



# İÇİNDEKİLER

	Safya
SİMGE LİSTESİ .....	i
KISALTMA LİSTESİ .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	vi
ÖNSÖZ .....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. SF <sub>6</sub> (KÜKÜRTHEKSAFLORÜR) GAZI.....	4
2.1 SF <sub>6</sub> Gazının Kimyasal Yapısı.....	4
2.2 SF <sub>6</sub> Gazının Fiziksel Özellikleri.....	5
2.3 SF <sub>6</sub> Gazının Elektriksel Özellikleri.....	6
2.4 SF <sub>6</sub> Gazının Ark Söndürmedeki Davranışı.....	7
2.4.1 Arkın yapısı.....	7
2.4.2 Gaz ortamında arkın yapısı.....	7
2.4.3 Isılı İletkenliğin değişimi.....	8
2.4.4 Moleküllerin ayrışması ve ısı iletkenlik.....	8
2.5 Delinme Mekanizmaları ve Tutuşma Şartları.....	10
3 GAZ İZOLELİ İSTASYONLARIN BİLEŞENLERİ.....	11
3.1 Güç Transformatörleri.....	11
3.1.1 Demir çekirdek.....	12
3.1.2 Sargılar.....	14
3.1.3 Gerilim ayarı.....	15
3.1.4 Transformatörlerde soğutma sistemleri.....	16
3.1.5 Koruma ve kontrol cihazları.....	16
3.2 Güç Şalterleri.....	17
3.2.1 Güç Şalteri yapısı.....	21
3.2.1.1 Kontaklar.....	21
3.2.1.2 Mekanizmalar.....	21
3.2.1.3 Montaj ve muhafaza.....	22
3.2.2 Modüler hücre tipi.....	22
3.2.3 Güç şalterlerinin nominal değerleri.....	23
3.2.4 Güç şalterlerinin test edilmesi.....	25
3.2.5 Otomatik kapama.....	26
3.3 Ayırıcı.....	27
3.3.1 Yük ayırıcısı.....	28
3.3.2 Toprak ayırıcısı.....	28
3.4 Ölçü Transformatörleri.....	28

3.4.1	Akım trafoları.....	29
3.4.2	Gerilim Trafoları.....	29
3.5	Mahfazalar.....	30
3.5.1	Tasarım.....	30
3.5.2	Topraklama.....	31
3.5.3	İzolatörler.....	31
3.6	Baralar.....	33
3.6.1	Baraların aynı mahfaza içinde tek fazlı ve üç fazlı olarak kapsüllemesi.....	35
3.6.1.1	Tek fazlı kapsüllemenin faydaları.....	36
3.6.1.2	Üç fazlı kapsüllemenin faydaları.....	36
3.7	Parafudrlar.....	36
3.8	Stasyon Batarya.....	36
3.9	Redresörler.....	37
3.10	Bağlantılar.....	39
3.10.1	Hava- SF <sub>6</sub> geçit izolatörleri.....	39
3.10.2	Kablo başlığı.....	39
3.10.3	Güç transformatör bağlantısı.....	40
3.10.4	Havai hat bağlantısı.....	41
3.11	Sızdırmazlık.....	42
3.12	Bölmeleme.....	42
3.13	İlave Tesis Kurabilme Olanığı.....	42
3.14	BütünTesislere Uygun Bara Tipleri.....	43
4	<b>ÖZEL TESİS VE İŞLETME PROBLEMLERİ.....</b>	<b>45</b>
4.1	GIS' lerdeki Arızalar.....	45
4.1.1	Basıncın izlenmesi.....	45
4.1.2	SF <sub>6</sub> Gaz kaçağı testi.....	45
4.1.3	İç Arızaların belirlenmesi.....	45
4.1.4	Transformatörlerdeki arızalar.....	46
4.2	Bakım.....	46
4.2.1	SF <sub>6</sub> gazı kullanılan güç şalterlerinde bakım.....	47
4.2.2	SF <sub>6</sub> gazı arabası.....	48
4.3	Topraklama.....	48
4.4	Gaz İzoleli Şalt Tesislerinde Yüksek Güvenilirliğe Sahip Kontrol Sistemlerinin Gelişimi.....	50
4.4.1	Konfigürasyonlar ve Özellikleri.....	52
4.4.1.1	Kontrol (PLC).....	52
4.4.1.2	Sürme devreleri.....	53
4.4.1.3	Optik pozisyon sensörleri ve kendi kendine takip.....	54
4.4.2	Sistemde güvenilirliğin geliştirilmesi.....	54
4.4.2.1	Hatadan bağımsız İşlem .....	54
4.4.2.2	Otomatik gözlemeleme fonksiyonu.....	55
4.5	Yıldırım Darbesinin Neden Olduğu GIS' deki Aşırı Gerilimlerin Araştırılması..	55
4.5.1	Yıldırım.....	55
4.5.2	Yol alan dalgalar ve bevley lattice diyagramı.....	57
4.5.3	Paratonerle aşırı gerilimlerden korunma .....	58
4.5.3.1	Klasik paratonerler.....	59
4.5.3.2	Boşluksuz paratonerler.....	59
4.6	GIS' deki Çok Hızlı Geçici Durumlar.....	59
4.6.1	VFT' lerin sınıflandırılması.....	59
4.6.1.1	Dahili VFT.....	60

