayn edilebilir.



Şekil 2.15. Anahtarlama elemanı ve anahtarlama bölümü

2.5.3.2. Bara Bölümü

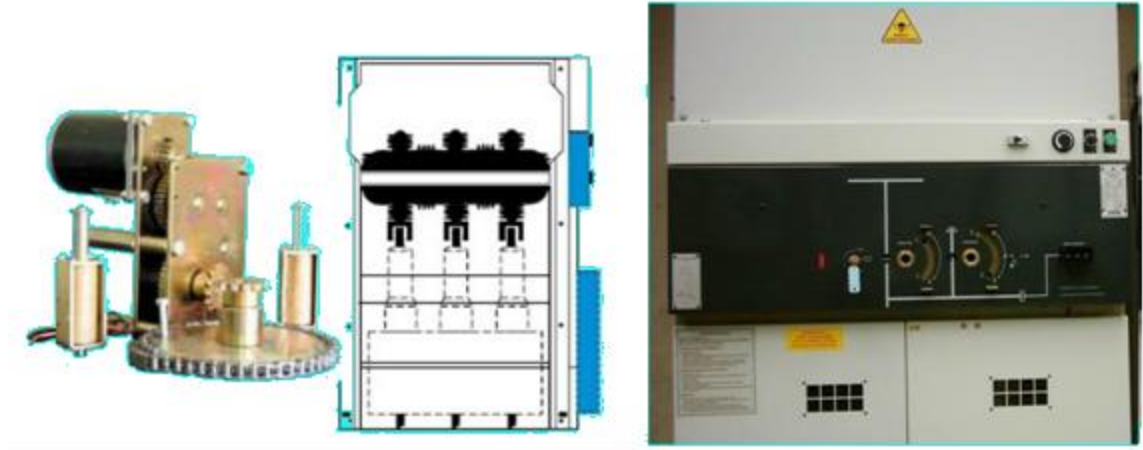
Modüler hücreler yan yana montaj edilirler ve hücreler arası bağlantı kurulması gerekir. Hücreler arası bağlantı uygun boyut ve kesitlerdeki uygun malzemeden üç adet kullanılır. Bara bölümüne erişim üst bölümdeki saç kapaklar sökülerek kolaylıkla sağlanır. Bu saç kapaklarda tehlike uyarısı olması gerekmektedir. Hücreler yan yana monte edildiklerinde en sol ve en sağda kalan hücrelerin açık olan yanları da bir sac yardımıyla kapanır. Bara sisteminde güçlü mesnet izolatörleri ve kenarları radyüs veya pah kırılarak güvenlik önlemi alınmış bakır lamalar kullanılmalıdır. Aşağıda Şekil 2.16'da bara bölümleri gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Modüler hücrelerin bara bölümleri.

2.5.3.3. İşletme Mekanizması Bölümü

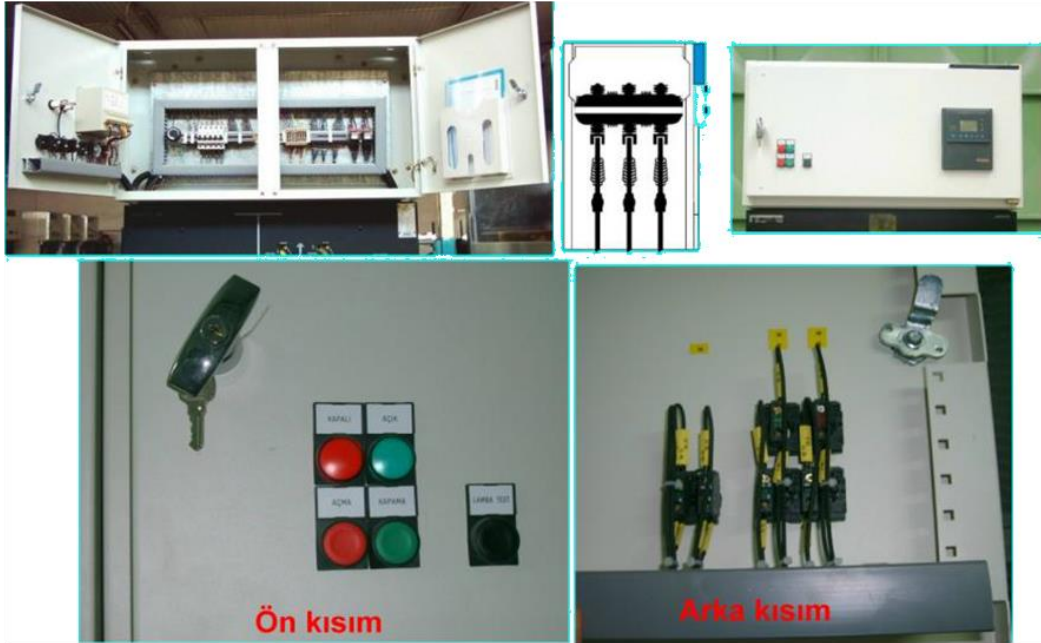
Bu bölümde hücre içi ana elamanlarının ve topraklama ayırıcılarının tahrik mekanizma elemanları bulunur. Yük ayırıcısı, ayırıcı ve topraklama ayırıcısının mekanizmaları da bu bölümdedir. Bu bölüme ön kapağı sökülerek hücreler enerjili iken de erişilebilir. Diğer mekanizmalara yardımcı kontak ilave edilebilir. Bu bölüm asma kilit ile kilitlenerek güvenlik önlemi alınır. Metal muhafazalı hücrelerde kumanda mekanizması hücre tipine göre ve şartnameye uygun şekilde dizayn edilerek çalışma koşullarını sağlar. Kumanda etmekte kullanılan mekanizmalar hücrenin ön yüzünde bulunur, diğer bölümlerden ayrılmıştır ve topraklıdır. Kumanda mekanizması hücrenin içindeki topraklama ayırıcı ve yük ayırıcı arasındaki konumları değiştirmek için kullanılır. Ayırıcının veya toprak ayırıcısının mekanizmasına kontak açık-kapalı bilgilerini verilebilir ve yardımcı kontaklar ilave edilebilir. Yük ayırıcının mekanizması motor ile kurulabilir. Yük ayırıcıların da açma kapama bobini kullanılması ile uzaktan açma kapama yapılabilir. Şekil 2.17’de işletme mekanizması bölümü örneği verilmiştir.



Şekil 2.17. İşletme mekanizması bölümü örneği.

2.5.3.4. AG Pano Bölümü

Metal muhafazalı hücrenin en üstünde ön bölümünde gerilim odasından metal bölmelerle ayrılmış ayrı kapağı olan bir bölümdür. Bütün klemens dizisi, koruma, kumanda, ölçü ve alçak gerilim cihazları bu bölümdedir. Kesici arabasıyla bağlantısı vardır ve esnek kablolar ile fiş prizler kullanılarak sağlanır. Hücrede enerji varken AG panoda çalışmalar yapılabilir. Aşağıda Şekil 2.18'da AG pano kısımları görselleri verilmiştir.



Şekil 2.18. AG pano bölümü kısımları.

2.5.3.5. Kablo Bağlantı Bölümü

Kablo bağlantı bölümü gerilim kablolarının bulunduğu bölmedir. Bu oda hücrenin arka alt kısmında yer alır. Şebeke kabloları topraklama ayırıcısındaki terminale bağlanır. Buraya 300 mm²'ye kadar kablolar rahatlıkla bağlanır. Kabloların hücrede dik durabilmesi için kablo girişlerinde kelepçeler ve rakor kullanılır. Bu bölümde çalışmak, kablo bağlantı bölümüne erişmek, enerjinin kesilmesi ve topraklama ayırıcısının kapatılması ile olanaklıdır. Ancak bu şekilde yüksek iş sağlığı ve güvenliği sağlanır.

Kablo bağlantı bölümünde ayrıca hücrenin özelliklerine göre başka ekipmanlarda bulunur. Bu ekipmanlar kesici, topraklama ayırıcısı, gerilim transformatörleri, sigortalar, kapasitif gerilim bölücüler ya da parafudurlar, troid tipi akım trafoları, sabit kontaklar gibi malzemeler kullanılabilir. Kablo bağlantılarında uygun kablo başlıklarının kullanılması fazlar arasında emniyet ve güvenlik açısından önem teşkil eder. Aşağıda Şekil 2.19'da kablo bağlantı odası verilmiştir.



Şekil 2.19. Kablo bağlantı bölümü örneği.

2.5.4. Yapısal Özellikleri

2.5.4.1. Genel Özellikler

Metal mahfazalı modüler hücreler kompakt tip, dolap tip veya köşk tip olarak dizayn edilir. Hava izoleli ve gaz izoleli olmak üzere iki tip metal muhafazalı modüler hücre bulunur. En yaygın olarak kullanılan metal muhafazalı modüler hücre tipi hava izoleli dolap tipi hücrelerdir.

2.5.4.2. Koruma Özellikleri

Modüler hücreler IP koruma sınıflarına göre derecelendirilir. Standartlara uygun olarak tasarlanan modüler hücreler IP koruma testinden de geçerek koruma sınıfı belirlenir.

2.5.4.3. Hücre Gövdesinin Özellikleri

Genellikle iki milimetre galvaniz kaplı sac kullanılarak üretilirler. Bazı dış yüzeyler elektrostatik toz boya ile boyanmaktadır. Gövde, ana taşıyıcı direkler, sacdan bükümlü parçalar, çelik cıvatalar ve perçinler kullanılarak montaj edilirler. Bölümlendirmelerle iç ark arızaları sınırlandırılır. Herhangi bir arıza oluşumunda meydana gelecek iç arkın her bölümün etkilenmemesi için ayrı deşarj klapeleri kullanılır. Bölümleri ayrı ayrı metal bölmelerden oluşur. Genellikle kesici odası, kablo bağlantı odası, AG pano bölmesi, bara odası olarak dört bölmeden oluşur.

2.5.4.4. Topraklama

Metal mahfazalı modüler hücreler bakım işlemleri esnasında güvenliğin sağlanması için topraklama gereklidir. Genel olarak erişilebilen ana devre elemanları, şaseler ve topraklanması gereken parçalar doğrudan hücre içindeki topraklama barasına bağlanırlar. Modüler hücreler yan yana kullanıldığında topraklama baraları cıvata ile önden birbirine eklenir. Bu topraklama baraları (Şekil 2.13'de 9 numaralı parça) hücrenin ön dışında gözle görülürler. Topraklama baraları daha sonra sistemin topraklamasına bağlanarak topraklama sağlanmış olur.

2.5.4.5. Hücre İçi Aydınlatma

Modüler hücrelerde standart olarak DC ve AC iç aydınlatma tesisatı konulur. Kullanım yerine göre yardımcı sitemin gerilimine uygun hazırlanan DC aydınlatma sistemi buton yardımıyla kullanılmaktadır.

2.5.4.6. Uzaktan Yerel Kumanda

Hücreler hücre içindeki soketlere takılan beş metre uzunluğundaki kabloların ucundaki açma kapama butonu olan kumandalar kullanılabilir. Yük ayırıcı modüler hücrenin yayı kurulu iken manüel olarak bu kumandalar ile kontrol edilebilir.

2.5.4.7. Mimik Diyagram

Modüler hücrelerin mekanizmasının üzerindeki ön panelinde kolay anlaşılır basit bir mimik diyagram bulunur. Bu diyagram sayesinde hücrenin devre elemanlarının konumu tespit edilebilir ve güvenlik sağlanabilir. Ayrıca yanında işlem sırası şematik olarak mimik panel üzerinde bulunur.

2.5.4.8. Sökülebilir Ve Sabit Kapaklar

Modüler hücreler de ana devre elemanlarına ulaşabilmek için kullanılan sabit ve sökülebilir kapaklar kullanılır. Bu kapaklar sadece gerekli topraklamalar yapıldıktan sonra açılabilir. Sabit kapaklar anahtarlar kullanılarak açılabilirken sökülebilir kapaklar için alet gerekmez, sadece topraklama yapmak ve kapağı el ile açmak yeterlidir.



Şekil 2.20. Sac aksam.

2.5.4.9. Korozyona Karşı Önlemler

Metal muhafazalı modüler hücreler metalden üretilirler. Korozyona önlem olarak gövdesi ve kapaklarında galvanizli sac kullanılır. Hücre içinde kullanılan demirden parçalar galvaniz kaplanır. Diğer bazı kullanılan parçalarda elektro statik toz boya ile boyanır. Her hücre içersinde nem oluşumunu ve neme bağlı olan korozyonu önlemek için küçük rezistanslar kullanılarak ısıtılır.

2.5.4.10. İç Ark Dayanımı

Modüler hücreler iç ark oluşumu sırasında oluşan dinamik ve termik kuvvetlere dayanımlı yapıda tasarlanırlar. Bir güvenlik önlemi olarak hücrenin arka kapakları daha dayanımsız tasarlanır. İç ark anında oluşan yüksek basınç ve sıcak gaz ön taraf da servis işlemi gerçekleştiren insanlara zarar vermemesi için arkadaki zayıf kapama sac elemanlardan dışarıya tahliye edilir. Bu şekilde iş sağlığı ve güvenliği sağlanmaya çalışılır. Tüm devre fabrikadan çıkmadan kalite kontrol bölümlerinde test edilir ve onay alanlar piyasa sürülür.

2.5.5. Kilitleme Fonksiyonları

Metal muhafazalı modüler hücrelerin kullanım alanlarına göre veya birbiriyle çalışma sistemlerine göre anahtarlama sistemleri kullanılır. Bu anahtarlama sistemleri; isteğe

göre elektrik, mekanik ve elektromekanik olarak tasarlanır.

2.5.5.1. Mekanik kilitler

Yük ayırıcıları- topraklama ayırıcıları arasında, ayırıcı – topraklama ayırıcıları arasında, kesici- ayırıcı arasında, topraklama ayırıcıları- kapak arasında kullanılır.

2.5.5.2. Elektrikli kilitler

Elektrikli kilitler ile şalterlerin kontakları ile hücreler arasındaki hareket sonu ve motor devresi başlatma durdurması sağlanır. Örnek olarak kesicili hücre ile ayırıcı hücre kullanımında kesici açılmadan ayırıcının açılmaması için bu kilitler kullanılır.

2.5.5.3 Elektromekanik Kilitler

Bu kilitler de yine metal muhafazalı hücreler arasında kullanılır. Örnek olarak kesici açmadan ayırıcının açılmasını engellemek gereksinimi için kullanılır.

2.5.6. Kullanım Yerleri

Metal muhafazalı modüler hücreler 36 kV'a kadar şehir şebekelerinde OG/AG dağıtım merkezlerinin OG bölümlerinde ve OG tüketici ve dağıtım merkezlerinde kullanılırlar. Metal muhafazalı modüler hücreler işletme ve tesise uygunluğunun yanı sıra can güvenliği için ilgili standartlara da uygun olmalıdır. Bazı yaygın kullanım alanları şunlardır

- Demir-çelik işletmeleri.
- Enerji üretim tesisleri.
- Çimento endüstrisi.
- Otomotiv endüstrisi.
- Elektrokimya tesisleri.
- Petrol endüstrisi.
- Rüzgâr santralleri.
- Boru hatları.
- Kimya endüstrisi.
- Oteller, alışveriş merkezleri, iş merkezleri.
- Tekstil, kâğıt ve gıda endüstrisi.

- Gemi inşa sektörü.
- Deniz-göl platformları.
- Trafo merkezleri.
- Enerji kesilmesine tahammülü olmayan hastaneler, hava alanları vb. yerler de yaygın kullanılırlar.

2.6. GİRİŞ HÜCRELERİ

2.6.1. Görevi

İsminden de belli olacağı gibi enerjinin ilk giriş yaptığı hücredir. Enerji trafo çıkışından ilk giriş hücrelerine gelir. Trafodan çıkan sekonder gerilimini kontrol altına alır ve kumanda eder.