4.6.1.2	Harici VFT.....	61
4.6.1.2.1	Geçici birleşme gerilimi (TEV).....	61
4.6.2	Çok hızlı geçici yüksek gerilimlerin alan ölçümleri .....	64
4.6.2.1	Ölçü cihazları.....	64
4.6.2.1.1	Küresel elektrik alan sensörü.....	64
4.6.2.1.2	Kapasitif prob.....	66
4.6.2.2	800 kV kontrol montajı test düzeneği.....	66
5	PROJE SEÇİMİ.....	68
5.1	800 kV' luk Gaz İzoleli İstasyonların Gelişimi.....	69
5.1.1	800 kV' luk GIS' lerin tasarımı.....	70
5.1.1.1	Tek hat diyagramı.....	70
5.1.1.2	GIS' in montaj planı.....	70
5.1.2	Bileşenlerin test edilmesi ve Gelişimi.....	71
5.1.2.1	İzolasyon koordinasyonu.....	71
5.1.2.2	SF <sub>6</sub> güç şalteri.....	72
5.1.2.3	Ayırıcı.....	74
5.1.2.3.1	Çift baralı sistemde döngü akımının anahtarlanması.....	74
5.1.2.3.2	Bara şarj akımının anahtarlanması.....	75
5.1.2.4	İzolatörler.....	76
5.1.2.5	Tutucular.....	76
5.2	Hibrid Şalt Tesisleri.....	77
5.3	Konteyner Tipi Taşınabilir İstasyon.....	78
5.3.1	Westmecklenburg da mobil konteyner istasyon.....	78
5.3.2	Bir küçük kapasiteli jeotermal güç istasyonu için mini istasyon.....	79
5.4	Gaz İzoleli Kablolar.....	79
5.5	Güç Santrallerinde SF <sub>6</sub> kullanımı.....	80
5.6	Dünyada Halen İşletme İçinde Bulunan Mevcut GIS-Tesislerinden Örnekler....	81
6	TÜRKİYE' DE SF <sub>6</sub> GAZ İZOLELİ İSTASYONLARIN KONUMU.....	88
6.1	İstanbul-Selimiye GIS.....	88
6.1.1	İstanbul-Selimiye GIS' e ait kesitler.....	90
6.2	Türkiye' de Mevcut 154 kV Trafo Merkezlerinin Fiyatlandırılması.....	97
7	GIS VE KONVANSİYONEL TRAFİO MERKEZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	105
7.1	Hava ve SF <sub>6</sub> Gaz İzoleli İstasyonların İzolasyon Sisteminin Mukayesesi.....	105
7.2	Maliyet ve Güvenirlilik.....	105
7.2.1.	Yüksek basınçlı SF <sub>6</sub> kullanımı.....	105
7.2.2	Alçak basınçlı SF <sub>6</sub> kullanımı.....	106
7.3	Türkiye' de Bulunan 154 kV Hava İzoleli Trafo Merkezleri.....	106
7.4	Türkiye' de Mevcut Olan 154 kV Hava ve SF <sub>6</sub> İzoleli İstasyonların Maliyet Açısından Mukayesesi.....	106
8	SONUÇ.....	109
	KAYNAKLAR.....	111
	ÖZGEÇMİŞ.....	112