2.6.2. Çeşitleri

Yük Ayırıcılı Giriş / Çıkış

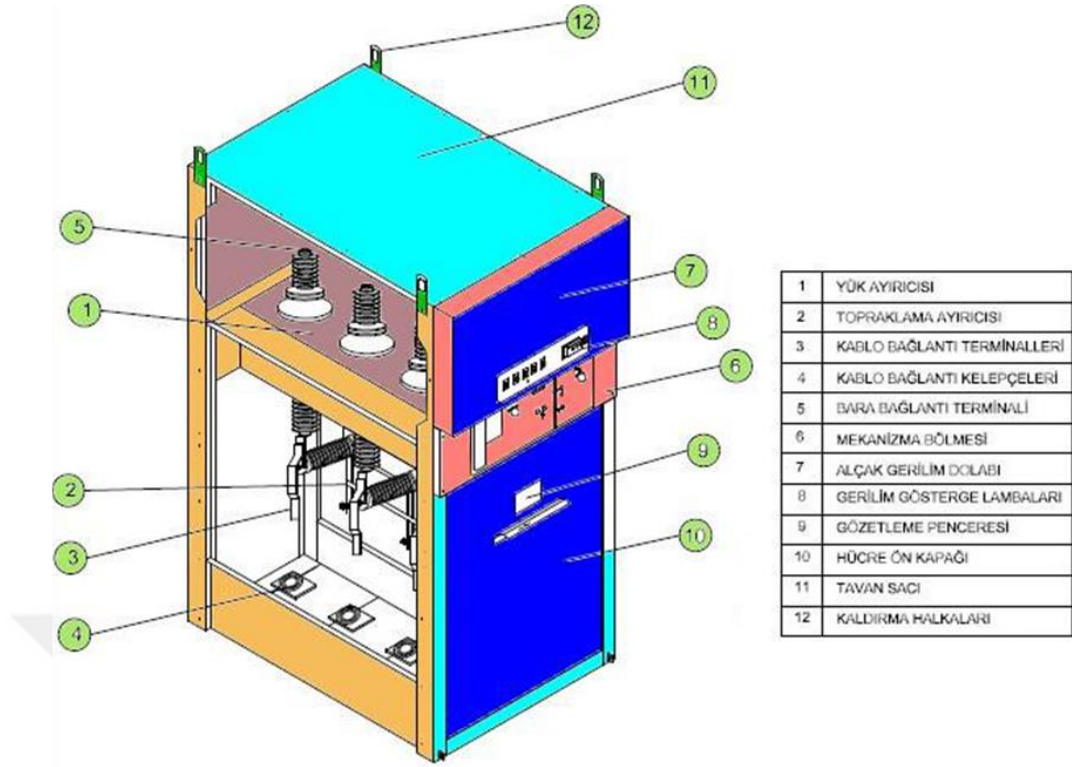
Sigorta+Yük Ayırıcı Bileşiği

Kesicili Giriş / Çıkış Hücresi

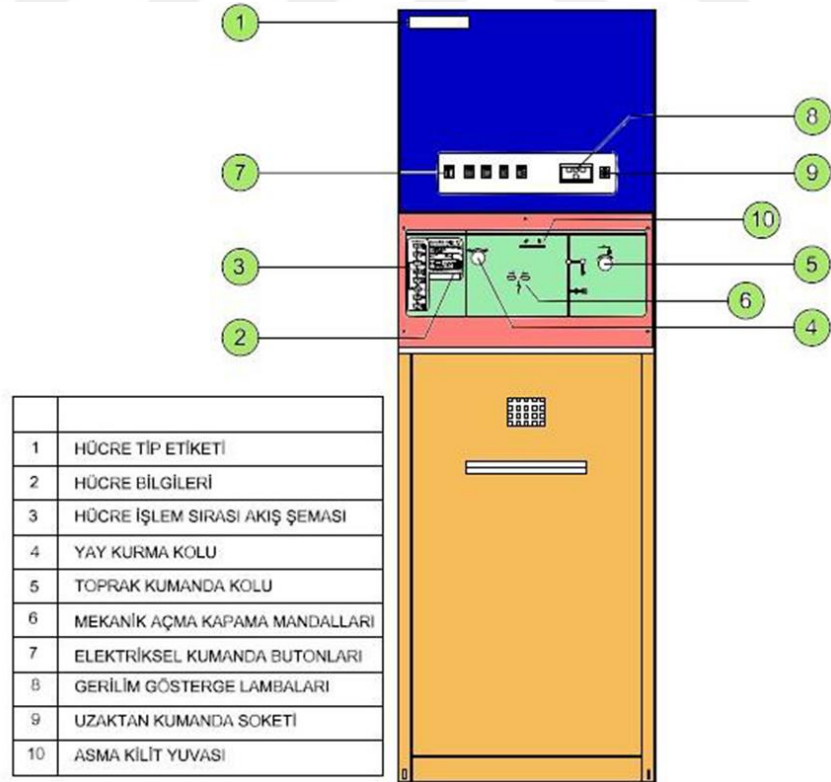
Ayırıcılı Giriş / Çıkış Hücresi

2.6.3. Yük Ayırıcılı Giriş Hücresi

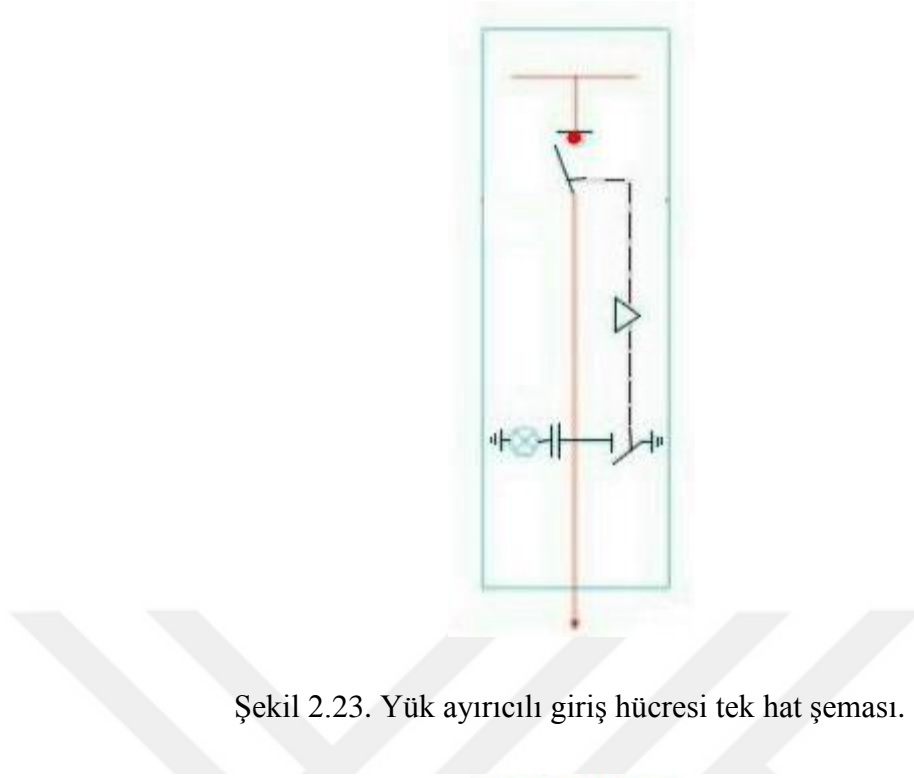
Yük ayırıcılı giriş hücresinde baradan yük ayırıcısı ile enerji alınmakta ve diğer hücrelere verilmektedir. Burada yük ayırıcısı ile toprak ayırıcı arasında bir kilitleme mekanizması vardır. Kablo üzerinde içerideki gerilim hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamak için kapasitif gerilim göstergesi bulunur. Bu mekanizmada tek hat şeması bulunur ve bu şemaya göre topraklanır. İsteğe bağlı olarak akım trafoları, kablo arıza göstergesi veya motorlu mekanizma eklenebilir. Aşağıda Şekil 2.21 ve Şekil 2.22’de örnek yük ayırıcılı giriş hücresi ve elamanları ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Yük ayırcılı giriş hücresi örneği.



Şekil 2.22. Yük ayırcılı giriş hücresinin önden görünüşü.



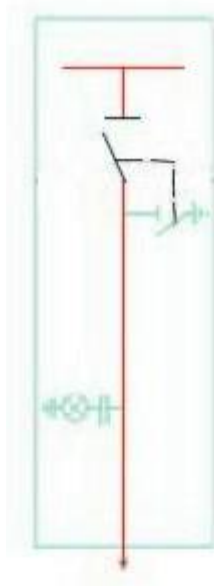
Şekil 2.23. Yük ayırıcılı giriş hücresi tek hat şeması.



Şekil 2.24. Tek hat şemalarında kullanılan semboller.

2.6.4. Ayırıcılı Giriş Hücresi

Topraklama eklenmiş olan giriş hücresidir. Diğer hücreler gibi kullanım yerine göre 12kV, 24kV ve 36kV gibi çeşitlendirilir.



Şekil 2.25. Ayırıcılı giriş hücresinin tek hat şeması.

2.7. ÇIKIŞ HÜCRESİ

2.7.1. Görevi

Trafodan çıkan sekonder gerilimini kontrol ve kumanda etmek için kullanılır. Modüler hücreler içinde, şehir şebekelerinde OG/AG dağıtım merkezlerinin OG bölümünde ve OG tüketici veya dağıtım merkezlerinde 12kV'dan 36kV'a kadar kullanılır. Hücreler tesis, işletme özellikleri ve standartların yanı sıra can güvenliği ile ilgili hususlar da gözetilerek imal edilir.

2.7.2. Kullanım Yerleri

Modüler hücrelerin kullanıldığı yerleri şuralardır;

- Trafo merkezleri,
- Enerji üretim tesisleri,
- Oteller, alışveriş merkezleri, iş merkezleri,
- Rüzgâr santralleri,
- Enerji kesilmesine tahammülü olmayan işletmeler, hastaneler, hava alanları ve benzeri işletmeler için tasarlanmıştır.

2.7.3. Çeşitleri

Ayırıcılı Giriş/Çıkış Hücresi

Yük Ayırıcılı Giriş / Çıkış Hücresi

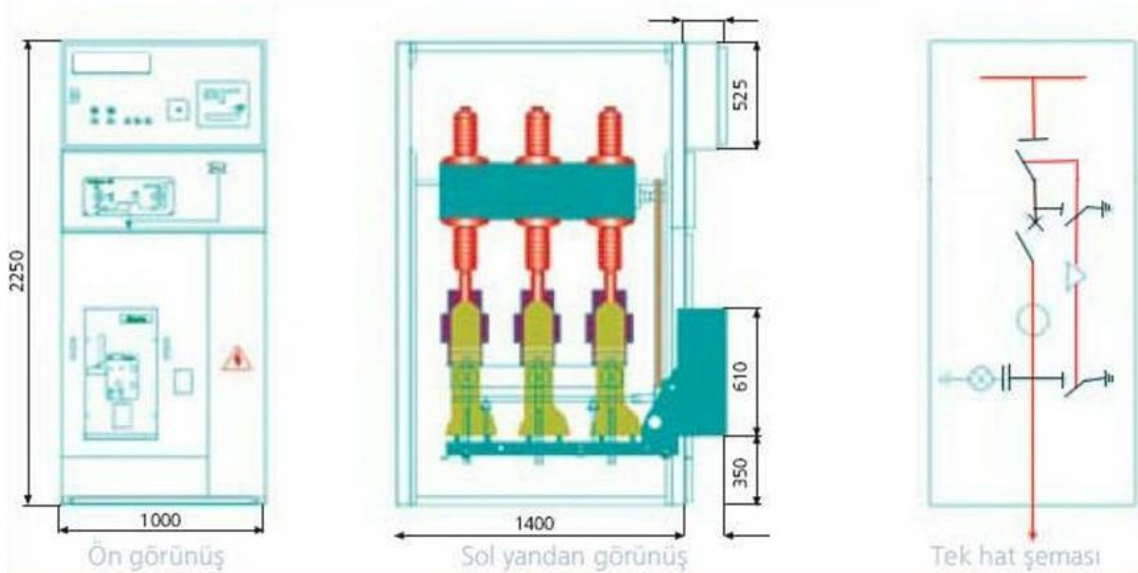
Kesicili Giriş/Çıkış Hücresi

Gerilim Trafolu Kesicili Çıkış Hücresi

Kesicili Bara Bölme Hücresi (Yandan Çıkışlı)

2.7.4. Kesicili Çıkış Hücrelerinin Görünüşü Ve Tek Hat Şeması

Havadan tümüyle yalıtılmış, paslanmaz kap içinde bulunan, 630A anma akımı olan baralar ve yük ayırıcısı-topraklayıcı ile bunlara bağlantı sağlamak için kullanılan geçmeli kablo başlıklarının bağlandığı kompozit buşinglerden oluşurlar. Koruma istenmeyen ring fiderlerinde kullanılır. İsteğe bağlı olarak akım trafoları, kablo arıza göstergesi, motorlu mekanizma eklenebilir. Diğer hücreler ile bağlantısı 1250A'lık izole ve ekranlı baralar kullanılarak yapılır.



Şekil 2.26. Kesicili çıkış hücrelerinin görünüşü ve tek hat şeması.

2.7.5. Modüler Hücrelerde Kullanılan Başlıca Ekipmanlar

2.7.5.1. Bara Düzenegi

Bütün baralar yatay olarak aynı yüksekliktedir. Ek hücre eklenmesine olanak sağlayacak şekildedir. Baralar için elektrolitik bakır malzeme kullanılır. Baralar hücrenin üst kısmında hücre anma değerlerine uygun kesitte olmalıdır ve ayırıcı veya yük ayırıcısına bağlantı yapılabilecek şekilde olmalıdır ve üzeri saç kapaklar ile güvenli şekilde kapatılmalıdır. Bara bölümüne erişim üst kapağından veya son hücre ise yan kapağından sağlanabilir. Hücrelerin en sağ ve en soldaki hücrelerinin bara bölümü yan sacları ile kapatılır. Bu şekilde yan yana eklenmiş bütün hücreler boyunca devam eder ve modüller hücreler arası geçişi olanak sağlar. Hücreler arası bağlantı için kullanılan ana baralar, polimer izolasyonlu, temas yüzeyleri karbon kaplanarak topraklanmıştır. Hücrelerin içerisindeki bütün elektriksel bağlantılar ise özel şekillendirilmiş bakır baralar ile yapılır. Nominal ana bara akımı isteğe bağlı 630A ve 1250A olur. Yalıtılmış baralar da kullanılan ısı büzüşmeli makara elektrik atlamalarına, yanlışıklıkla temasa ve dış ortam etkilerine karşı koruma sağlar. Modüler hücreler yan yana kullanıldıklarında modüler hücreler arası bara bağlantısı uygun kesitlerde üç adet ana bara ile yapılır.

2.7.5.2. Sf6 Gazlı Ayırıcı

Bu cihazlar açıldıktan sonra kontağı arasında büyük bir gerilim oluşturmayan, akım yolunda bir ayırma aralığı oluşturan ve yaklaşık akımsız açma kapama yapabilen ve iki akımların şal terlenmesinde kullanılırlar.

Kullanım alanına, kullanıcının isteğine göre ayırıcılar hava yalıtımlı veya Sf6 gaz yalıtımlı olarak iki çeşit olabilmektedir. Yük altında iken açma ve kapama yapmak uygun değildir. Devrede akım kesilir ve ardından ayırmak için kullanılır. Gazlı ayırıcılar mühürlü basınçlı sistem ile kapatılan çelik tank içindedir. Normal işletme ömrü boyunca yirmi yıl kadar bakım gerektirmez. Devrenin emniyetli izolasyonunu sağlamak için kullanılmaktadır. Genellikle topraklama bıçağı ile beraber kullanılır. Ayırma ortamında Sf6 gazı kullanıldığından dolayı çalışma emniyeti açısından avantajlıdır. Yanlış manevra ya da bir cihaz arızası sonucu oluşabilecek ark tehlikesine karşı daha güvenlidir. Sf6 gazlı yük ayırıcısı bir kazan içinde çalışan ayırıcı, doğrusal çalışan kontaklar aracılığı ile ayırma işlemini gerçekleştirir. Bu ayırıcının diğer bir özelliği de,

içindeki toprak ayırıcısının da kısa devrede kapatma özelliğine sahip olmasıdır. Ayrıca kontakların tam kapanması ve yerine oturmasını sağlamak için bir yardımcı yay-baskı sistemi kullanılır. Bu yay-baskı sistemi işletme güvenliğini artıran bir faktördür. Ayırıcıları üç kutupludur ve iki konumu vardır. Ayırıcı mekanizmasında bulunan yay-baskı özelliği ile kontakların hareketini tamamlamasını kolaylaştırmak ve güvence altına almaktadır. Ayırıcının kesme ya da kapama gücü yoktur, bu yüzden açma ve kapama işlemleri devre yük altında değilken yapılır.

2.7.5.3. Toprak Ayırıcısı

Topraklama ayırıcısı, enerjisi kesilen tesis kısımlarının topraklanmasında ve kısa devre yapılmasında kullanılır. Topraklama ayırıcısı kısa devre akımlarına bir saniye dayanarak kabloların deşarj akımını üzerinden taşıyabilmelidir. Topraklama ayırıcısı kimi durumlarda kapama da yapabilirler. Hava yalıtımlı topraklama ayırıcıları kısa devre akımlarına güvenle kapama yaparlar. Bu sayede sistemi kullanan operatörün istemeden yapacağı bir yanlışlık esnasında güvenliği garanti altına alınmaktadır. Topraklama ayırıcıları hücre yan duvarına sac şase üzerinde bulunurlar. Topraklama ayırıcılarının kontaklarında elektrolitik bakır kullanılır ve bakırlar ayrıca gümüş kaplanırlar. Hava yalıtımlıdır ve yük ayırıcısından ayrı tesis edilirler. Topraklama işlemini kapak açıldığında gözle görülebilir ve toprak ayırıcısı yedi kez kısa devre akımı (40 kA) üzerine kapama yapabilir. Hızlı kapama işlemi yapabilen toprak ayırıcısı el kumandası ile çalışır. Modüler hücre önünde kapasitif gerilim gösterge paneli bulunur. Hücre önünde hücrede kablo bağlantı noktasında enerji olup olmadığını gösteren kapasitif gerilim göstergesi ışıklı paneli de bulunur. Fazların tanımı ise etiketlerdeki şemalar yardımı ile yapılır. Gerilim göstergeleri geçici montaj lamalara uygun şekilde hazırlanır istenildiğinde takılıp çıkartılabilir. Gerilim göstergeleri, her fonksiyonel birimin ön yüzünde bulunur. Her kablonun gerilimi ayrı gösterilebilir. Aşağıda Şekil 2.27'de topraklama ayırıcısı mekanizması verilmiştir.



Şekil 2.27. Ayırıcı topraklama mekanizması [18].

2.7.5.4. Ayırıcı-Toprak Kilidi

Yük ayırıcısı ve toprak ayırıcısı arasında mekanik bir kilit bulunur. Ayırıcı kapalı iken toprak ayırıcısı da kapatılamaz, ayrıca toprak ayırıcısı kapalı iken ayırıcı kapanmasını önleyen mekanik koruma sistemleri bulundurulur.

2.7.5.5. Yardımcı Röle Ve Kontaklar

Yardımcı röleler ve kontaklar hücre içindeki elamanların çalışma durumu ve arıza durumları hakkında bilgi vermek, elamanları bağlamak için kullanılmak üzere yedek kontaklardır. Ayırıcı ve toprak ayırıcısı konum bilgileri için 4NA+4NK yardımcı kontak bulunur.

2.7.5.6. Termostat Kontrollü Isıtıcı

Metal mahfazalı hücreler metallere oluşur. İç ve dış parçalarında genel olarak korozyona dayanıklı olan galvanizli saclar kullanılır. Gün içersindeki ısı değişimleri hücrede neme bağlı değişmelere yol açar. Isı değişiminden dolayı hücre içinde ısı değişikliği minimuma indirmesi, yani hücre içi ısıyı sabit tutmak için rezistanslar konulmaktadır. Isıtıcı rezistanslar da 220V ve AC ve 150W gücünde kullanılır. Isıtıcının hücre içi ısını kontrol etmesi için ise termostat kullanılır.

2.7.5.7. Arıza Gösterge Düzeni

Arıza gösterge düzeneği isteğe bağlı olarak bulundurulabilir.

2.7.5.8. Arıza Akım Göstergesi:

Giriş kabloları üzerine bulunan toroidal akım trafoları üzerinden sinyal alırlar ve kablolarda arıza olduğunda, arıza akımının hangi fazda oluştuğunu gösterirler. Eğer istenirse kontaklı tip göstergeler ile arıza bilgisi, uzak kumanda merkezine taşınabilir. Mikroişlemci yapıya sahiptirler, arızayı hissederek lokal arıza sinyali verirler. Faz arızası ve toprak arızası set değerleri zaman içerisinde cihaz üzerinden değiştirilebilir.

2.7.5.9. Faz Göstergesi

Kapasitif gerilim bölücü izolatörler veya kablo üzerinden sinyal alırlar. Ön panel üzerinde bulunan neon lambalar ile fazlarda gerilim olduğunu gösterirler. Kapasitif gerilim bölücülü izolatörlerin birisinin atması hâlinde yük ayırıcı açar ve bu sayede transformatör, dengesiz (eksik-fazla) yüklenmeden korunur. Ayrıca, isteğe bağlı olarak açtırma rölesi takılabilir. Açtırma rölesi transformatörün bucholz rölesi ve kontaklı termometresinden alınacak kontaklar ile açtırma yapabilmektedir. Eğer istenirse fider mekanizmaları motor ile kapamalı üretilebilir veya bobin ile açtırmalı olarak da imal edilebilir.

2.7.5.10. İç Aydınlatma

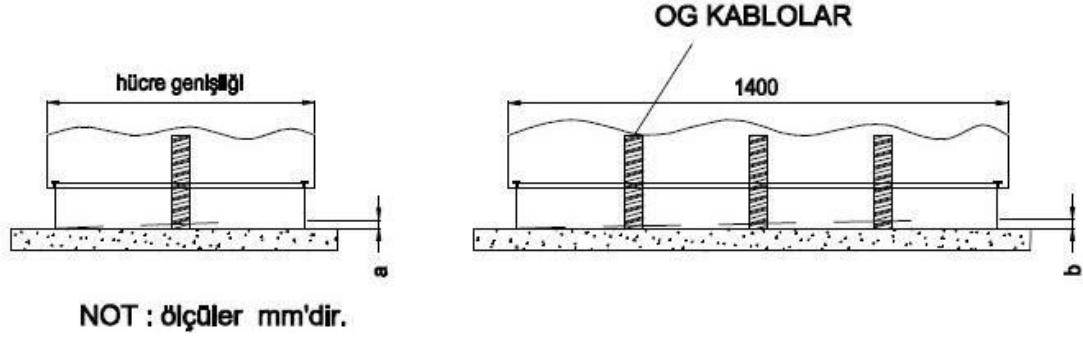
Modüler hücrelerde iç aydınlatma standart donanım olarak bulunmaktadır. İç aydınlatma AC ve DC olarak hücre içi aydınlatma ve tesisatı bulunur. Hücre kullanım yerindeki yardımcı sistem gerilimine uygun olarak üretilen DC aydınlatma buton ile kullanılır. Ayrıca aydınlatma için sistemde şarjlı lambalar kullanılmaktadır. Bazı ünitelerde ise aydınlatma akü yardımıyla yapılmaktadır.

2.8. MODÜLER HÜCRELERİN YERİNE MONTAJI

2.8.1. Doğrudan Zemine Montaj

Kablo kanalı olan bir beton zemin üzerine doğrudan monte edilebilir. Beton üzerinde ki kablo kanalı, 1000 mm genişlik ve hücre yerleşim planına uygun şekilde kablo çapı ölçüleriyle bağlantılı olarak belirlenen derinlikteki kanal üzerine monte edilir. Her hücre

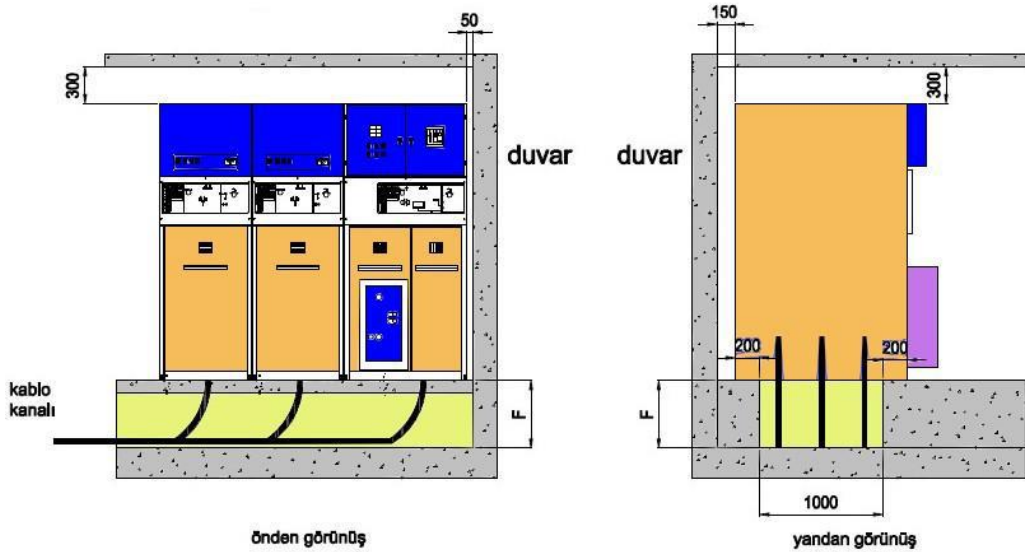
HÜCRE GENİŞLİĞİ	a (max)	b (max)
750 mm	3	6
1000 mm	4	6
1150 mm	5	6
1500 mm	7	6



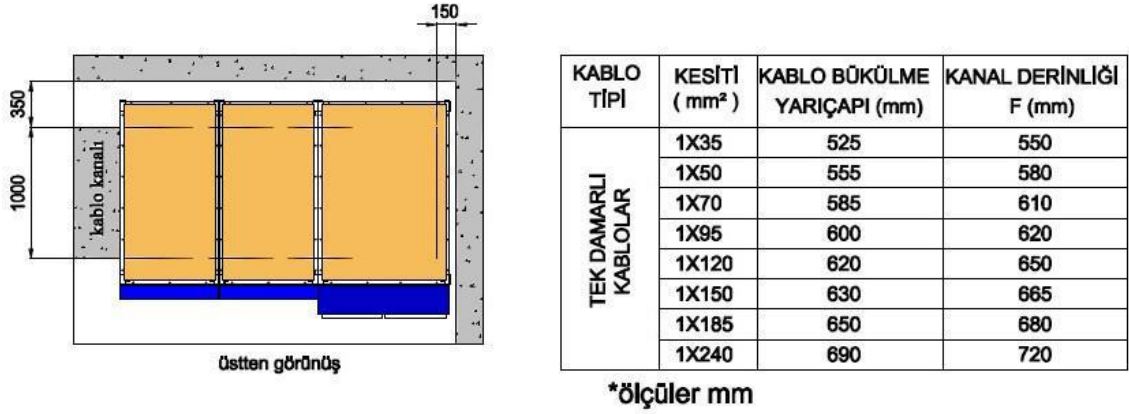
Şekil 2.29. Hücre yerleşim zemin toleransları.

2.8.4. Yerleşim Mesafeleri

Modüler hücreler aşağıda verilen şekil ve mesafelerde tesis edilmelidir. Bu mesafelere uygun şekilde yerleştirilmemesinde modüler hücrelerde meydana gelebilecek herhangi bir iç ark arızasında ilk olarak operatör zarar ciddi zararlar görebilir. Aşağıda Şekil 2.29 ve Şekil 2.30'da modüler hücre yerleşim mesafeleri ön, yan ve üst görünüşleriyle birlikte belirtilmiştir.



Şekil 2.30. Modüler hücre yerleşim mesafelerinin önden ve yandan görünüşü.



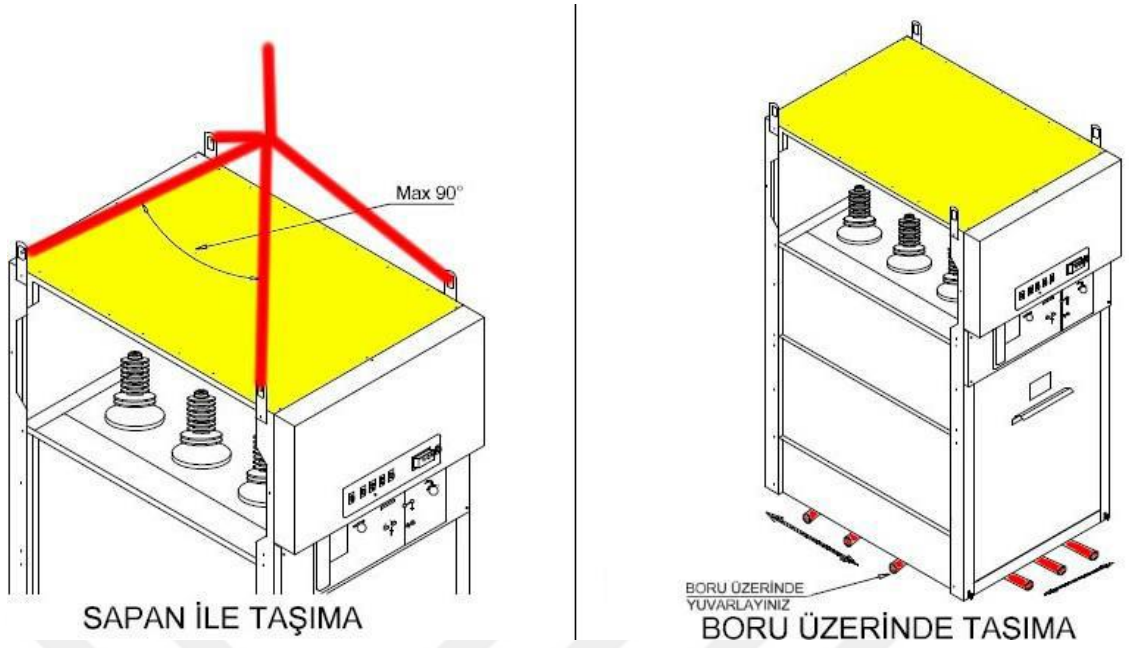
Şekil 2.31. Modüler hücre yerleşim mesafeleri üstten görünüşü.

2.8.5. Montaj Yeri Hazırlama

Hücreler, yukarıdaki belirtildiği gibi uygun şekilde çevrelerindeki duvarlar ile aralarında boşluk bırakılarak yerleştirilir. Hücreler arkasında bırakılan boşluk, patlama pencerelerinin basınç boşaltma boşluklarıdır. Operatör ve başka yabancı maddelerin bu bölgeye giriş engellenmelidir. OG kablolarının hücrelere girişi alttan olduğu için hücrelerin altındaki zeminde kablo çaplarına göre uygun derinlikte kablo kanalları olmalıdır. Tüm hücreler, yerlerinde dikili olarak durabilecek şekilde olmalı ve titreşim ve deprem benzeri olaylara karşı zemine sağlam bir şekilde sabitlenmelidir. Hücre, betona, zemin gönyesine getirildikten sonra çelik dübeller ve saplamalar yardımıyla sabitlenmelidir.

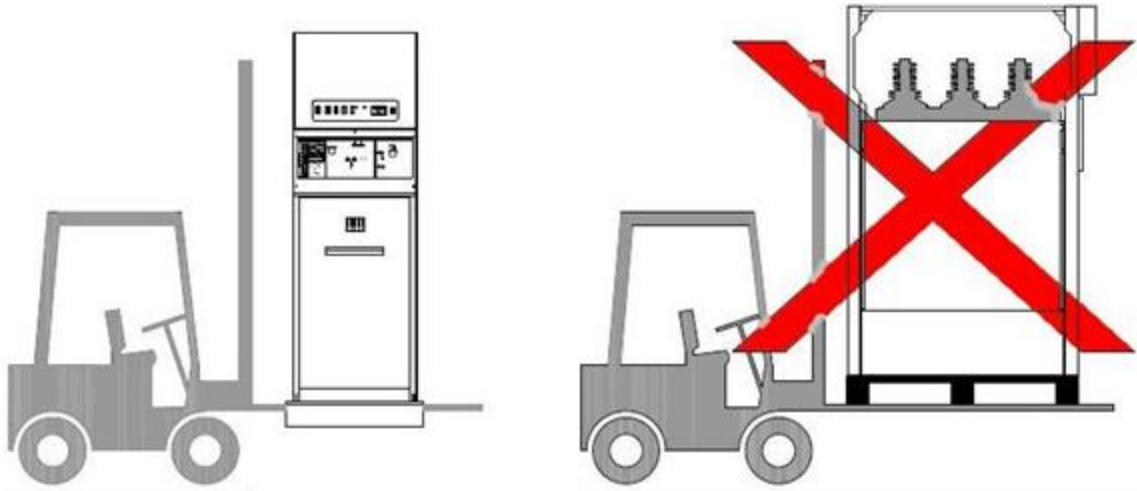
2.8.6. Modüler Hücreyi Nakil Etme Hususları

Modüler hücreyi montaj yerine taşıırken imkânlar göre bazı değişik yöntemler uygulanır. Bunlar boru üzerinde taşıma, sapan ile taşıma ve forklift ile taşıma gibi yöntemlerdir. Bu hücrelerin içi hassas kırılabilir ve patlayabilir parça ve mekanizmalardan oluştuğu için dikkatli taşınması gerekmektedir. Ayrıca fabrikalardan bu parçalar kurulu bir vaziyette çıkartıldığı için taşıma esnasında dikkatli olunması gerekmektedir. Montaj yerinde sadece enerji kablo montajları ve birkaç dış kapak, kapama sacları gibi parçaları takılmaktadır. Sapan ile taşımada ise hücrenin gövdesine takılan sac parçaların merkezlemesi ve dayanıklı olmasına dikkat edilmelidir. Boru üzerinde kaydırarak taşınmasında ise yavaş ve dikkatli olunmalıdır. Aşağıda Şekil 2.31 ve Şekil 2.32'de taşıma şekilleri verilmiştir.



Şekil 2.32. Hücre taşıma şekilleri.

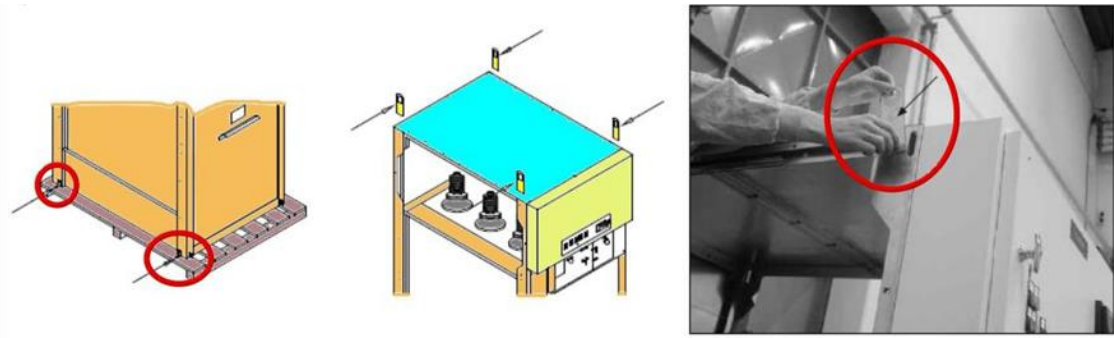
Bir diğer taşıma şekli olan forklift üzerinde taşımada ise dikkat edilecek en önemli husus hücrenin palet üzerinde olmasıdır. Forkliftin dişleri palet içindeki diş yerlerine güvenli şekilde oturtularak kaldırılmalı ve taşınmalıdır. Palet üzerine dengeli bir şekilde konulması ve yavaş hareketlerle devrilmeden taşınması gerekmektedir. Hücre cıvata yardımıyla palete bağlanabilir. Hücrenin palet üzerinde duruşu aşağıdaki Şekil 2.32'deki belirtilen şekilde olmalıdır.



Şekil 2.33. Hücrenin forklift ile taşınması.

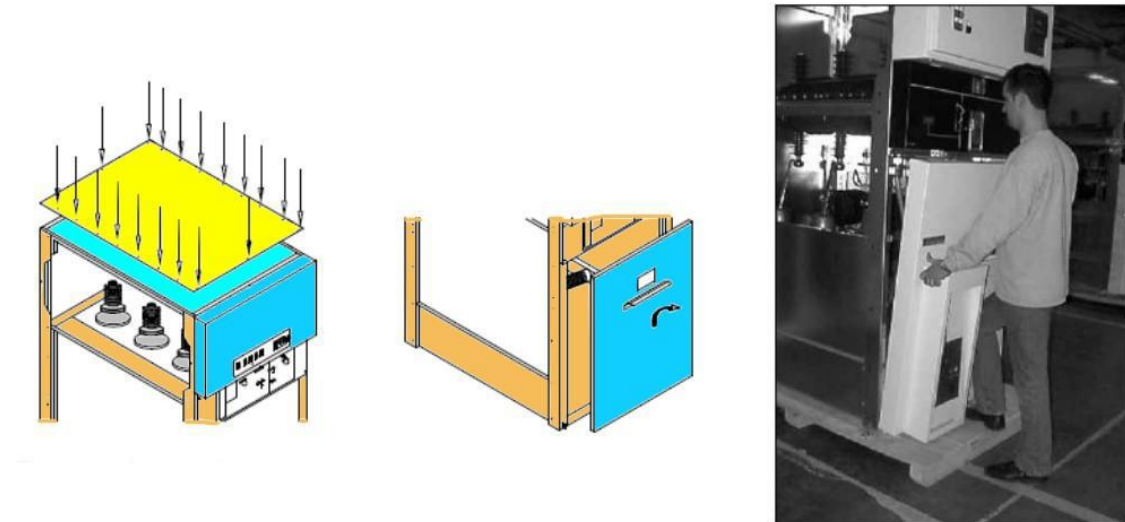
2.8.7. Yerine Montaj Yöntemi

Hücreler teraziye alınmış beton zemin üzerine veya hazırlanmış ve betona sabitlenmiş demir yapı üzerine monte edilebilir. Hücre tiplerine yani boyutlarına göre zemine bağlantı için kullanılacak bağlantı elemanı delik ölçüleri projede verilir. Zemin bağlantı elemanı en az M8 olmalıdır. Eğer varsa hücreyi palete bağlayan cıvataları sökülür ve kaldırma sacları da sökülür. Aşağıda Şekil 2.33’de palet cıvataları ve kaldırma sacları gösterilmiştir.



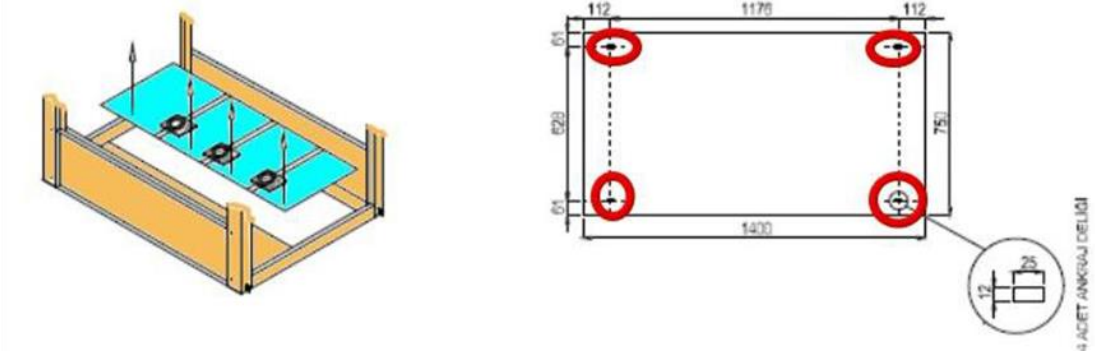
Şekil 2.34. Hücre palet cıvatalarının sökülmesi ve kaldırma sacları.

Aşağıda Şekil 2.35’de gösterildiği gibi hücre tavan sacı ve ön kapağı çıkarılmasıyla bara bağlantılarına ve mekanizmaya ulaşılır ve gereken bağlantı ve ayarlar yapılır.



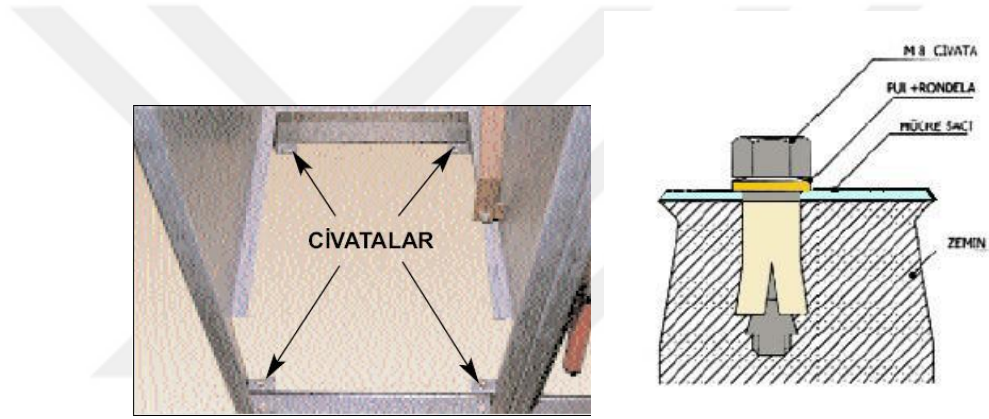
Şekil 2.35. Hücre tavan sacı ve kapağının çıkartılması.

Hücre taban sacları üzerinde bulunan kablo bağlama kelepçeleri ve taban sacları sökülerek hücre sabitleme deliklerinden yere sabitlenir.



Şekil 2.36. Hücre taban sacının çıkartılma şekli ve sabitleme cıvataları.

Modüler hücrenin zemine sabitlenmesi için kullanılan bağlantı cıvataları hücrenin yanında üretici firma tarafından gönderilir.



Şekil 2.37. Hücrenin bağlantı elemanları ile yere sabitlenme şekli.

2.8.9. Montajda Dikkat Edilecek Hususlar

Hücrelerin montajında kullanılacak bağlantı elemanlarının yeterli yükü taşıyabilecek uygun dayanımda ve ölçülerde olduğuna dikkat edilmelidir.

Cıvataların tork anahtarı ile sıkma momentlerine göre sıkılmalıdır.