## SİMGE LİSTESİ

$U_D$	Delinme Gerilimi
$\delta$	Gaz yoğunluğu
$d$	Atlama mesafesi
$x$	Nominal güç şalteri simetrik kesme akımı
$AA'$	Akım dalgası grubu
$Z_T$	Topraklama ağı empedansı
$f(a)$	Gerçel olan a toprak yapısı etkisinin fonksiyonu
$\psi(b)$	Sanal olan b elektrod geometrisi etkisinin katsayısı
$\rho$	Toprak özdirenci
$E$	Yıldırım şok dalgası gerilim değeri
$\alpha$	Yansıma açısı
$\beta$	Kırılma açısı
$X$	Hat boyunca ölçülen uzunluk
$v$	Yayılma hızı
$K_R$	Yansıma katsayısı
$K_T$	Kırılma katsayısı
$Z_k$	Toprak üstü kapalı yerin empedansı
$Z_f$	Yüksek gerilim iletim hattı empedansı
$Z_i$	Bara empedansı
$u_k$	Geçici birleşme gerilimi
$V_{10kA}$	Kalıntı gerilimi
$U_c$	Elektrik alan sensörüne uygulanan gerilim
$E_c$	Elektrik alan sensörü alan kuvveti
$E(t)$	Ölçülen elektrik alan sensörü alan kuvveti
$k$	Elektrik alan sensörü kalibrasyon faktörü

## KISALTMA LİSTESİ

GIS	Gaz İzoleli İstasyon
Y.G.	Yüksek Gerilim
O.G.	Orta Gerilim
HRCS	Yüksek Güvenilirliğe Sahip Kontrol Sistemleri
PLC	Programlanabilir Lojik Kontrol
DS	Ayrıcı
GCB	Güç Şalteri
VFT	Çok Hızlı Geçici Gerilimler
TEV	Geçici Birleşme Gerilimi
EMPT	Elektromagnetik Geçici Gerilim Programı
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 SF <sub>6</sub> molekülünün yapısı.....	4
Şekil 2.2 SF <sub>6</sub> gazının spesifik ısısı.....	5
Şekil 2.3 SF <sub>6</sub> gazının basınç ve sıcaklığının yoğunluğa göre değişimi.....	6
Şekil 2.4 Çeşitli dielektriklerin yalıtım düzeylerinin basınçla değişimi.....	7
Şekil 2.5 Silindirik bir yapıda ark.....	7
Şekil 2.6 Gaz ortamında arktaki sıcaklık basamağı ve ark göbeği, azot ve SF <sub>6</sub> gazlarında arkin yapısı.....	8
Şekil 2.7 SF <sub>6</sub> moleküllerinin sıcaklıkla ayrışma ve oluşması.....	10
Şekil 3.1 Çift bara üç fazlı kapsüllenmiş tip GIS konfigürasyonu.....	11
Şekil 3.2 Bir güç transformatörünün kesit görüntüsü.....	13
Şekil 3.3 Bir transformatöre ait beş bacaklı çekirdek.....	14
Şekil 3.4 Yük ve kademe şalteri.....	15
Şekil 3.5 Güç şalter grubu gaz akış devresi.....	18
Şekil 3.6.a Güç şalteri.....	19
Şekil 3.6.b Güç şalteri akım kesme hücresi.....	20
Şekil 3.7 Metal clad tipi hücre.....	23
Şekil 3.8 Kontak ayrılma anındaki kesicinin kararlılığı.....	24
Şekil 3.9 Tekrar ateşleme osilografı.....	26
Şekil 3.10 Ayırıcı.....	27
Şekil 3.11 Toprak ayırıcı.....	28
Şekil 3.12 Akım trafosu.....	29
Şekil 3.13 420 kV' luk sargılı tip gerilim trafosu.....	30
Şekil 3.14 Bara mesnet izolatörü.....	32
Şekil 3.15 İzolatör boyunca alan dağılımı.....	32
Şekil 3.16 İki mahfazanın izolatörlerle birbirine irtibatı.....	33
Şekil 3.17 Baralar üzerinde genleşme düzeni.....	34
Şekil 3.18.a Dikine kesit bara görünüşü.....	34
Şekil 3.18.b Yandan kesit bara görünüşü.....	35
Şekil 3.19 Çift barayla devreye almada bara düzenlemesi.....	35
Şekil 3.20 İzoleli kablo başlıkları.....	40
Şekil 3.21 Transformatör direk bağlantısı.....	40
Şekil 3.22 Havai hat bağlantısı.....	41
Şekil 3.23 Kablo bağlantılı tek bara sistemi.....	43

Şekil 3.24	Havai hat bağlantılı çift bara sistemi.....	43
Şekil 3.25	Kablo bağlantılı çift bara sistemi.....	43
Şekil 3.26	Kablo bağlantısına uygun transfer baralı çift bara sistemi.....	44
Şekil 3.27	Baypaslı çift bara sistemi.....	44
Şekil 4.1	Trafo merkezindeki topraklama direncinin toprak tabakası ve elektrod geometresine bağlı olarak değişimi.....	49
Şekil 4.2	Tek basınçlı SF <sub>6</sub> gazlı güç şalterine ait büyük arızaların dağılımı .....	52
Şekil 4.3	Tek basınçlı SF <sub>6</sub> gazlı güç şalterine ait küçük arızaların dağılımı.....	52
Şekil 4.4	Prototip HRCS' in iç görünümü.....	53
Şekil 4.5	Sürme devresinin iç görünüşü.....	53
Şekil 4.6	Optik pozisyon sensörleri ve kendi kendine takip.....	54
Şekil 4.7	Bir iletim hattı ve GIS' in tek hat diyagramı.....	57
Şekil 4.8	Akım sınırlama aralık paratonerinin gerilim-zaman karakteristiği.....	58
Şekil 4.9	110 kV GIS' de farklı zaman sapmasıyla ölçülen ayırıcı çalışma esnasındaki VFT aşırı gerilimi.....	60
Şekil 4.10.a	Ayırıcı işletmedeyken geçici dalgaların yayılması.....	60
Şekil 4.10.b	Kondansatörlü devre ile VFT açısından a.'nın şematik gösterimi.....	61
Şekil 4.10.c	Hatların sonsuz uzunlukta kabul edilerek u <sub>k</sub> 'nın hesaplanmasında kullanılan tek hat şeması.....	61
Şekil 4.11	TEV' in 800 kV bara iletkenine olan etkilerinin incelenmesi için kurulan deneysel test .....	64
Şekil 4.12	A.C. gerilim ile küresel elektrik alan sensörünün gerilim kalibrasyonu.....	65
Şekil 4.13	800 kV kontrol montajı.....	67
Şekil 4.14	Dikey elektrik alan bileşenlerinin ölçümü.....	67
Şekil 5.1	800 kV GIS.....	71
Şekil 5.2	800 kV güç şalteri konfigürasyonu.....	72
Şekil 5.3.a	800 kV Güç şalteri test devresi gerilim testi .....	73
Şekil 5.3.b	800 kV Güç şalteri gerilim testinden görünüş.....	74
Şekil 5.4	Faz dışı durumu altındaki ani gerilim dalgası.....	76
Şekil 5.5	Kansai Elektrik Power Şirketi tarafından Seiban'da kurulan 550 kV, 4000 A hibrid GIS (1979).....	77
Şekil 5.6	Konteyner tipi taşınabilir istasyon.....	78
Şekil 5.7	Boru gaz kablosu.....	80
Şekil 5.8	Itapu hidroelektrik santrali.....	80
Şekil 5.9	BBC Brown Boveri firmasına ait 525 kV GIS fider kesiti.....	81