Cıvata önlerine güvenlik ve emniyet için mutlaka uygun rondelâ kullanılmalıdır.

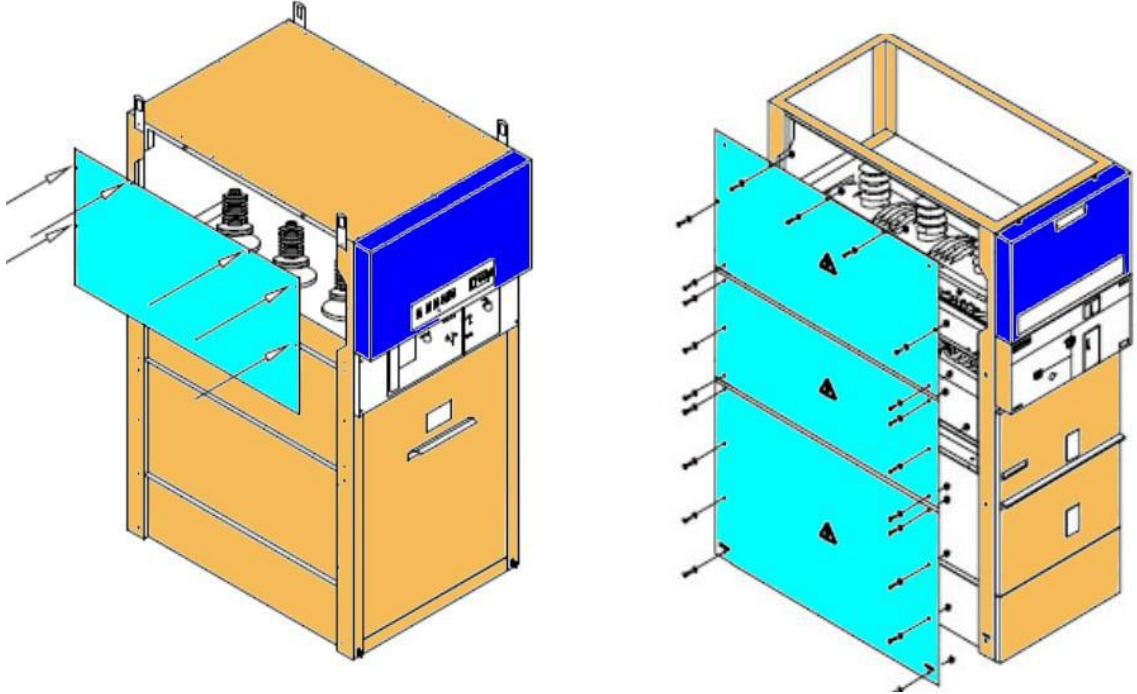
36 kV hücrelerde orta gerilim kabloları tek damarlı olarak kullanılmalıdır. Eğer kablolar üç damarlı kullanılır ise bükülme yarıçaplarının büyük olması nedeni ile bükülme yarıçapları kablo dış çaplarının minimum 15 katı olmalıdır. Bu tip kabloların kablo kanalları içinde ayrılarak iletkenlerine göre hücre içine ayrı şekilde girmesi sağlanmalıdır.

2.8.10. Hücreler Arası Montaj

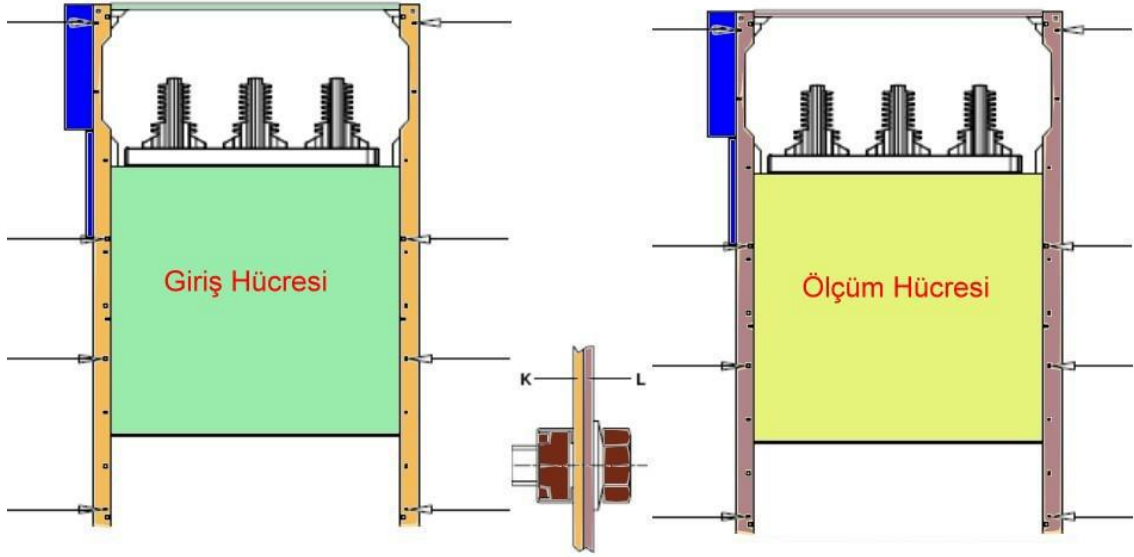
Modüler hücreler birbirine montajı esnasında baralar kullanılır. Üstten bağlanan baralar ile hücreleri istediğiniz gibi konumlandırabilir, isterseniz baradan kablo ile çıkış alabilir ve ya gaz izoleli hücrenin yanına hava izoleli hücre koyabilirsiniz. Hücreler düzgün bir şekilde yan yana yerleştirildiğinde, bağlantı delikleri birbirine tam olarak denk gelecektir. Takılı olan tırnaklı somunlar ve hücre ile birlikte gelen cıvatalar kullanılarak tek tip cıvata ve tek anahtarla, hücreler birbirine bağlanırlar.

2.8.11. Montaj İşlem Sırası

Firma tarafından fabrikadan sevk edilen hücrelerde dizi sonu sacı aşağıda Şekil 2.38’de gösterildiği gibi yan saclar takılmış olarak gelir. Hücrelerin bu yan sacları bara bağlantılarının yapılması esnasında sökülür. Hücrelerin yanlarında iki adet dikme şase sacı bulunur ve hücrelerin birbirlerine montajını sağlayan bağlantı delikleri ise bu dikmelerde bulunmaktadır. Bağlantı elemanları ve cıvatalar ile bu delikler kullanılarak hücreler birbirlerine montaj edilir.

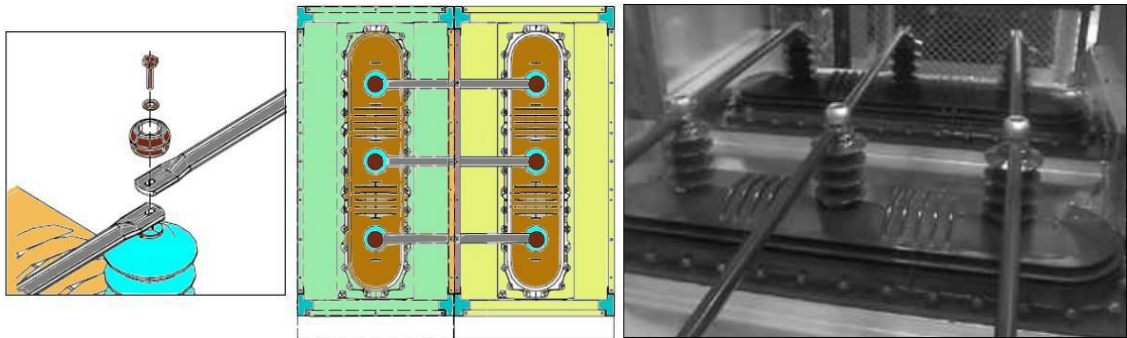


Şekil 2.38. Hücrelerin yan sac kapamaları ve birbirine montaj delikleri.



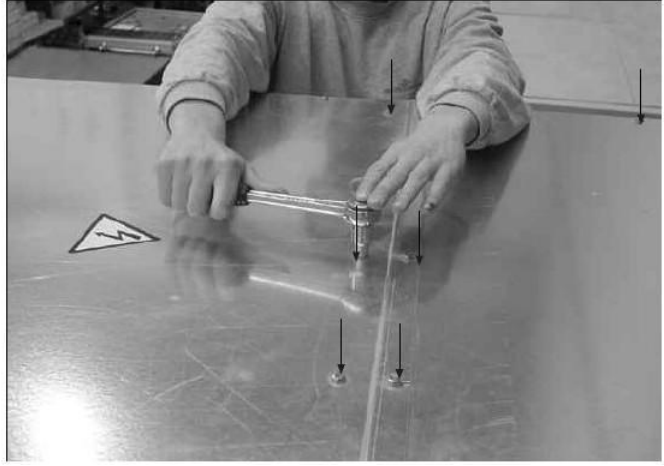
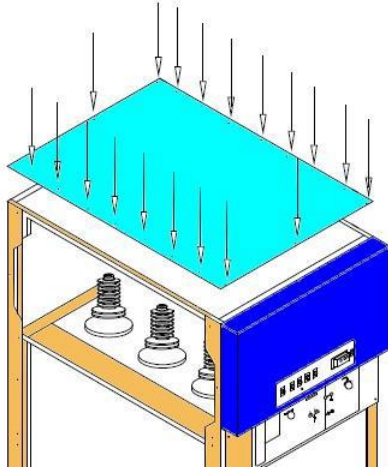
Şekil 2.39. Hücrelerin birbirine montaj deliklerinin gösterimi.

Önceden sökülen tavan sacı kısmında hücrelerin ana bara bağlantıları sacların sökülmesiyle rahat bir şekilde yapılır. Birinci sırada bulunan giriş hücresinin ayırıcı izolatörü ile ikinci sırada bulunan ölçü hücresi ayırıcı izolatörü arasındaki bara bağlantısı yapılır. Bara üzerine bir küre yerleştirilir ve ayırıcı izolatörü bara bağlantı civatasını tork anahtarı ile küre içerisinden sıkılır. Bu işlemleri üç faz için uygulanır. Baralar 3 adet M8x25 ve 3 adet M8 rondela üretici firma tarafından belirtilen tork ile sıkılır. Şekil 2.40’da hücreler arası ana bara bağlantı şekli gösterilmiştir.



Şekil 2.40. Hücrelerin arası bağlantı barasının gösterimi.

Şekil 2.41’da görüldüğü gibi tavan saclarını yerine takarak ve civataları sıkılarak ana bara bağlama işlemini bitirilir. Hücrelerin ön alt kısımda bulunan topraklama kuşaklarını ise yine üretici firma tarafından verilen esnek iletken bakırı kullanılarak birbiriyle ilişkilendirilir.



Şekil 2.41. Hücre üst sac kapağının takılması.

2.8.12. Montajda Dikkat Edilecek Hususlar

- Hücrelerin ana bara bağlantıları yapıldıktan sonra kapaklar kapatılarak birbirine bitişik yanları hariç diğer cıvatalar sıkılmalıdır.
- Hücrelerin montajında kullanılacak bağlantı cıvataları somun ve rondelâları uygun yük kaldırabilecek ölçülerde olmalıdır.
- Cıvataların tork anahtarı kullanılarak sıkma momentlerine göre sıkılmalıdır.
- Güvenli bağlantı için cıvata altlarına mutlaka uygun rondelâ kullanılmalıdır.
- Hücrenin içerisinde herhangi bir alet, araç gereç, anahtar, bez vb unutulmamalıdır.

2.8.13. Bakım Onarım İşlem Sırası

- Bakımı yapılacak kesici önce dışarıdan gözle kontrol edilerek sökülmelidir.
- Gevşeyen parçalar ve bağlantılar sıkılmalıdır.
- Çatlayan veya kırılan eleman ve malzemeler yenisi ile değiştirilmelidir.
- Bozulan veya aşınan kontaklar yenisi ile değiştirilmelidir.
- Temas etmeyen kontakların teması sağlanmalıdır.
- Ark söndürme yöntemine göre; gaz, yağ ve hava miktarları kontrol edilip varsa kaçaklar önlenir ve eksilenler tamamlanır.
- Kumanda ve kurma düzenekleri kontrol edilerek oluşan problemler giderilir.

2.8.14. Dikkat Edilecek Hususlar

- Öncelikle bakıma alınacak kesici enerjisi kesilerek yedeğe alınmalıdır.
- Sökme işlemi yaparken çıkarılan parçaların, bir yerde toplanarak kaybolması önlenmelidir.
- Sıkma işlemi yaparken cıvata ve somunlar fazla sıkılarak yalama yaptırılmamalıdır.
- Ark söndürme malzemelerinin miktarları muhakkak kontrol edilmelidir.
- Yapılan bakım ve onarımlar kaydedilmelidir.
- El aletleri ile çalışırken kesinlikle iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır.

2.9. TEMEL HAMMADDE EPOKSİ

Çalışmada tasarımı gerçekleştiren epoksi reçineli Sf6 gazlı kutubun temel hammaddesi olarak kullanılan epoksi reçine kuşkusuz hem üretim aşamasında hem de saha uygulamalarında dikkatle takip edilmesi gereken bir üründür.

2.9.1. Epoksinin Tarihçesi

Epoxy sözcüğü türetilmesi Yunanca iki örnektendir: “üzerinde” anlamına gelen “epi” ve “keskin/asitli” anlamına gelen “oxy”. Epoxy kimyasının tarihi muhtemelen 1900’lerin ilk yıllarında, Rus kimyager Prileschajev olefinlerin peroksibenzoik asit ile reaksiyona girerek epoksitleri oluşturduğunu keşfetmesiyle başlamıştır. 1930 yılının ortalarında Alman bilim adamı P. Schlack âminleri birden fazla epoksit grup içeren epoksit karışımları ile reaksiyona sokarak hazırladığı yüksek molekül ağırlıklı poliaminler için patent almak üzere başvurmuştur. Patent, epiklorohidrin ile bisfenol A’nın epoksit karışımlarının reaksiyonu olarak tanımlanmıştır. 1935 yılında sentetik reçineler hakkında ilk çalışmalara Zürih’de bir firma tarafından başlatılmıştır. Bu ilk çalışmalar, imalat hatalarını giderebilecek döküme müsait bir malzemenin bulunması içindi. Döküm içerisinde hava kabarcığı meydana gelmemesi istenmekteydi bunun için döküm esnasında kimyasal reaksiyon ile herhangi bir gazın çıkması engellenmeliydi. Daha önemlisi, dökümde sonradan olması muhtemel çatlakları önleyecek mekanik ve kimyasal gücün mevcut olması gerekiyordu. Bugün çeşitli sahalarda kullanılan epoksi reçinelerin ilk temeli Pierre Castan ve yanındaki kimyacılar tarafından atılmaya

başlanmıştır. Diphenylol propan ve epichlorohydrin bileşenlerini fitlik hidrat ile karıştırarak 110 °C ve 150 °C arasında sertleşen ve sonradan eritilemeyen ilk reçineyi keşfetmişlerdir. Bu işlem ancak 1938 yılında, dikkatleri sonradan üzerine çeken, 21116 numaralı İsveç patenti ile bira daha geliştirilmiştir. Bir kaç sene sonra, epoksi reçinelerin sıcaklık ayarlamaları üzerinde Amerika'da Defoe ve Reynolds ile Shell, İsviçre'de ise CIBA Basle tarafından çalışmalar yapılmıştır. 1945 yılındaki önemli gelişmelerin patenti ise CIBA Basle tarafından alınmıştır. Epoksi reçinenin (epoxy resin) ilk çeşidi 1946 yılında Ciba-Geigy tarafından ticarileştirilmeye başlanmıştır. 1946 yılında Araldit A olarak bilinen Ethoxyline reçine ilk epoxy olarak satışa sunulmuştur. Fitahk hidrat, Araldit I'm XV ve 101 tiplerinin 100 °C ile 200 °C de sertleşen bu sentetik reçinesi, elektrik endüstrisinde büyük bir ilgili görmüştür. Shell tarafından Amerika'da üretilen epoxy'ler Epon ve Epikote reçineleri isimlerini almışlardır; fakat bu çalışmalar daha ziyade kaplama verniği imalatının geliştirilmesine kullanılmıştır. Epoksi reçineden önce çeşitli sentetik reçineler ve plastik malzemeler olmasına rağmen epoksi reçine kullanımı gittikçe artmıştır. Bu konuda ilk ortaya çıkan Fenol formaldehit veya kâşifi Baekeland'a izafen Bakalit' olmuştur. Elektrik tesisatı malzemeleri ve küçük parçaların imali için Üre, Melamin reçineleri yaygınlaşmıştır. Yukarıda isimleri verilen malzemeler pratik olarak, erimeyen reçin cinsi idi; fakat döküm işlemi sonucu hacimde bir azalma gerçekleşiyordu. Döküm esnasında su ve amonyağın çıkması ile hava kabarcıklarının oluşmaması için dökümün yüksek basınç altında yapılması gerekmektedir. Bu çeşit dökümü gerçekleştirmek mümkün olduğu için elektrik malzemelerinin çoğunluğu bu malzemelerden imal edilmiştir. Termoplastikler sınıfına dahil olan, polivinil klor, polietilen, poliester ve bunun gibi sentetik malzemeler imal edilmiştir; fakat bunlar döküm sonucu hacimce % 10 azalmaktadır. Dielektrik yönünden olumlu özelliklere sahip olmasına rağmen 100 °C veya aşağısında akıcılık kazanıp sonradan tekrar sertleşmesi, yanıcı kabiliyete sahip olması sebebiyle kullanışlı değildir. Bu sebeple sıcaklığın, atmosfer sıcaklığından fazla yükselmediği tel, kablo veya bunlar gibi malzemelerin üretiminde kullanılır. Unutulmamalıdır ki saf epoksi reçinenin de ısıl plastik malzeme karakteristiklerine sahiptir.

1949 yılında Imhof kuru tip ölçü transformatörleri imalatındaki uygulamasıyla ve yine Imhof ve Koller gerilim, akım trafoları, yıldırım çekicileri, mesnet izolatörleri ve diğer elektrik malzemelerinin imalatı ile epoxy'lerin gelişmesinde büyük katkı sağlamıştır.

1950 yıllarına kadar epoksi reçinenin imalatı ve işlenmesi hakkında en ilginç yazı Schrade tarafından ele alınmıştır. Bir süre sonra Jahn Araldit'lerin yapısal özellikleri ve uygulanışı hakkında çeşitli yazılar yazmıştır. Aynı yıllarda, epoxy'ler üzerinde ihtisas sahibi Narrocot, Dearborn ve diğerleri ihtiyacı hissedilen yeni sentetik maddeler hakkında öğretici bilgiler sunmuşlardır. 1957 yılında da Lee ve Neville tarafından epoxy'ler hakkında iki kitap yazılmış ve ilgi çekmiştir. Bugün iyice gelişmiş olan epoksi reçineler, genellikle yukarıda bahsedilen Castan'ın patentinde bulunmaktadır [6].

2.9.2. Epoksi Sistemi

Epoksi sistemi, epoksi reçinesi ve bir kürlenme ajanı olan hardenerden (sertleştirici) meydana gelmektedir. Epoksi sistemi kullanıldığında, epoksi reçinesindeki tekil moleküller (monomers), kürlenme ajanı (hardener) ile birleşerek, uzun zincirleme molekül bağları oluşturur. Epoksi ve hardener karışımı kürlenince, sert bir polimer meydana getirilir. Bazı epoksi sistemleri oda sıcaklığında bir kaç dakikada kür olur, bazıları ise sertleşmesi için daha fazla ısıya ve zamana ihtiyaç duyar. Pek çok epoksi ürünlerinin içeriğinde organik solvent ve filler ve pigmentler bulunur. Sertleşen epoksilerin karakteristik özellikleri epoksinin monomerine, kürlenme ajanına (hardener), fillerin ve solvent eklenmesine göre değişir. Piyasada mevcut en önemli birkaç epoksi reçinenin sıvı ve katı olarak, viskozitesi, epoxy numarası Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'de verilmiştir [6].

Tablo 2.3. Yönlendirilmiş bazı sıvı reçineler.

Reçine İsmi	Epoxy No	Viskozite cP (25 °C de)	İmalatçı
Araldit F	185-200	9000-13000	CIBA
DER 831	186-192	11000-14000	Dow Chem. Co.
Dobeckot 501	?	7000-8000	Dr. Beck
Epikote 828	190-210	10000-15000	Shell
Epotuf 37/140	185-190	10000-15000	Reichhold
ERL 2774	182-186	11000-14000	Union Carbide
GfT 0164	182-186	13000-14000	Ges. Für Teerver
Grilonite G3	185-200	8000-15000	Emser Werke

Tablo 2.4. Yönlendirilmiş bazı katı reçineler.

Reçine İsmi	Epoxy No	Yumuşama noktası °G	İmalatçı
Araldit B	370-440	50-60	CIBA
DER 661	475-575	70-80	Dow Chem. Co.
Dobeckot 501	360-420	?	Dr. Beck
Epikote 828	300-375	40-45	Shell
Epotuf 37/140	390-440	52-56	Reichhold
GfT 0164	380-400	50-53	Ges. Für Teerver
Grilonite G3	370-415	50-60	Emser Werke
Lekuthermx-30	340-380	45	Bayer

Aşağıda Tablo 2.5’de ise, italik anhidrat ile işleme tabi tutulan bazı önemli epoksi reçinelerin (Araldit) özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.5. Çok kullanılan üç ayrı reçinenin karakteristikleri.

Karakteristik İsmi	Araldit B	Araldit I	Araldit CYT75
Eğilme mukavemeti kg/mm ²	9-12	9-13	3-7
Çarpma mukavemeti kg/cm/cm ²	13-20	7-13	4-5
Young modülü kg/mm ²	300-400	400-450	475
Gerilme mukavemeti kg/mm ²	5,5-8,5	5-8	3-4
Marten sıcaklığı °C	95	125-135	200
Dielektrik sabitesi 20 °C’de	3,7-3,9	3,5-3,55	3,7
100 °C’de	3,7-3,9	3,7-3,9	3,7
Dielek. Kayıp faktörü 20 °C’de	0,4-0,7	0,3-0,5	0,5
100 °C’de	0,4-0,7	0,4-0,7	0,4
150 °C’de	3,0-4,0	-	0,5
200 °C’de	-	-	0,5

Epoksi reçinenin en önemli özelliği sıvı halden kolaylıkla sert, elastiki katı kaplayıcı hale geçebilmesidir. Epoksi reçinenin en önemli özelliklerinden bir diğeri ise çeşitli katkı maddeleri ile birleşmek sureti ile, çalışma sahası geniş olan bileşikler meydana getirebilmesidir. Reçinede katkı maddelerini kullanmak aynı zamanda en uygun ekonomik şartları oluşturabilmeye olanak sağlar. Tablo 2.6’da bazı katkı maddeleri bazı özellikleriyle birlikte gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Bazı katkı maddeleri ve karakteristik özellikleri.

Katkı Maddeleri	Özgül ağırlık gr/cm ³	Hacimsal ağırlık gr/100 cm ³	Boyut mm	Karışım %
Kuvars tozu	2,65	100-110	0,06	100-400
Kuvars taneciği	2,65	130-160	0,1-1	300-700
Mika tozu	2,6-3,2	45-55	0,1	25-100
Kaolin	2,6	25-45	0,1	25-200
Tebeşir tozu	2,7	100-120	0,1	50-300
Mermer tozu	2,5	45-70	0,6	25-150
Talk	2,7	50-60	0,5	25-200
Porselen tozu	2,4	100	0,06	100-400

Bir karışımın bileşenleri, genel olarak ağırlıkları dikkate alınarak aşağıdaki gibi ayarlanabilir.

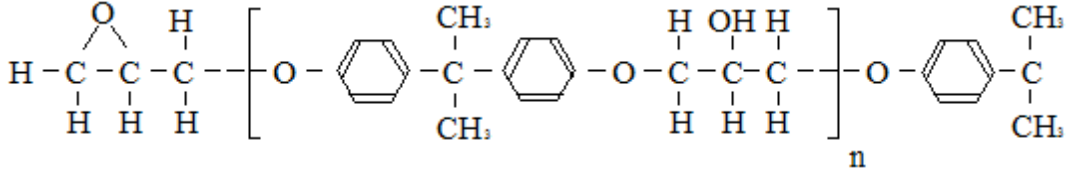
70 kısım işlem malzemesi 702

100 kısım Dobeckot 504 reçine

0.5 kısım hızlandırıcı 803-250 kısım dolgu maddesi [6].

2.9.3. Epoksi Reçinelerin Kimyasal Yapısı

Yüksek ve orta gerilim yalıtımlarında en çok kullanılan epoksi reçineler bi-fenol A’nın epiklo-ridin ile reaksiyonundan elde edilmektedirler. Bunların genel moleküler yapıları Şekil 2.42’deki gibidir.



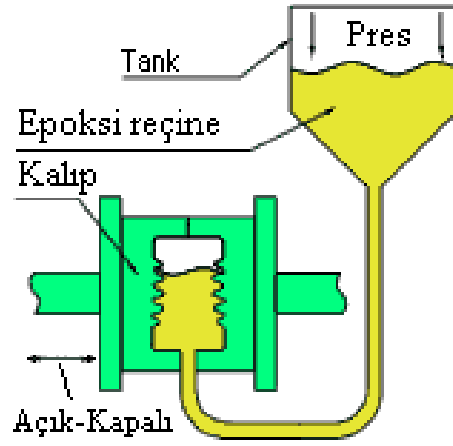
Şekil 2.42. Epoksi reçinenin moleküler yapısı.

Molekül yapıdaki n sayısı elde edilen reçinenin viskozluk derecesi ile ilgili olup, n'nin büyük değerleri katı reçinelere tekabül eder, dolayısıyla n değeri reçinenin viskozluk derecesi, reaksiyonda kullanılan bi-fenol ve epikloridin ortam ile değiştirilebilir. Bu şekilde elde edilen esas reçine, asit anhidrid veya amin gibi bir sertleştirici veya oluşturulan reaktif ile karıştırılarak, reçine ve sertleştirici madde molekülleri arasında meydana gelen bir çapraz bağ reaksiyonu oluşturmak suretiyle sert, üç boyutlu ve çapraz bağlı katı bir yalıtım maddesi oluşturulur. Böylece elde edilen sentetik katı yalıtım maddesi ısı ve elektriksel yalıtım özelliklerine sahip, mükemmel bir madde oluşturur. Gerçek reçinenin sertleştirici veya oluşturulan reaktifi ile reaksiyonunda herhangi bir yan ürün meydana gelmez ve reaksiyon için bir dış basınç tatbiki gerek duyulmaz. Elektriksel yalıtım işlemlerinin çoğunluğu için, karışıma ayrıca kuvars tozu da eklenir. Kuvars tozu oluşan sentetik maddenin mekanik dayanımını daha da iyileştirir ve aynı zamanda maliyetini de azaltır [6].

2.9.4. Epoksi Reçine Kullanımı

Son yıllarda, elektrik endüstrisinde gerek yalıtım maddeleri, gerekse diğer çeşitli elektrik malzemelerinin üretimi için birçok epoksi reçine ve organik madde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Bunlar şimdiye kadar ölçü transformatörlerinde kullanılmakta olan porselen dökümlerle aynı değildir. Yanma noktasının yüksek olması, belirli toleranslara sahip olması yüzünden malzemenin imalatı fabrikasyon haline getirilmiştir.

Epoksi reçine, kalıplama ve döküm için ideal özelliklere barındırır. Epoksi reçine manyetik dalgalar için bir engel olmadığından, hareketli elektrotları istenildiği şekilde yerleştirme olanağı sağlar. Katalizör kullanılarak sıvı halden katı hale geçilmesi mümkündür, bu sebeple deney gerilimine dayanacak yapım kalıbının hazırlanıp dökülmesi mümkündür. Bu dökümün işlemesi dahi mümkündür. Aşağıda Şekil 2.43'de epoksi reçinesinin basıldığı baskı sistemi verilmiştir.



Şekil 2.43. Otomatik baskı işlemi.

Sıvı (macun) halindeki reçine, değişik oranlarda çeşitli organik, inorganik maddeler ve mineraller ile karışım yapılabilir. Bu karışım genellikle sıvının daha yapışkan olmasını sağlar ve teknolojiye arzu edilen birçok mekanik, ısıl, elektrik özelliklerinin oluşturulmasını sağlar.

Macun halindeki reçine seyreltilmiş veya seyreltilmemiş halde de uygun sargı katları arasına, deliklere, boşluklara ve malzemenin gözeneklerine kolaylıkla girebilir, bu sayede mükemmel bir yalıtım dolgusu meydana getirir.

Döküm halindeki epoksi reçinenin mekanik ve ısıl karakteristiklerini incelenerek, katkı maddelerinin saf reçine üzerindeki etkileri kolaylıkla görülebilir.

Saf epoksi reçine üzerine mineral maddeleri katılabilir ve reçinenin ısıl iletkenliği saf macununkinden çok daha yüksek olan $(6-8) 10^3 \text{ W/cm}^\circ\text{C}$ değerine yükseltilebilir. Böylece de ısınma tehlikesi yaşamadan belirli miktar güç elde edilebilir.

Döküm reçinenin en önemli özelliklerinden biri yüksek sıcaklıklara dayanmasıdır. Dökümden sonraki karakteristikleri sabit kalmak şartıyla 100°C ve üzerindeki sıcaklıklarda hiçbir yapısal değişikliğe uğramaz. Saf epoksi reçine ise alev yanıcıdır, çıra gibi yanar. Hâlbuki katkılı bir reçine dökümü devamlı alev karşısında yanmaya başlar; fakat alev uzaklaştırıldığı an yanma kesilir. Yani başka deyişle kendi kendine yanma mümkün değildir. Katkı maddeleri mevcut hacim devamlılığını yani büzülmeden meydana gelen hacim değişikliğine uğramamasını sağlar. Saf reçine doğrudan doğruya döküldüğünde ise sertleşme sürecinde hacminde bir değişim olur. Değişim, diğer maddelere göre azdır ancak yine de bir miktar büzülme oluşur. Söz konusu olan hacim

değişikliği, dâhili basıncı doğurduğu gibi iç kısımda belirli bir süre kendini belli etmeyen çatlaklıklar da oluşmasına neden olur. Bunlara en iyi çare katkı maddesinin eklenmesidir. Saf reçine dökümünde büzülme miktarı, katılma sırasında % 1.5 tamamen soğuduktan sonra % 3'e kadar yükselebilmektedir; fakat katılı dökümde bu oran maksimum % 0.6'ya kadar çıkabilir. Aynı şekilde boyca genişleme katsayısı saf reçine için $(4-6) \cdot 10^{-5}$ °C olmasına iken katkı maddeleri kullanılınca $(2-3) \cdot 10^{-5}$ °C değerine düşmektedir ve imalâttaki emniyeti artırmaktadır. Reçine dökümünün katılaşmaya başladığı an ile tamamen sertleşme arasındaki büzülme miktarı iki halde sıcaklık ve bunlar arasındaki zamana bağlı değişmektedir.

Döküm epoksi reçineleri, mekanik yönlerden incelenir ise, gerilme dayanımı takriben 800 kg/cm dir. Böyle bir değerle, küçük parçalar rahatça yerlerine yerleştirilebilir, bağlantılar tam olarak yapılabilir.

Dökülmüş epoksi reçinenin, iç bünyesinin homojen ve izotropik karakteristiğe sahip olması gerekmektedir, zira ayrı kademelerden meydana gelmediği için, yüksek yalıtım kabiliyeti ortama eşit olarak yayılmıştır.

Epoksi bu kadar çok yönlü niteliklere sahip olduğu için birçok alanda da kullanılmaktadır. Epoksi reçineler koruyucu kaplayıcılar, denizcilikte kullanılan boyalar, yapıştırıcılar, döşemelikler, tutkallar, kalıplama karışımları, sağlamlaştırılmış plastik, yalıtım malzemeleri ve tekstil ürünleri gibi pek çok alanda kullanılmaktadır [6].

2.10. SF6 GAZLI KUTUPLARDA REVİZE İHTİYACI

Her sektörde olduğu gibi kesici üretimi yapan firmalarda da inovasyon çok önemlidir.

Ürünlerin hiçbirisi kalıcı değildir. Yenilenen dünyada üretilen her ürün muhakkak ihtiyaçları karşılamak konusunda bir gün yetersiz kalabilmektedir. En basit evlerimiz de kullandığımız basit ürünlerden, en gelişmiş teknoloji ürünü, mühendislik harikası olarak adlandırılacak ürüne kadar sürekli yenilik ihtiyacı duymaktadır. Değişmeyen tek şey değişimdir sözünü kanıtlarcasına son yıllarda ki teknolojik gelişmeleri izlemekteyiz. Bazı ticari ürünlerin gelişimi ise insanların yetişemeyeceği kadar hızlı gerçekleşmektedir. Örneğin bir akıllı telefon onlarca yeni özellik, yeni sürüm ve yeni programlarla sürekli yenilenmekteyken bu teknolojinin hızına yetişemeyen insanların

tabiri caiz ise başı dönmektedir. Sürekli değişen ve gelişen teknolojiye ayak uydurma adına kesicilerde de bazı yenilikler yapmamız gerekmektedir. Bu çalışmada bu yenilikleri yapacağız ve kesicileri tanıyıp birbirlerine üstünlükleri avantajları ve dezavantajları inceleyeceğiz. Kesicilerde kullanılan mekanik bir aksam olan mekanizmalar da incelenecek ve bu mekanizmaların da çeşitlerini ve özelliklerini inceleyeceğiz. Günümüzde devre kesicilerde kullanılan önemli bir malzeme olan epoksi malzemesinin tarihsel gelişimi, sistemi ve kimyasal özelliklerini inceleyeceğiz. Devre kesiciler zaman içerisinde firmaların imkânları dâhilinde ve insanların ihtiyaçları doğrultusunda birçok değişim ve yeniliğe uğramıştır. Bileceğimiz üzere bir üründe özellikle kullanımda olan makinenin bir kısmında dahi olsa bir revize yapmak ve onu test edip onaylamak veya mevcut üretimle değiştirmek çok uzun zaman almaktadır. Bu çalışmada ihtiyaçlar doğrultusunda tasarımın yenilenmesi ile ilgili bazı süreçler üzerinde durulacaktır.

Devre kesiciler de devreyi açma veya kapama anında bir veya birden fazla olumsuzluluğun birleşmesi ile patlama meydana gelebilir. Bu patlamalara ait resimler aşağıda Şekil 2.44, Şekil 2.45 ve Şekil 2.46'da verilmiştir. Bu resimler güvenlik kameralarına yansıyan resimlerdir. Bazı devreler başında işçi veya yakınlarında insan yok iken patlamaktadır. Ancak bazı patlamalar kesiciye bakım veya arıza ya gelen işçilerin çalışması sırasında patlamaktadır.



a)



b)



c)

Şekil 2.44. a) Normal durum b) Kısa devre anı c) Trafo patlama anı [13].

Şekil 2.43’de görüldüğü gibi bir işletmenin bahçesinde duran trafonun içindeki bir devre kesicinin patlama anının resimleri verilmiştir. Bu patlama anı şanslı sayılabilecek bir patlamadır. Çünkü etrafında hiçbir insanın bulunmaması, fabrika çalışanlarının bulunmaması ve kimsenin yaralanmaması büyük şanstır. Çok daha üzücü sonuçlarla karşılaşılan kesici patlamaları olmaktadır. Buradaki kayıp iş gücü kaybı ile sınırlı kalmıştır. Burada firma veya kullanıcı trafoyu satın aldığı firmayı arar ve durumu bildirir. Firmada eğer tamamen üretici kendisi ise ve bakımını kendisi üstleniyorsa servis elemanlarını gönderilerek kontrollerde bulunurlar. Bu kontroller dahi bazen bir kaç günü bulan çalışmalar olmaktadır. Sonuca varıldığında ve gereken yapıldığında ise yaklaşık 1 haftayı bulan enerjisiz kalma ve büyük iş gücü kayıpları yaşanmış olur.



a)



b)



c)



d)

Şekil 2.45. a) Normal durum b) Patlama c) Yaralanma d) Son durum [14].

Yukarıda Şekil 2.45’de dört adet durum verilmiştir. Verilen bu durumlar bir güvenlik kamerasına yansıyan istenmeyen görüntülerdir. Görüntüdeki iki servis elamanı bakım yaptıkları esnada trafo hücresinin içerisindeki kesici patlamıştır. Ölümlü bir patlamaya benzemese de maalesef daha şiddetli bir patlamada ölüm kaçınılmaz olmaktadır. İşçilerin dalgınlığı sebebiyle yapılmış bir hatadan dolayı oluşan bir patlama olabileceği gibi gazı kaçmış bir gazlı kesiciye bir anda gelen açma, kapama işlemi sonunda gerçekleşmiş bir olay olabilecektir. Yine iş kazısı insan yaralanması ve enerjisiz kalmaya bağlı olarak bu patlama da iş gücü kaybına neden olacaktır. Ayrıca burada yaralanan işçiler hücreyi üreten firma içinde tedavi süreçleri boyunca iş gücü kaybına sebep olacaklar. Bu tedavi süreci boyunca masraflar ve ödenen tazminatlar her iki firma için de büyük masraflar olacaktır.



a)



b)



c)



d)

Şekil 2.46. a) Normal durum b) Manüel çalıştırma c) Patlama anı
d) Son durum [15].

Yukarıda Şekil 2.46'da talihsiz bir kesici patlama anı verilmiştir. Bu patlamada iki işçi görülmektedir. İki işçi de bakıma veya arızaya geldikleri görülmektedir. Bir işçi başka işlere uğraşırken diğeri ise kesiciye devreye almaya çalışmaktadır. Şansız servis elemanı arabalı tip kesiciyi arabasıyla birlikte enerjiyi açmak veya kapatmak üzere arabasını hareket ettirirken talihsiz olay yaşanmıştır. Burada görülen kol çevirmek suretiyle kesici arabası ileri geri hareket etmektedir. Kesici kontaklarıyla buluşma ve ayrılma anı esnasında büyük ihtimalle bakım elemanı koruyucu önlemlerden birisini kullanmayı unutuyor. Tahmini olarak kesici açık iken arabayı ilerletip kontaklarla buluşturuyor.

Burada aniden oluşan ark, yüksek enerji hattı olduğundan büyük bir patlamaya dönüşüyor. Burada ki kayıplar çok daha fazla olabilecektir. Bakım elemanı hayatını kaybetmiş veya çok ciddi yaralanmış olabilir. Görüntüler tamamen internet ortamından indirilmiş görüntülerdir. Ancak burada büyük bir kayıp olduğu insanın iş kazası sonucu hayatını kaybettiği bile söylenebilir. Yine bütün iş gücü kayıpları enerji kesintileri ve yerine yeni kesici ikame etmek gibi kayıplar, maliyetler bu patlama sonrasında da söz konusudur.