Şekil 5.10	Binanın bodrum katında yapılan GIS tesisi.....	82
Şekil 5.11	550 kV GIS' in fabrikadaki montajı.....	83
Şekil 5.12	BBC Brown Boveri firmasının yaptığı 550 kV GIS.....	84
Şekil 5.13	Toshiba firmasının yaptığı 550 kV-8000 A GIS.....	85
Şekil 5.14	Toshiba firmasının yaptığı 550 kV-8000 A Higashi Tokyo GIS.....	86
Şekil 5.15	Toshiba firmasının yaptığı 362 kV GIS.....	87
Şekil 6.1	Dış görünüş.....	90
Şekil 6.2	Dış görünüş.....	90
Şekil 6.3	Birinci kat-kontrol odası, görevli Çizelgecu personele ait masalar, yangın ihbar santralı ve trafo yangın koruma panoları.....	91
Şekil 6.4	Birinci kat-kontrol odası.....	91
Şekil 6.5	Birinci kat-kontrol odası.....	92
Şekil 6.6	Zemin kat- 10.5 kV O.G. holü.....	92
Şekil 6.7	Zemin kat- 34.5 kV O.G. holü.....	93
Şekil 6.8	Zemin kat- GIS odası.....	93
Şekil 6.9	Zemin kat- GIS odası.....	94
Şekil 6.10	Zemin kat- GIS odası.....	94
Şekil 6.11	Zemin kat- GIS odası.....	95
Şekil 6.12	Bodrum kat-kablo galerisi Y.G. kabloları.....	95
Şekil 6.13	Bodrum kat-kablo galerisi.....	96
Şekil 6.14	Bodrum kat-kablo galerisi.....	96

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1	Topraklayıcı türüne göre yayılma dirençleri.....	50
Çizelge 4.2	Çeşitli toprak cinslerinin ortalama özgül dirençleri .....	50
Çizelge 4.3	Yıldırım şok parametreleri .....	56
Çizelge 6.1	154/34.5-15.8-6.3 kV Güç trafosu tesisi .....	97
Çizelge 6.2	154 kV Kuplaj fideri .....	98
Çizelge 6.3	154 kV Trafo fideri (2 ana baralı) .....	98
Çizelge 6.4	154 kV Çıkış fideri (2 ana baralı) .....	99
Çizelge 6.5	15-30/0.4 kV Yardımcı servis trafo tesisi .....	99
Çizelge 6.6	15-30 kV Güç trafosu tesisi .....	100
Çizelge 6.7	15-30 kV Trafo fideri (2 ana bara + transferli) .....	100
Çizelge 6.8	15-30 kV Transfer fideri (2 ana bara + transferli) .....	101
Çizelge 6.9	15-30 kV Kuplaj fideri .....	101
Çizelge 6.10	15-30 kV Çıkış fideri (2 ana bara + transferli) .....	102
Çizelge 6.11	154 kV XLPE 1000 mm <sup>2</sup> Yeraltı kablosu .....	102
Çizelge 6.12	154 kV XLPE 630 mm <sup>2</sup> Yeraltı kablosu .....	103
Çizelge 6.13	Anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezi .....	103
Çizelge 6.14	Anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezi .....	103
Çizelge 6.15	Anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezi .....	104
Çizelge 6.16	Trafo Merkezi lojman fiyatlandırması .....	104

## ÖNSÖZ

Türkiye’de İstanbul, Ankara, İzmir ve İzmit gibi büyük şehirlerde enerji tüketimindeki büyük artışlar sonucu İndirici Trafo Merkezleri şehir merkezlerinde kurulmaya başlamıştır. Ancak önceden kurulu tesise ilave yapılmasında ve yeni anahtar teslimi yapılacak tesislerde yeterli alan bulunamayan ve arsa maliyetleri yüksek olan kalabalık semtlerde konvansiyonel tesislerin projelendirilmesi ve montajı mümkün olamamaktadır. Bu nedenle dünyada 1950’li yıllarda başlayan GIS’ teknolojisini Türkiye’de de uygulanmaktadır.

Bu tezde SF<sub>6</sub> gazı ve Gaz izoleli tesisler incelenerek hava İzoleli tesislerle karşılaştırılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de bu teknolojinin konumu İzah edilip, değişik firmalarca yapılan bazı trafo merkezlerinden örnekler verilmiş ve karşılaşılan çeşitli problemler anlatılmıştır. Son olarak Türkiye’de kurulu bulunan 154 kV hava ve SF<sub>6</sub> izoleli trafo merkezleri aynı şartlar altında 1999 birim fiyatları kullanılarak anahtar teslimi maliyetleri hesaplanmıştır. Arazi giderleri dikkate alınmadığında GIS lerin % 69 daha pahalı olduğu görülmüştür.