Bir firmanın veya konutun trafosunda arıza çıkması demek o işletmenin veya konutun enerjisiz kalması demektir. Enerjisiz kalmak şuanda her sektörde de evlerimizde de büyük sıkıntılara yol açmaktadır. Evlerimiz birkaç saatline bile olsa enerji kesilmesi artık doğal karşılanamayacak büyük eksikliklere neden olabiliyor. Gelişen teknoloji ve bu teknoloji ye bağımlılık giderek artmaktadır. Enerji kesilmesi esnasında elektrikli ev aletlerinin kullanılamaması sonucu soğutucularda sakladığımız yiyeceklerin bozulması, karanlık da kalma ve soğukta kalma gibi birçok olumsuzlukla karşı karşıya kalınır ve arıza giderilmesi beklenir. İşletmelerde de durum farksızdır. Bir trafodaki kesici patladığında bazen bir mahalle bazen bir semt bazen bir işletme bazense bütün bir şehir enerjisiz kalma gibi bir durumla karşı karşıya kalabilir.

İşletmeler kendilerine ait trafosu merkezlerine sahip olurlar. Bu trafo merkezlerinin içerisinde hücreler ve hücrelerin içinde ise kesici mekanizmaları bulunur. Bu trafo merkezlerinin bakım, onarım ve işletme işleri de yine trafonun kullanıcısı olan işletmeye aittir. Bazı trafolar sıcak iklimi olan şehirlerde tercihe bağlı olarak içerisi klima ile soğutulur. İçerisindeki serinliği korumak için bu klimalar kullanılır. Trafolar içerisinde bütün işletmenin elektriğini veren gerektiği zaman bütün enerjiyi kesmeye yarayan önemli mekanizmalar bulundurur. Bu mekanizmaların bağlı olduğu ark

söndürme sistemleri vardır. Ticari olarak isteyen işletme isteği sistemi trafosunun içerisine koydurur. Burada Sf6 gazlı kesiciler yaygın olarak kullanılır. İçerisi gaz dolu bir epoksi kutup ile ark söndürme işlemi gerçekleştirilir. Kesicilerde arıza birçok nedenden dolayı olabilir. Mekanizmasından kaynaklı bir arıza olabileceği gibi, içerisinde bulunan gaz ile arkı söndüren kutupta da arıza olabilir. İşte bu maliyet konuları sebebi ile bu tezde kutupta olabilecek arıza, hata ve eksiklikleri inceleyip revize ihtiyacını gidermeliyiz. Gözlemlendiğimiz eksiklikleri Solid Works gibi 3D tasarımlar ve analizler yapılabilen bilen programlarda modelleyeceğiz. Sonlu elemanlar metodu ile de çalışmalarımızı destekleyeceğiz. Arızalı olma olasılığının birçok sebebi olmasına karşın kesicinin şiddetli bir şekilde patlamasının en büyük nedeni kutuptur ve kutubun içerisindeki gazın kaçmasıdır. Kutubun gazının kaçması durumunda gazsız kesiciye bir kısa devre olması halinde arkın söndürülmesi mümkün olmayacaktır ve ark olan gücüyle kesiciyi patlatacak istenmeyen kötü sonuçlar doğuracaktır. Daha önce bahsettiğimiz gibi can kaybı ve iş gücü kaybı yaşanabilecektir. Bu durumda Trafonun satın alındığı firma ile iletişime geçilir. Firmada direk kesici üreticisiyle irtibata geçer. Kesici üreticisi kendisi ise mümkün olan en kısa sürede bakım elemanlarını patlayan kesicinin bulunduğu yere gönderir. Bu elamanların bakım için başka illere gitmesi üretici firma için bir maliyettir. Oraya giden elamanların kalacak yerleri yol paraları ve harcırahları bazen bir kesici fiyatı kadar bile yapabilir. Üretici firmalar garanti süresi bitmemiş kesicilerin arızalarını garanti kapsamında inceler. Ancak garanti süresi dolmuşsa firmaların ticari anlayışına göre değişen uymalar görülebilir. Ancak nasıl bir uygulama olursa olsun ciddi mali kayıplar ile karşı karşıya kalınır. Trafoya bakmaya gelen bakım elamanları önce oradaki enerjiyi keserek emniyeti alırlar. Sonra arızalı devre kesicisini tespit ederler. Arızalı olduğu tespit edilen kesici inceleme ye alınır. Arıza sebebi bulunur genellikle gazın kaçması veya yağın bitmesi gibi sebeplerle karşılaşılır. Arızalı kesicinin kutbu sökülür ve incelenmek üzere firma laboratuvarına götürülür. O sırada ise kullanıcıya patlayan kesici yerine yeni kesici montajı yapılır. Bu sırada kaybedilen zaman ve her türlü masraf bizi bu kesicilerin patlamaması için ve bu kayıpların yaşanmaması için bu çalışmayı yapmak zorunda bırakmıştır.

2.11. TASARIM VE İMALAT ÖZELLİKLERİ

Firmaların kullandığı bütün kutuplar benzer tasarımdadır. Kutupların eksiklikleri sürekli incelenmektedir. İncelenen arızalı patlayan kutuplar firmaların imkânları dâhilinde hepsi laboratuvar ortamında uzmanlar tarafından incelenir. Kutbun muhtemel patlama olasılığı tespit edilerek not alınır. Bulunan sonuçlara göre hatanın nerede olduğu açıklığa kavuşturularak kullanıcıya iletilir. Bizim tasarım aşamalarım bu laboratuvar sonuçlarına elde edilen verilere göre ve kullanıcılardan gelen istekler doğrultusunda yapılacaktır. Kalıp atölyelerinde üretilip bütün kullanıcılara satılan bu kutupların artık revize zamanı gelmiştir. Aşağıda Şekil 2.47’de bu kutupların dolumu nun yapıldığı kalıpların benzer bir örneği verilmiştir.



Şekil 2.47. Dişi erkek kalıp ve maça örneği [7].

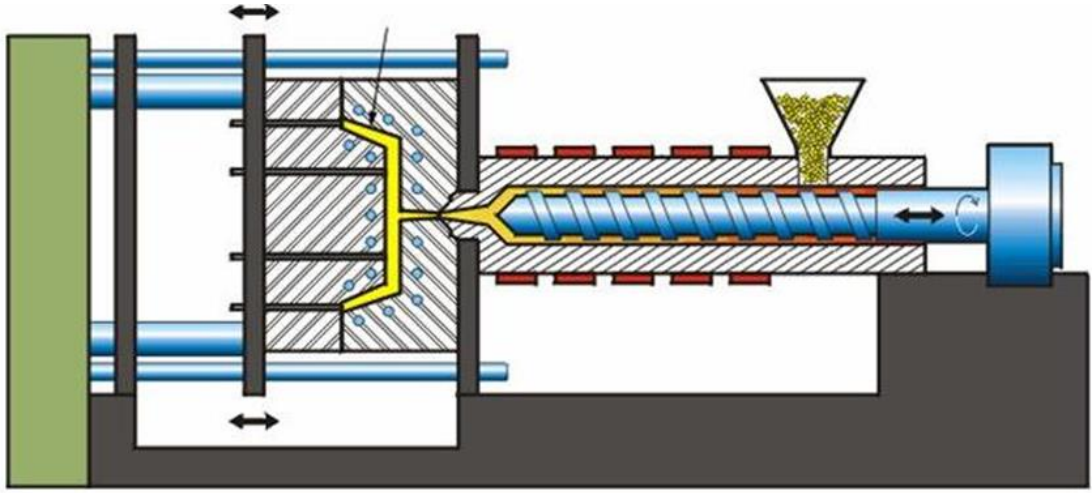
Şekil 2.45’de bizim üzerinde çalıştığımız Sf6 kutbun bir benzerinin kalıp elemanları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi üç ana parçadan oluşmaktadır. Dişi kalıp erkek kalıp ve maçadan oluşan bu ana parçalar birçok kalıp elamanlarıyla birbirine montaj edilerek birlikte çalışırlar. Kalıp işi ayrıca bir teknoloji olduğundan devre kesicisi üreten firmalar da genellikle bünyesi haricinde işinde uzman kalıp firmalarıyla çalışırlar. Pek az firma kendi kalıp atölyesini kurup kendi ihtiyacı olan kutupları üretirler.

Aşağıda Şekil 2.48’de bu tarz büyük hacimli parçaların basıldığı yüksek baskı gücüne sahip enjeksiyon makinelerinden bir örnek verilmiştir.

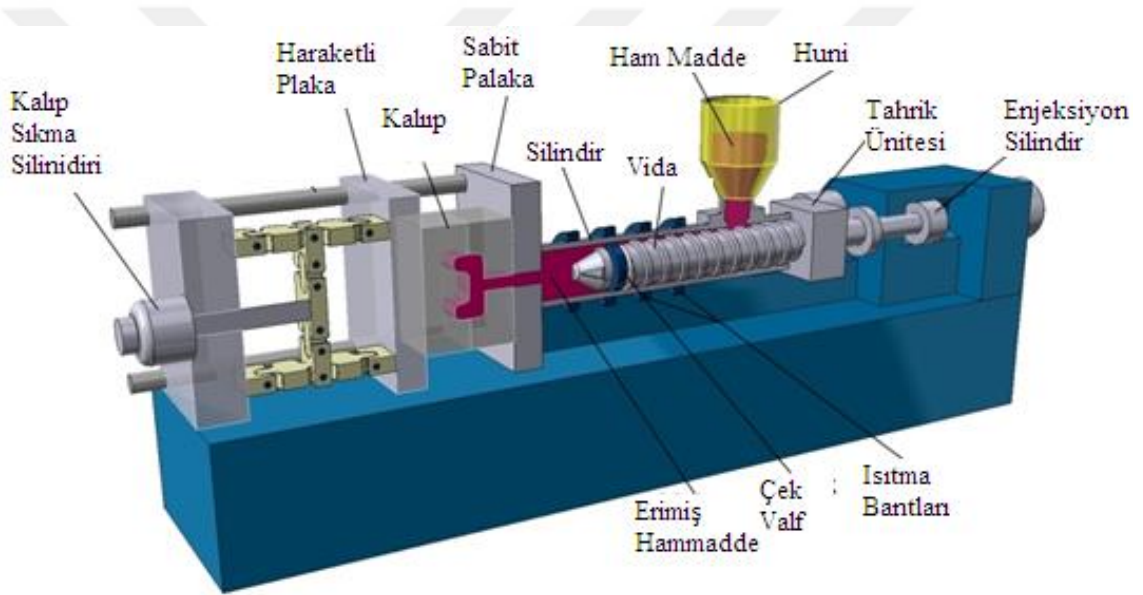


Şekil 2.48. Plastik enjeksiyon makinesi [8].

Bu büyüklük de enjeksiyon marinaları yüksek basınç kuvvetine sahiplerdir. Bu yüksek basınçlı presler Şekil 2.47’de de sistemi gösterilen kalıpların içerisine erimiş plastiği veya seçilmiş başka bir malzemeyi, tamamen basabilmek için kullanılır. Şekil 2.49 ve Şekil 2.50’de bir enjeksiyon makinesinin çalışma şekli verilmiştir. Plastiğin nasıl kalıp içersene enjekte edildiği gösterilmiştir. Enjeksiyon ünitesi ve kalıp belirgin olarak ayırt edilmektedir.



Şekil 2.49. Enjeksiyon kalıbı iki boyutlu örnek modeli [8].



Şekil 2.50. Enjeksiyon kalıbı üç boyutlu örnek modeli [8].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Hızla gelişen bilgisayar teknolojileri insanların ihtiyacı olan ürünleri hızlı, kolay, kullanışlı ve en az maliyetle üretilebilmemiz için tasarlanmış bilgisayar programları sunmaktadır. Bu programlar aynı zamanda hassas ve kapsamlı ürünler üretmemizde de bize en iyi yardımcılarıdır. Bu programlar Autocad, Solid Works, Catia, Yuji gibi ülkemizde de yaygın olarak kullanılan tasarım programlarıdır. Bize sonlu elemanlar metodunu kullanmamızda yardımcı olacak bir diğer program ise ANS'dir.

Bu çalışmada de üç boyutlu çizim imkânı sunan bir tasarım programı kullanılacaktır. Bu tasarım programıyla çalışmada de genişçe bahsedilmiş olan Sf6 gazlı kesicilerin kutup tasarımı değiştirilerek bazı iyileştirmeler yapılacaktır. Çalışmada yer verilecek olan bu tasarım değişiklikleri sonunda klasik Sf6 kutup üzerinde bazı revizyonlar yapılacaktır. İnce kalan yerler kalınlaştırılacak güçsüz olan bölgelere feder adı verilen güçlendiriciler eklenecektir. Bazı kısımlarda ek olarak elektrik akımını iletmeyen malzeme kullanımını iptal edecek değişiklikler yapılacaktır.

Bu çalışma sonunda yeni tasarım özel test düzeneği hazırlanarak test edilecektir. Yeni ürün 90°C de ki sıcaklıkta oluşan iç basınca dayanır ve patlama olmazsa çalışmamız da büyük oranda başarılı olmuş olacağız.

3.1 KLASİK MODEL SF6 KUTUP

İçerisinde Sf6 adı verilen gaz bulunduğu için bu kutuba genellikle Sf6 kutup denilir. Bu kutup üç boyutlu tasarım programları ile modellenir. Modelleme esnasında kontak mesafesi ve hareket kolu ölçüleri gibi bazı önemli olan ölçüler vardır. Bu ölçüler korunmak şartıyla kutup da değişiklikler yapılabilir. Eğer bahsettiğimiz ölçüler değişirse kesici, kesici mekanizması ve hücreye kadar bütün ölçüler de değişikliğe gidilmesi gerekebilmektedir. Ancak bu çok kapsamlı bir revizyon olur. Bizim yapmamız gereken ana ölçüleri koruyarak sadece klasik model kutup üzerinden bazı değişiklikler yapmak olacaktır. İnce kalan cidarları kalınlaştırmak, boğaz kısımlara federler eklemek olacaktır. Bu değişiklik esnasında aynı zamanda ürün gramajını, reçine dolmuş hacmini de düşünerek maliyeti çok artırmadan bir çalışma yapmamız gerekmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.1'de yaygın olarak kullanılan bir kutup resmi verilmiştir.

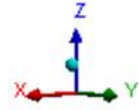
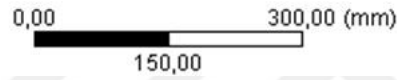
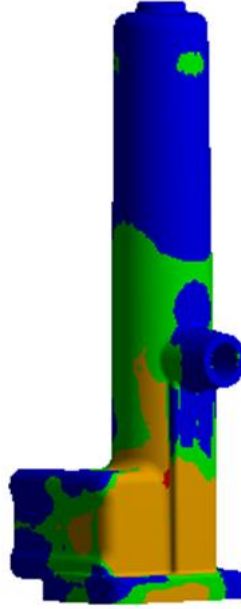
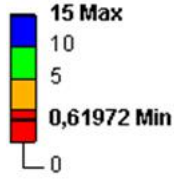


Şekil 3.1. Klasik Sf6 kutup.

3.1.1 Klasik Model Sf6 Kutup Sonlu Elemanlar Analizi

Verilerimizi analiz programını kullanarak bilgisayar destekli programlar ile test edelim. Laboratuar ortamı oluşturmadan, bir laboratuar maliyetine girmeden çok düşük maliyetler le gerçeğe çok yakın olan bu testleri ANS programı bize sunmaktadır. Şekil 3.2’de modelimizin sonlu elemanlar analiz verileri verilmiştir. Bu şekilde 2 Mpa yüksek iç basınç esnasındaki şekil değişimi ve kırmızı renkli kısımlardan en zayıf noktaları tespit edebilmekteyiz.

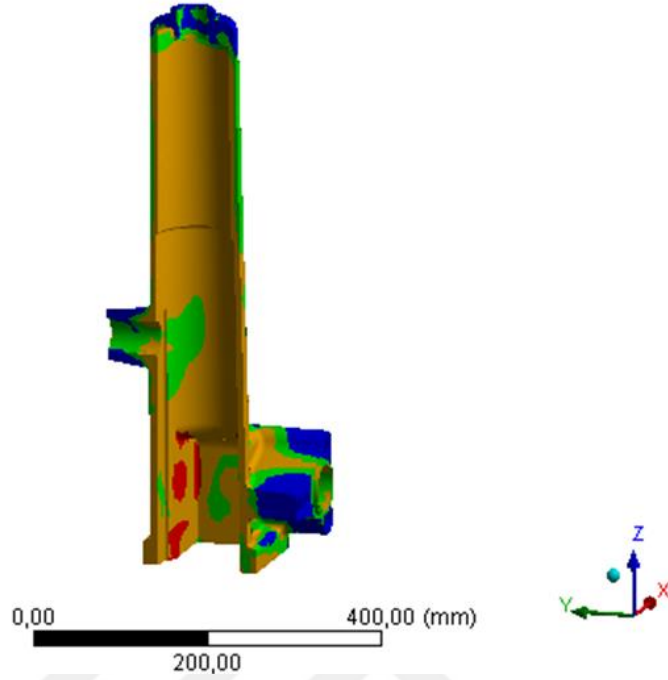
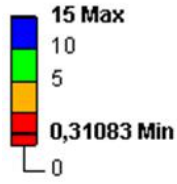
A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 0
12.12.2018 15:51



Şekil 3.2. İç basınç analizi esnasında ki güvenlik faktörü.

Şekil 3.3'de ise aynı devre kesici kutbun iç 2 Mpa iç basınç kuvvetinde maksimum deformasyonu gösteren sonlu elemanlar analizi kesit alınarak gösterilmiştir. ANS sonlu elemanlar analizlerinde de gördüğümüz yine kullanıcılardan aldığımız bilgilerle örtüşmektedir. En üst nokta bara bağlantı noktası en zayıf en kırmızı renkte olduğu görülmektedir. Revizyona bu bölge güçlendirerek başlamamız gerekecektir.

A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 0
12.12.2018 16:40



Şekil 3.3. Klasik kutubun iç basınç esnasındaki maksimum deformasyonu.

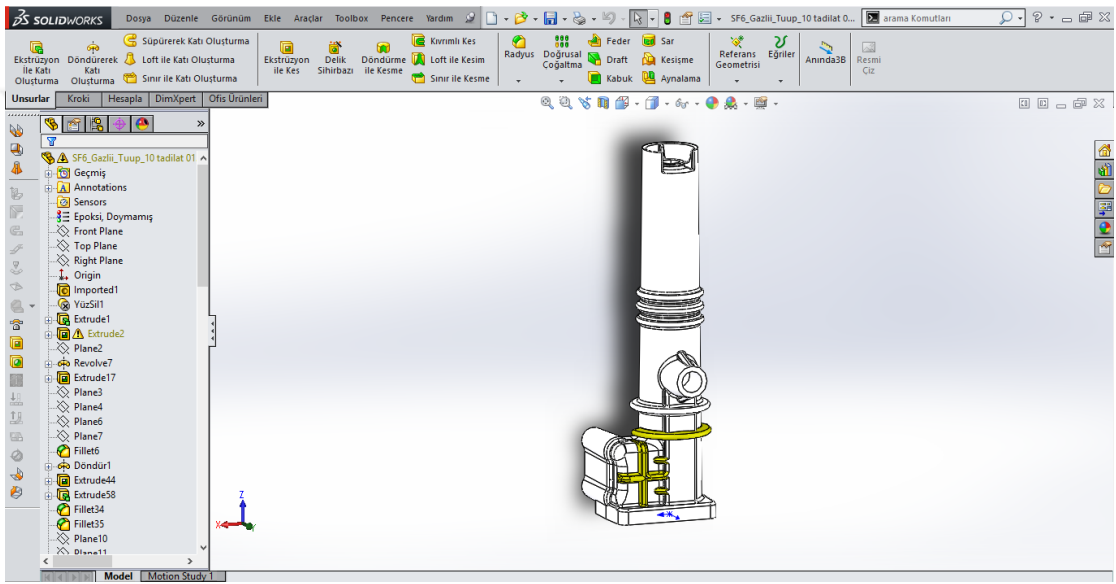
3.2. ÜÇ BOYUTLU MODEL TASARIMI

Üç boyutlu model tasarımı yapmak için günümüzde birkaç program kullanılmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılan ve TC milli eğitim müfredatında da bulunan tasarım programıdır. Üç boyutlu modelleme programını tanıyalım.

3.2.1. Katı Modelleme

Modeli oluşturmak için kullandığımız teknikler, ne tip ve nasıl bir tasarım amacı yakalayacağımızı belirler. Önceleri sadece teknik resim hazırlama amacıyla kullanılan CAD programları günümüzde artık 3D tasarımlama ve hatta tasarım aşamasında bulunan bir makinenin çalışmasını animasyona dönüştürerek bilgisayar ortamında çalışmasını görmek mümkündür. Bu üç boyutlu tasarım programı ile her türlü üç boyutlu ürün tasarımında kullanıcı bilgisayarın kolaylıklarını kullanarak hızlı bir şekilde çizim yapar. Bu program akıllı montaj uygulamaları ile son derece hızlı montaj yapılmasını sağlar. Bunun dışında sac parçaların açılımını yaparak uzama miktarları

hesaplanabilir. Ayrıca katı objeler kullanılarak kesme, yırtma veya şekillendirme işlemleri yapılabilmektedir. Yapılmış olan tüm bu işlemler IGES, DXF, DWG, SAT(ACIS), STL, STEP, VDA, VRML, Parasolid dosya formatlarıyla kayıt veya transfer yapılabilir. Tasarlanmış unsurlar 2D çizime (sketch) dayalı unsurlardır. Genel olarak, bu çizim, ekstrüzyon, döndürme, süpürme ya da loft uygulama yolu ile bir katıya dönüştürülür. Bir unsurun ölçülendirilmesinde, çizim geometrisiyle ilişkili ölçülerle birlikte, unsurun kendisi ile ilişkili ölçüleri bulunur. Bu program, temel olarak birbirleriyle ilişkili parça, montaj ve teknik resim sayfalarından oluşmaktadır. İhtiyaca uygun olan sayfa açılarak tasarım gerçekleştirilir.

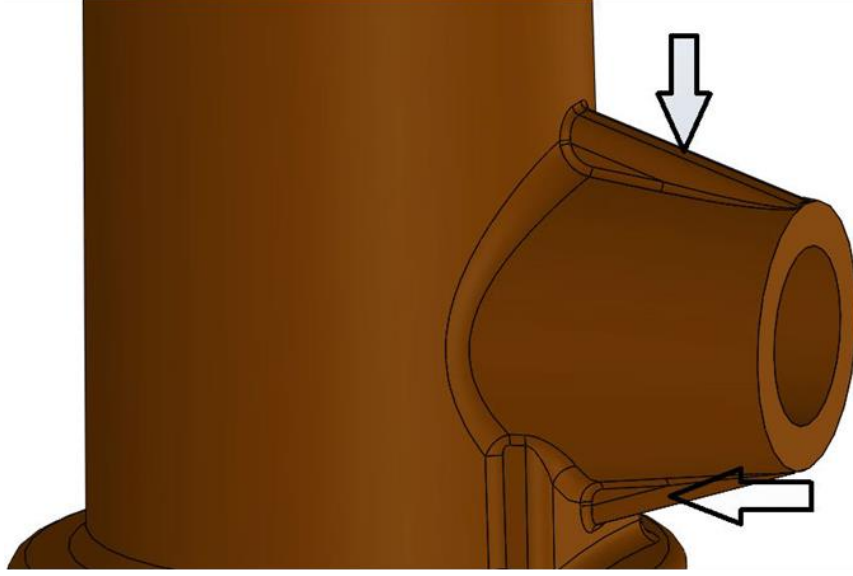


Şekil 3.4. Solid Works modelleme ekranı.

3.3. SF6 KUTBUNUN MODELLENMESİ

3.3.1. Alt Terminal Girişinin Güçlendirilmesi

Şekil 3.5’de gösterilen kutbun alt terminalin dairesel şeklindedir. Bu şekildeki dairesel bölümlere uygulanabilecek iki seçenek vardır. Bu seçenekler dairenin çapını artırmak ve dairenin etrafına federler eklemektir. Her ikisini de uygulayabiliriz. Direnin etrafına çok sayıda feder ekleyebiliriz. Biz çalışmamızda şekilde görüldüğü gibi alttan ve üstten iki adet feder kullanmayı tercih ettik. Eklemiş olduğumuz iki adet feder alt terminal için destek görevi görecektir.

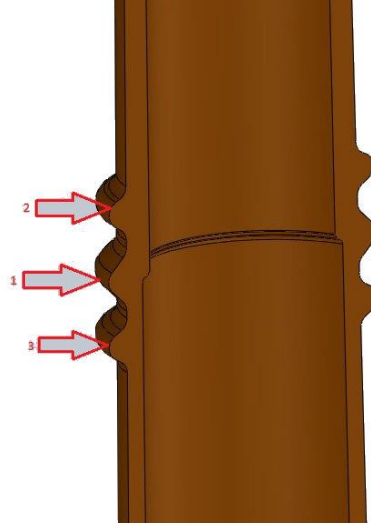


Şekil 3.5. Alt terminalin güçlendirilmesi.

3.3.2. Kutup Gövdesinin Güçlendirilmesi

Kutbun ana gövdesinin içerisinde kontakların çalışma mekanizması bulunmaktadır. Bu mekanizma açma kapama esnasında yüksek hızlarda ve sarsıntılı bir şekilde çalışır. Aynı zaman da kapalı olan bu kutbun içerisinde 1,5 bar basınç bulunmaktadır. Bu basınç kutbun en az kalınlığı olan bölgeden kutbu patlamaya zorlar. İçerisindeki basınç nedeniyle kutup hiç çalışmadan yüksek sıcaklık ve basınç artışı görmeden dahi ince kalan kısımdan patlayabilir.

Şekil 3.6'da kutbun kesit alınmış hali ve numaralandırılan üç kısım görülmektedir. Bunlardan bir numaralı kısım en önemli kısımdır. Bunun sebebi kutbun iç kısmında çalışma prensibine uygun olarak tasarlanmış bir çap artmasıdır. Kutbun içerisinden artırılmış olan çap sebebi ile cidar kalınlığını azaltmaktadır. Bu yüzden 112 mm olan dış çapta bir numaralı kısımda çapı 127 mm olan bir boğum eklenmiştir. Diğer iki ve üç numaralı kısımlarda yine çap 127 mm olan iki ayrı boğum daha eklenmiştir. Kutbun iç basıncının artması esnasında muhtemel kırılma noktası olan bir numaralı boğum en önemli değişikliktir. İki ve üç numaralı boğumlar da yine kutup gövdesinde yapılan önemli değişikliklerdir. Boğumların ucu sivri olmamalı, keskin köşeler bulunmamalı birleşim noktaları mutlaka radyüs kırılmalı ve keskin köşelerden epoksinin çatlamasına önlem alınmalıdır.

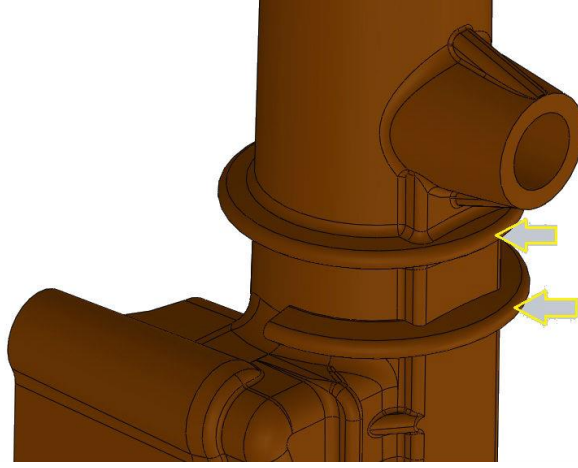


Şekil 3.6. Gövde güçlendirilmesi.

Yapılan bu üç adet boğum sayesinde en çok görülen patlama noktalarının revizyonunu gerçekleştirmiş, kısa devre esnasında kutbun içinde ki var olan basıncın artış göstermesine karşın daha dayanıklı bir kutup oluşturmuş olduk.

3.3.3. Alt Terminal Altının Güçlendirilmesi

Kutbun gövdesinin alt terminalinin altında bulunan bölümde de genellikle çatlamlar görüldüğü ve bu çatlamların 1,5 Bar basınç uygulandığında kutbun şiddetli patlamasına yol açabildiği için buraya da boğum ekleme yöntemiyle güçlendirilmesine karar verildi. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi güçlendirilmesi için gövdeye alt terminalin altına bir adet tam daire boğum ve bir adet yarım daire boğum eklenmiştir. Yarım daire boğumun arka kısmı yeteri kadar destek bulunduğu için arka kısmında çatlamlar çok fazla görülmemektedir. Bu yüzden yarım bir boğum yapmak yeterli olacaktır.

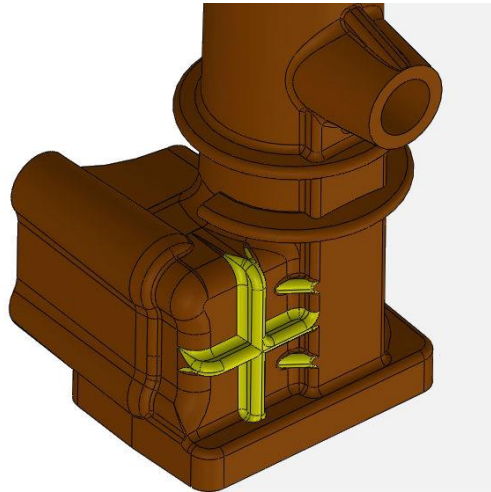


Şekil 3.7. Kutup alt gövde güçlendiricileri.

3.3.4. Manivela Kolunun Karşı Yüzünün Güçlendirilmesi

Kutbun içindeki kontakları açmak için mekanizmadan gelen hareket kutba ilk olarak manivela kolundan aktarılır. Manivela kolunda yüksek döndürme kuvveti oluşur. Bu yüzden manivela kolu etrafındaki cidar kalınlıkları gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Manivela kolunun tam karşısına gelen yüzeyin cidarının artırılması gerekmektedir. Ancak bu bölümü yüzey olarak kalınlaştırmak kalıpta büyük bir değişiklik olmasını gerektirecektir. Bu büyük değişiklik kalıbı hazırlayan firma için zor ve maliyetli olacağından maliyetli az ve değişikliği kolay olan başka bir seçenek üretmemiz gerekmektedir. Cidarı tamamen genişletmek yerine o yüzeye Şekil 3.8’de sarı renkte görüldüğü gibi dıştan destek olacak artı şeklinde bir form ve köşe deki iki adet feder ile yeteri kadar kuvvetlendirmiş olduk.



Şekil 3.8. Kutup manivela kolunun karşı yüzü.

3.3.5. Üst Terminalin Tekrar Tasarlanması

Bu bölümde üst terminal adı verilen kutbun en üstündeki bölümde çalışmalar yapılacaktır. Aşağıda Şekil 3.9'da kutbun revize çalışmalarının yapılacağı üst terminal bara kısmının klasik halinin şekli verilmiştir.

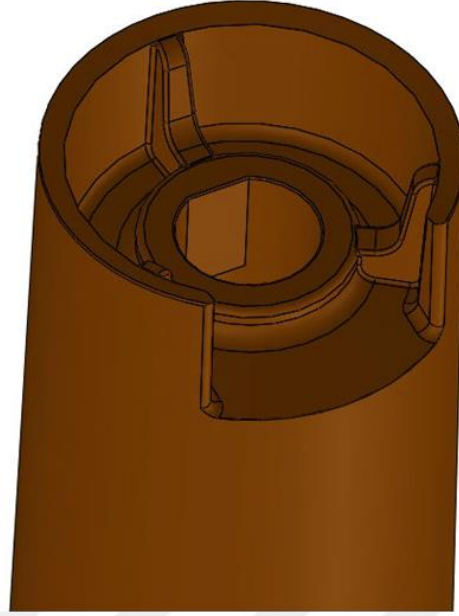


Şekil 3.9. Klasik tip kutbun üst terminali.

Şekil 3.9'da görüldüğü gibi kutbun üst terminalinde zayıf kısımlar vardır. Geliştirilmesi gereken bir kısımdır. Burada kutuplar arası yeterli mesafenin olmadığı hücrelerde kutuplar birbirine yakın olarak konumlandırılır. Örneğin 24 kV lik bir kesicide kutuplar arası mesafesi elektrik atlaması olmaması için en az 240 mm uzaklıkta olmalıdır. Bazı durumlarda kesicinin kullanım yerine göre bu mesafe düşürülmektedir. Ancak bu mesafenin altına düşürmek kutuplar arası elektriğin birbirine atlamasına sebep olacaktır. Bu olay kesinlikle istenmeyen ve çok tehlikeli bir durumdur. Bu elektrik atlamasının önüne geçmek için de ekstradan seperatör denilen yalıtkan parçalar kullanılmaktadır. Bu tasarım çalışmamızda seperatör adı verilen parçaların kaldırılması onun yerine daha fonksiyonel tasarlanan kutup da kendinden muhafazalı bir kısım yapılması, daha güvenli, kullanışlı ve güçlendirilmiş bir kutup tasarlanması için çalışılmıştır.

Şekil 3.10'da bara bağlantı noktasının revize edilmiş hali verilmiştir. Yeni tasarımda kutbun üst şekli huni şeklinde yükseltilmiş, kalınlaştırılmış ve üç adet feder eklenmiştir. Bu yeni tasarım ürünün analiz programında en zayıf görünen bölgesini güçlendirmiş ve ayrıca kullanım kolaylığı açısından da faydalı bir model olmuştur. Üst terminal barası da Şekil 3.11'de görüldüğü gibi içeriye gömülmüştür.

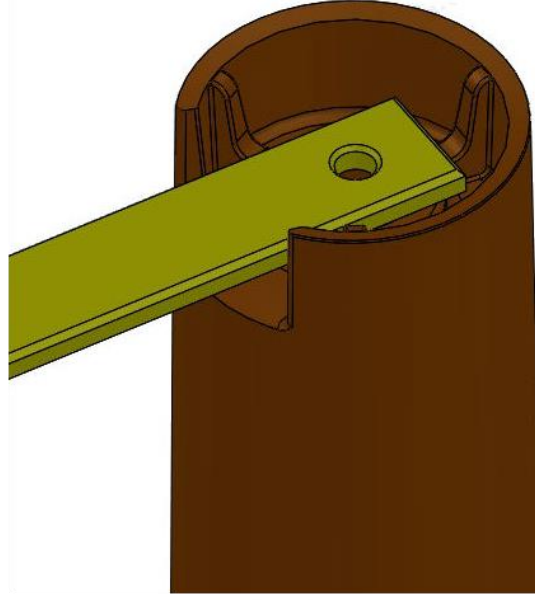
Terminal barasının içeriye gömülü kalması muhtemel elektrik atlamalarını önleyecek üst terminal barasının daha emniyetli bir hale gelmesini sağlamıştır.



Şekil 3.10. Kutbun üst terminali.

Şekil 3.10’da kutup üst terminalinin tasarımının en son hali görülmektedir. Klasik haliyle karşılaştırdığımız zaman resimlerde farklar açıkça görülmektedir. Boy olarak 35 mm uzatılan kutbun uzatılan kısmı üç adet federle destelenerek güçlendirilmiştir. Bu 35 mm’lik uzatılma kutuplar arasında separatör kullanma gereksinimini ortadan kaldıracaktır.

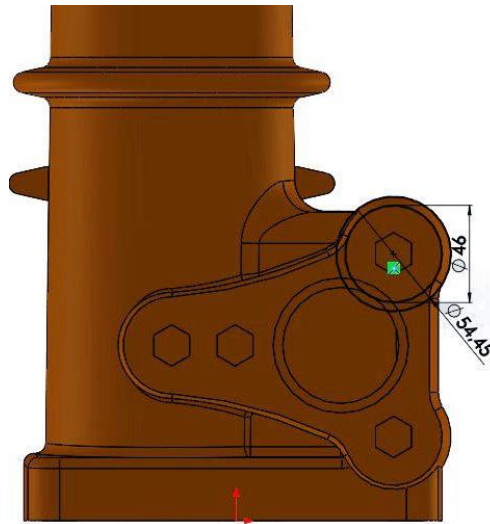
Şekil 3.11’de kutbun üst terminalinin baralı kullanımı temsil edilmektedir. Görüldüğü gibi bırakılan boşluktan bara geçecek, güç yüklü bara etrafı yalıtkan la kapalı olduğu için elektrik etrafa atlama olasılığını düşürecek ve güvenliği artıracaktır. Aynı zaman da her kutba separatörlerle çevirme işleminde harcanan maliyet ve işçilik maliyetinden kurtulmuş olacağız. Bu tasarım da atlamalar önleneceği için hücrelerin de küçülmesine olanak sağlayacak bir tasarım olacaktır.



Şekil 3.11. Kutbun üst terminalin baralı kullanımının gösterilmesi.

3.3.6. Şase Bağlantı Bölgesinin Sağlamlaştırılması

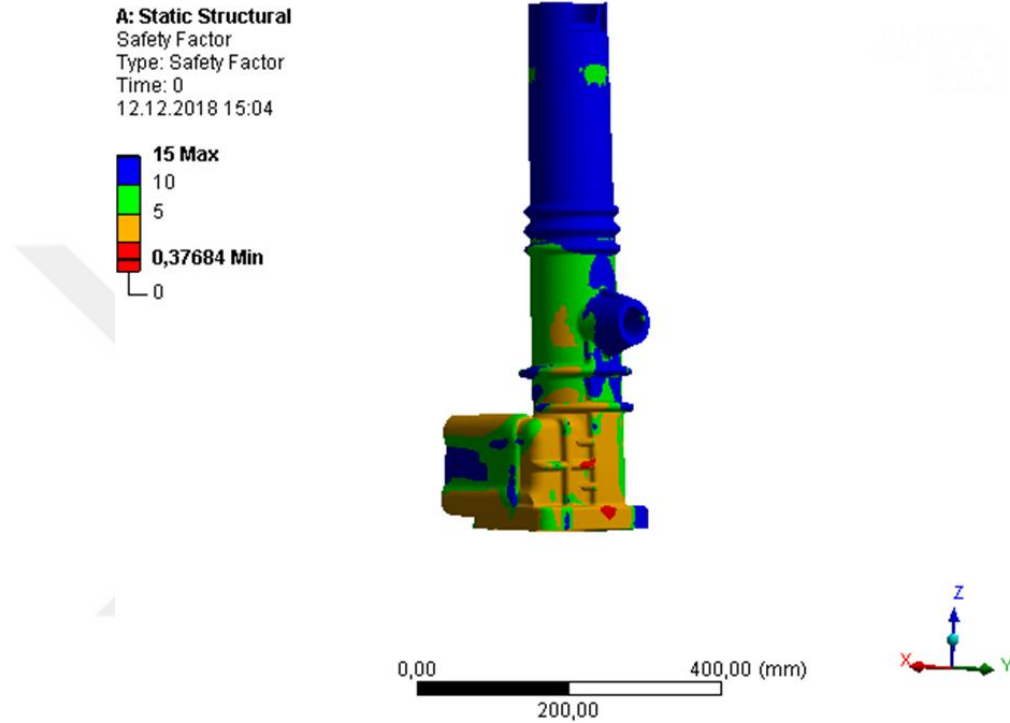
Şekil 3.12'de görülen dört bağlantı noktasının dış da kalan üç dış çap 1,5 mm artırılmıştır. Kalıptan rahat çıkması için en uçtaki çap 46 mm iken en gerideki çapı ise 54.45 mm ye kadar artırılmış ve kutbun daha sağlam olması sağlanmıştır.