Tez aşamasında her türlü yardımı esirgemeyen TEAŞ’tan emekli olan Murat ÖZKAN’a ve Muzaffer YILDIZ’a, Yıldız Teknik Üniversitesinde araştırma görevlisi olan Kadir ERKAN’a ve bu tez konusunu seçerek trafo istasyonları hakkında daha detaylı araştırmalar yapmamı sağlayan, her zaman destek olarak en iyi şekilde yönlendiren tez danışmanım Yrd.Doç.Dr.Erdin GÖKALP’e değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

## ÖZET

Kırsal bölgelerden büyük şehirlere yapılan göçlerden dolayı elektrik enerjisi tüketimi artmış, bunun neticesi olarak da yüksek gerilim şebekeleri şehir merkezleri ve endüstriyel bölgeler boyunca yayılmıştır. Şehirlerdeki arsa maliyetleri, yeterli büyüklükte arsa bulunamaması, kirlilik ve atmosfer şartları gibi faktörler bilim adamlarını yeni çalışmalar yapmaya zorlamıştır. Bunun bir sonucu olarak da diğer sistemlere göre daha küçük alana kurulabilen ve daha gelişmiş koruma tekniklerine sahip GIS Tesisleri kurulmuştur.

SF<sub>6</sub> Gazı ark söndürmede çok iyi performans gösterdiğinden dolayı devre kesici ve şalt tesisleri gibi elektrik cihazları ve tesislerinde izolasyon malzemesi olarak tercih edilmektedir. GIS Tesislerinde, akım taşıyan iletkenler çevrelerindeki elemanlardan basınçlı SF<sub>6</sub> gazı kullanılarak izole edilirler ve bu iletkenler metal muhafazalar içinde tutulurlar. Bu sayede, atlama mesafesi azaltılmış ve gövde ile cihazların giriş-çıkışları arasında dielektrik dayanım artırılmış olur.

Bu çalışmada, GIS Tesislerinde kullanılan elemanlar ile geleneksel tip tesislerdeki elemanların birbirlerinin benzeri olduğu görülmüştür. Bu cihazların bağlantıları ile tesis ve işletim problemleri araştırılmıştır. Sonrasında kontrol sistemlerinin gelişimi ve geçici ve aşırı gerilimler açıklanmıştır. GIS Tesislerinin resimli örnekleri verilerek dünyadaki enerji problemlerine katkısı belirtilmiştir. Türkiye'nin bu teknolojideki yeri değerlendirilmiş ve şimdiye kadar 154 kV trafo istasyonu uygulamaları ele alınmıştır. GIS Tesisleri ile açık tip sistemler karşılaştırılmış ve sonuç olarak GIS Tesislerinin % 65 oranında açık tip sistemlerden daha pahalı olduğu görülmüştür.

## ABSTRACT

The consumption of electrical energy increased due to immigration from rural areas to big cities and so the high voltage networks expanded through city centres and industrial domains. The factors like those of cost and incapability of finding sufficient scale of building lands in cities, pollution and atmospheric conditions forced scientist to make new investigations. As a result, SF<sub>6</sub> Gas Isolated Plants have been installed for many years because of having improved protection techniques and availability of establishment of smaller areas than the other systems.

SF<sub>6</sub> Gas shows very good performance for extinguishing of arc. So that, it is preferred as an isolation material for some electrical devices and plants such as circuit breakers, switchgears. In GIS Installations, current carrying conductors are isolated with pressured SF<sub>6</sub> Gas from their environment and enclosed with metal cover. Thus, skipping distance is reduced and dielectric endurance is increased among trunk and input-output of devices.

In this study, It is shown that, the devices used in GIS Installations are similar with conventional installations. Their connections, establishment and operation problems are examined. Then developments of control systems and effects of transient voltages and spikes are explained. The pictured examples of GIS Installations are given and their contributions of energy problems in the world are described. The position of Turkey in this technology are evaluated and so far, for only 154 kV transformers station applications are explained. A comparison are made between open type stations and GIS Installations. As a consequence, it is realised that GIS Installations are 65 % more expensive than open type systems.

## 1. GİRİŞ

Son 50 yılda elektrik enerjisi tüketimindeki hızlı artışlar kırsal bölgelerden olan göç dolayısıyla büyük şehirlerdeki nüfus artışı enerji dağıtımını güçleştirerek YG şebekelerinin şehir merkezlerine endüstri sahalarına kadar yayılmasına neden olmuştur. Önceleri iletimde kullanılan gerilim kademeleri artık yerleşim alanları içindeki dağıtım merkezlerinin beslenmesinde kullanılmaktadır.