Şekil 3.12. Şase bağlantı noktasında yapılan çap artırma çalışması.

3.3.7. Yeni Model Kesici Kutbun Analizleri

Şekil 3.13'deki güvenlik faktörü analiz verileri ile Şekil 3.2'deki güvenlik faktörü analiz verileri karşılaştırırsak aradaki farkları kolaylıkla görebilmekteyiz. Kutbun 2 Mpa basınç da ki kırmızı uyarı bölgelerinin yok denecek kadar azaldığını ve yerine sarı renge döndüğünü görmekteyiz. Diğer bölgelerdeki güvenlik faktörünü de yine verilerde ve renk değişimlerinde açıkça görülmüştür.

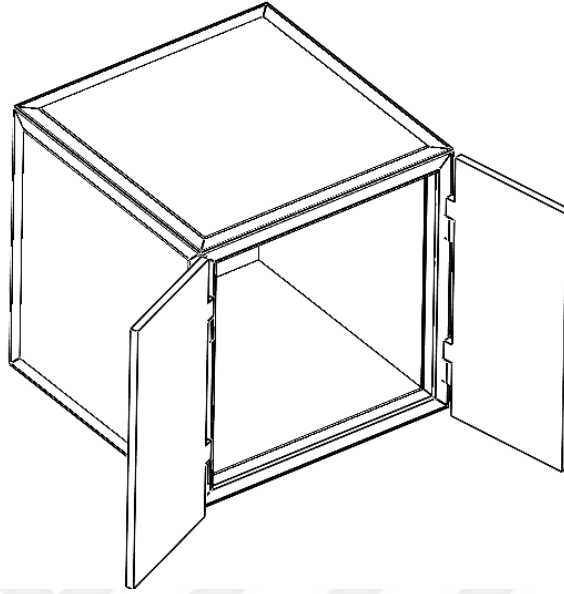


Şekil 3.13. Yeni model devre kesici kutbun güvenlik faktörü analiz değerleri.

3.4. TEST DÜZENEGİ

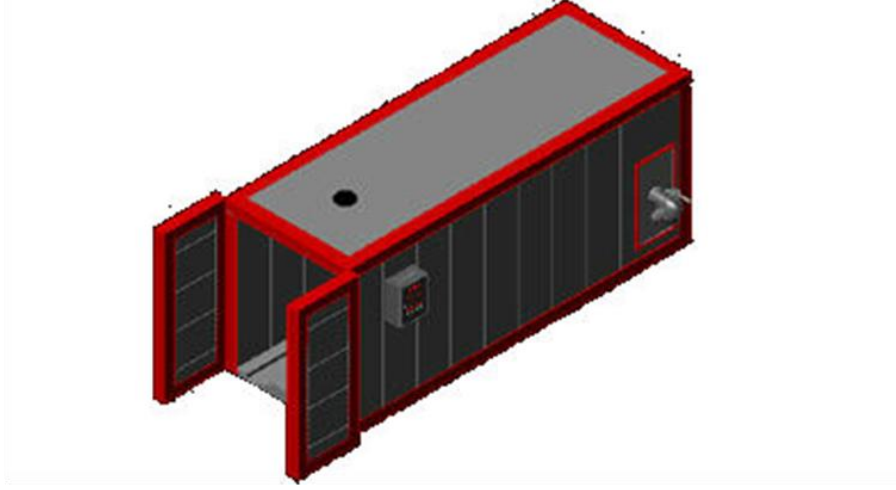
Sıcaklık testi esnasında işin ve işçi güvenliği önemli bir kıstas olarak belirlenmesi gerekmekte olup patlama riski nedeniyle kapalı bir ortam oluşturulmalıdır. Devam eden veya konu hakkında yapılacak olan diğer çalışmalarda bu kıstas mutlak sağlanmalıdır. Sıcaklık dayanımı testi için 80x80 mm kare profiller ve bu profillerin arasına 2 mm'lik sac levhalar ile tasarlanmış küp şeklinde bir test düzeneği hazırlanmıştır. Hazırlanan küp şeklinde test düzeneğinin içerisindeki ısının 90°C'ye çıkarılması test kabini çevresine konumlandırılan rezistanlarla sağlanabileceği gibi elektrostatik toz boya fırınları vasıtası ile de çıkarılabilir. Çalışmada şekilleriyle tasarım aşaması verilen yeni nesil

kutup test düzeneğini içerisine yerleştirdikten sonra kullanım sıcaklığının üzerinde sıcaklık uygulanarak testimizi gerçekleştireceğiz.



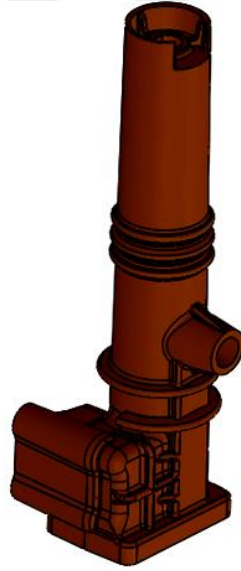
Şekil 3.14. Sıcaklık testi korunaklı düzenek görseli.

Sıcaklık ortamı oluşturmak için kullanacağımız elektrostatik toz boya fırınları isteğiniz doğrultusunda tek kapılı veya iki kapılı olarak üretilirler. Tek kapılı fırınlarda ısıtma ünitesi fırının arka tarafındadır ve dış boyuta dâhil edilmiştir. İki kapılı fırınlarda ise fırının yan tarafında ve ortasındadır. Isıtma işlemi termoblok üzerine bağlı brülör tarafından yapıldığından fırın içerisindeki sıcak havanın alevle doğrudan teması söz konusu değildir. Bu nedenle yağ boya uygulamalarında da kullanılmaktadır. Fırın tabanı taşıyıcı araba gereksinimi olmadan tek arabanın fırın içerisine gireceği şekilde tasarlanmıştır. Boyanan malzemeler fırın arabası üzerine asılarak fırın içerisine doğrudan sokulur. Fırın kapısı, arabanın giriş ve çıkışına engel olmayacak şekilde tasarlanmıştır ve hava sızdırmazlığı silikon fitil tarafından sağlanmaktadır. Fırın panosu yüksek kaliteli dijital elektronik ve elektromekanik malzemelerden oluşmuştur. Arabalı boya fırınlarında, pişirme süresi sonunda boyalı malzemeleri çıkartmanız gerektiğini bildiren sesli bir alarm sistemi bulunur. Bu sistem bir uyarı sistemi olarak kullanılıp çalışma yapılmıştır. İlaveten, test sisteminin kapalı düzenek olması test düzeneğinin korunaklı olması anlamı taşımakta ve güvenlik açısından önemlidir. Test esnasında olası bir patlama olma ihtimali yüksekliği nedeniyle bu tip çalışma şartı diğer çalışmalar için önerilmektedir. Şekil 3.15’de örnek boya fırını örneği verilmiştir.



Şekil 3.15. Örnek boya fırını.

Şekil 3.16’da test edilecek olan kutbun son hali görülmektedir. Kalıp tasarımı bitirilen model kalıp atölyesine gönderilerek orada son düzeltmeler de yapıldıktan sonra numene basmak için çalışmalar başlatıldıktan yaklaşık iki ay sonra ilk numune basılarak incelendi. Üzerindeki görülen ufak tefek eksiklikler giderildikten sonra tekrar basıma gönderilen kutbun yaklaşık bir hafta sonra beş adet basılarak tekrar geldi.

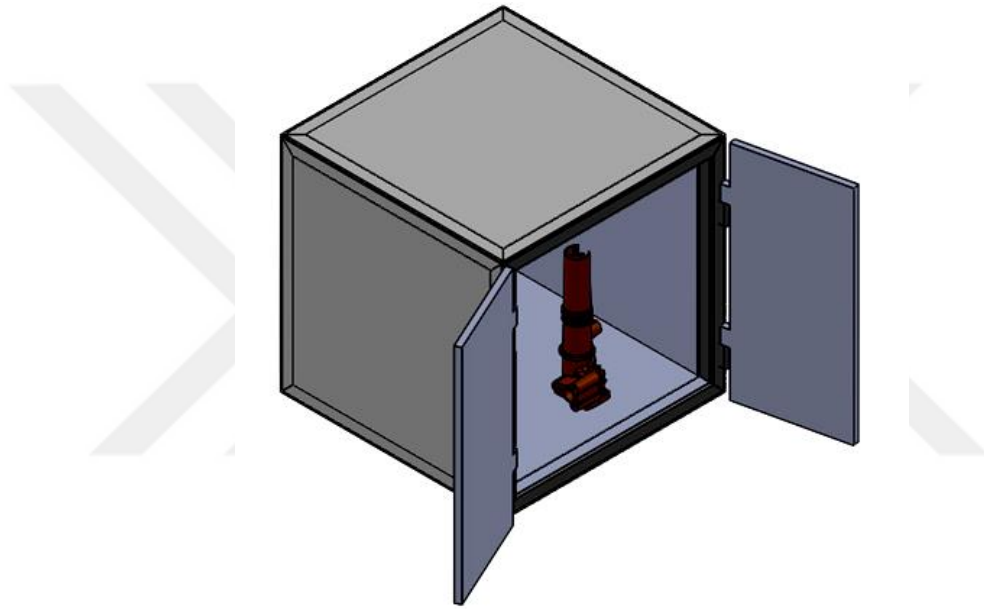


Şekil 3.16. Kutbun yeni modeli.

Şekil 3.16’da tasarımı bitmiş olarak verilen kutbun son hali test düzeneği içine koyulacak. Test büyük bir boya fırını içerisine koyulup ısıtılarak test edilecektir. Gereken ısıya çok kısa sürede ulaşabilecek ve uzun süre sabit ısıda test edebilme imkânımız olacaktır. Ayrıca olası bir patlama esnasında test düzeneği tarafından koruma

altına alınan kutup ikinci bir koruma altına fırın ile alınmış olacaktır. Yeni kutup imalatı yüksek sıcaklıklara ulaşabilen boya fırınlarının içerisinde güvenli bir düzenek oluşturulmuştur. Oluşturulan test düzeneği içerisinde test edilmiştir. Düzenek içerisindeki kutup 90°C sıcaklık altında 3 saat kapalı ortamda bekletilerek sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi hazırladığımız korunaklı bir düzenek içerisinde yeni tasarladığımız kutup yerleştirildi. Boya fırının içerisine bu şekilde yerleştirdikten sonra fırın çalıştırıldı. Fırın üç saat boyunca 90°C sabit sıcaklıkta bekletildi. Üç saat sonunda fırın kapatılarak içerisindeki kutup gözlemlendi.



Şekil 3.17. Kutup test düzeneği.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada içerisinde *Sf6* isimli gaz bulunan ark söndürme amacı ile kullanılan kutupların üzerinde geometrik değişiklikler ve tasarım uygulaması yapılarak yeni nesil uzun ömürlü ve koruma sınıfı yüksek bir model geliştirilmesi için uygulaması tamamlanmıştır.

Bilgisayar destekli modelleme ve sonlu elemanlar analizi metodu kullanılarak yapılan iyileştirmeler sonucunda yeni kalıp tasarımına ulaşılmış ve bu yeni nesil kutup imalatı gerçekleştirilmiştir.

Yeni nesil kutbun 1 Bar basınçta sıcaklık artırılarak içerisindeki basıncın artması ve sonuçlar gözlenmiştir.

Sıcaklık arttıkça iç basınç artmış ve kutbun dayanıklılığı test edilmiştir.

Sıcaklık artışı için elektrostatik toz boya fırını kullanılmıştır.

Fırın içinde sıcaklık 70°C ile 90°C' ye kadar ısıtılacak gerçek bir test ortamı oluşturulmuştur.

Bu sıcaklıkta iç basıncın artmasına kutbun dayanacağı süre ve sıcaklık ölçümleri alınmıştır.

Güvenli bir test düzeneği hazırlanmış ve gereken ısı uygulanmıştır.

Bu test ve değerlendirme için yeterli şartları sağlayacak zaman 3 saat olarak belirlenmiştir.

Tasarımı yapılmış olan yeni nesil kutup toplandıktan ve içersine gaz basıldıktan sonra fırının içersinde 90°C derece de 3 saat bekletilmiştir.

Çalışmada yapılan bir dizi deneme sonrasında tüm şartlar ve denemelerde kapalı düzenek ve fırın içersinden çıkartılan yeni nesil tasarımı değiştirilmiş devre kesici kutuplar için testler başarı ile sonuçlandırılmış ve herhangi bir patlama yaşanmamıştır. Bu nedenle, içersindeki gazı muhafaza etmiş olan tasarım değişkenleri ile elde edilen

yeni nesil devre kesici kutup tasarım modeli kabul edilebilir uygulama olarak önerilmektedir.

Devam eden çalışmalarda, malzeme özellikleri değiştirilmek suretiyle çok daha uzun ömürlü ürün üretimi uygulamaları yapılabilir.

Yeni nesil devre kesici tasarımının gerçek ortam kullanımlarıyla saha uygunluğunun belirlenmesi devam eden çalışmalar için bir diğer öneri olarak değerlendirilebilir.



5. KAYNAKLAR

- [1] S. M. Turan, “Gaz izoleli sistemlerin teknik ve ekonomik açıdan incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Elektrik Eğitimi Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2005.
- [2] Milli Eğitim Bakanlığı. (2017, 23 Şubat). *Kesiciler, Elektrik Elektronik Teknolojisi* [Online]. Erişim: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kesiciler.pdf
- [3] Uyan Elektrik. (2016, 6 Haziran). *Sf6 Gazlı Kesici* [Online]. Erişim: <http://www.uyanelektrik.com/Sf6-gazli-kesici.html>
- [4] Bilgi Fenerim. (2017, 01 Ocak). *Yüksek gerilimde kesiciler* [Online]. Erişim: <http://bilgifenerim.com/yuksek-gerilimde-kesiciler/>
- [5] U. Eren, “Sf6 gazlı transformatörler ile yağlı transformatörlerin karşılaştırılması” Yüksek lisans tezi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2008.
- [6] Ö. Karahan, “Yeni bir izolatör ve kondansatör tasarımı ve yapımı” Yüksek lisans tezi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2008.
- [7] Takfan Makine. (2017, 15 Mart) *Silikon parafudur kalıbı* [Online]. Erişim: <http://takfanmakina.com.tr/kalip-imalati.asp>
- [8] Anonim. (2017, 15 Mart). *Kalıp sektörü enjeksiyon mak. nasıl çalışır* [Online]. Erişim: <http://kalipsektoru.com/forum/threads/plastik-enjeksiyon-makinesi-nasil-calisir.2210/>
- [9] Fevziye Tezcan. (2016, 03 Haziran). *Vakumlu kesici* [Online]. Erişim: <http://fevziyetezcanelektrik.tr.gg/Ana-Sayfa.htm?uid=1>
- [10] Elektrikce. (2016, 10 Haziran). *Sf6 gazlı kesicilerin çalışma şekli* [Online]. Erişim: <https://www.elektrikce.com/Sf6-gazli-kesicilerin-turleri-ve-calismasi/>
- [11] Elektrik. (2016, 15 Haziran). *Kesiciler* [Online]. Erişim: <http://www.elektrik.gen.tr/2015/08/kesiciler/44>
- [12] Elektrikloji. (2017, 15 Mart). *Kesicilerin çalışma prensibi* [Online]. Erişim: <http://elektrikloji.blogspot.com.tr/2014/04/og-kesici-calsma-prensibi.html>
- [13] Anonim. (2017, 16 Mart). *Kesici patlama anı* [Online]. Erişim: <https://www.youtube.com/watch?v=Pye22Prr618>

- [14] Anonim. (2017, 16 Mart). *Kesici patlama anı* [Online].
Erişim: <https://www.youtube.com/watch?v=dPJtknGmsys>
- [15] Anonim. (2017, 16 Mart). *Kesici patlama anı* [Online].
Erişim: <https://www.youtube.com/watch?v=J8auz60ma0A>
- [16] Bütün Sınavlar. (2017, 20 Mart). *Kesiciler* [Online].
Erişim: <http://www.butunsinavlar.com/kesiciler.html>
- [17] Megep. (2017, 20 Nisan). *3D modelleme* [Online].
Erişim: http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Taslak%20Modelleme.pdf
- [18] Aktif. (2018, 01 Nisan). *Anahtarlama Elemanları* [Online].
Erişim: <https://aktif.net/tr/urun-ve-hizmetler>



6. EKLER

6.1 EK 1: KESİCİ ÜRETİM STANDARTLARI

Tablo 6.1. TEİAŞ kesici şartnamesindeki standartları [2].

STANDARTLAR	KONUSU
TS 9001, 9002, 9003	Kalite güvencesi standartları
TS EN 62271-100	Yüksek gerilim anahtarlama düzeni ve kontrol düzeni - Bölüm 100: Yüksek gerilim alternatif akım kesicileri
TS EN 62271-102/A2	Yüksek gerilim anahtarlama düzeni ve kontrol düzeni - bölüm 102: Alternatif akım ayırıcıları ve topraklama anahtarları
TS EN 62271-103	Yüksek gerilim anahtarlama ve kontrol düzenleri-1kv'un üzerinde ve en çok 52kv olan beyan gerilimleri için anahtarlar
TS EN 62271-105	Yüksek gerilim anahtarlama ve kontrol düzeni - Bölüm 105: Alternatif akımlı anahtar sigorta birleşimleri
TS EN 60376	Elektrikli donanımda kullanılacak teknik nitelikli kükürt hekzaflorürün (Sf6) özellikleri (IEC 60376:2005)
TS EN 60480	Elektrik cihazlarındaki sülfürhekzaflorürün (Sf6) kontrolü ve işlenmesi ve tekrar kullanımı için muayene kılavuzu
TS EN 62271-4	Yüksek gerilim anahtarlama ve kontrol düzeni - Bölüm 4: sülfür heksaflorid (Sf6) ve karışımları için prosedürler Taşıma

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Soyadı, adı : Öztürk Uğur
Uyruğu : TC
Doğum tarihi ve yeri : 16.08.1989 Bakırköy/İST
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ugur.sh.ozturk@gmail.com

EĞİTİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Kompozit Malzeme Teknolojileri	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Tasarım ve Konstrüksiyon Öğrt.	Düzce Üniversitesi	2012
Lise	Makine Ressamlığı Bölümü	Zeytinburnu E.M.L.	2006

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2016-	Denizer Sac Ve Metal San. Tic. LTD. ŞTİ.	Teknik Ressam
2012-2015	Demitaş Elektrik Marinaları A.Ş.	Teknik Ressam

YAYINLAR

1. Şişik N., Özkan A., Öztürk U., Ağız kompozit malzemelerin ağız, yüz, çene cerrahisinde kullanımı ve malzeme uygunluklarının belirlenmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 1 2016 227-242.

2. Öztürk U., Özkan A., Devre kesici kompozit kutup için yeniden tasarım uygulaması, *İmascongress*, Kocaeli, 2018