Şehirlerdeki arsa maliyetleri, yeterli büyüklükte arsa bulunamaması, kirlilik ve atmosfer şartları gibi etkenler bilim adamlarını yeni araştırmalara sevk etmiş, daha küçük alana sığan koruma önlemlerinin çok daha iyi olduğu yeni tesisler kurulmuştur. Hava yerine başka izolasyon maddeleri kullanılarak YG elamanları küçültülmüştür. Atlama mesafesi küçültülerek daha küçük alanlara sığabilen, Gaz izoleli istasyonlar dünyanın çeşitli yerlerinde kurulmuştur. Başlangıçta bu istasyonlarda farklı gazlar kullanılmasına rağmen sonraları bütün ülkelerde SF<sub>6</sub> gazı kullanılmıştır.

Normal şartlarda şalt tesisleri hava izoleli olup, çok ucuz bir izole edici madde olmasına rağmen asla ideal bir izolasyon değildir. Elektrik dayanımının az olması nedeniyle Yüksek gerilimlerde gerilimli parçalar arasında birbirine karşı ve toprağa karşı çok büyük aralıklar gereklidir. Yüksek Gerilim tesislerinde nemli ve sisli havalarda korona olayları sık sık olur. Şimşek darbeleri, kar ve buz tabakası gibi atmosferik olaylardan etkilenirler. Hava kirliliğinin fazla olduğu sanayi alanları, işlek caddeler, sahil yakınlarında; İzolatörlerin dış yüzeyinde istenmeyen tabakalar oluşur. Dolayısıyla izolatörlerin elektriki atlama dayanımları azalır. Hava İzoleli Trafo Merkezleri'nin büyük bir alana oturması, özellikle büyük şehirlerde birçok problemler oluşturmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için ilave tesis kurabilme toleransı her zaman mevcut olmayabilir.

Bunların yanında hava izoleli şalt tesislerinin avantajları da vardır. Tesis kuracak olan elemanlar daha az tecrübeli olabilir, GIS'ler kadar teknik yönü yoktur. Yer probleminin olmadığı yerlerde tercih sebebidir. Daha fazla bakım gerektirmelerine rağmen maliyeti düşük olup arızalar yerinde giderilebilir, laboratuvar koşullarına gerek yoktur.

Gaz izoleli istasyonlar teknolojileri göz önüne alındığında açık tip istasyonlardan daha pahalıdır. Ancak gaz ve hava izoleli istasyonlar maliyet açısından kıyaslandığında sabit bir katsayı belirlemek zordur. Bu katsayı arsa maliyetleri, şehir merkezine yakınlık, kirlilik

derecesi ve çevre koruması, gibi nedenlerden dolayı ülkelerin durumuna göre değişir. Bununla birlikte 400 kV'ta farkın %30 dan fazla olduğu, 72.5 kV'ta ise farkın % 100'e kadar çıktığı söylenebilir.

Gaz yalıtımlı tekniğin seçiminde göz önüne alınan kriterler şunlardır:

- GIS'ler kirlenmeye karşı duyarsızdır. Örneğin Fransa'da birçoğu deniz kıyısında kurulu olan nükleer santrallerin enerjisini tahliye eden istasyonların tümü gaz yalıtımlı tiptir. Sadece hava/SF<sub>6</sub> geçit izolatörleri kirlenmeye maruz kalırlar. Bunların hava da kalan kısımlarının kaçak mesafesi büyük seçilir ve periyodik olarak yıkanır.

- Günümüzde çevre korunması ile ilgili duyarlılık fazla olup, bu konu ile ilgili yasalar mevcuttur. Gaz Yalıtımlı istasyonlar çevreye verilen zararı asgariye indirir.

-Ark oluşması, herhangi bir teçhizatın patlaması anında yangın tehlikesi hemen hemen yoktur. Sadece güç transformatörleri genelde yağlı tip olduklarından çevreye zararlı olabilir. Bunun için güç transformatörleri mümkün oldukça perde beton duvarlar ile sistemden izole edilir. Çevredeki binaların emniyeti için belirli bir boş alan bırakılır.

- Açık şahtlara göre yaklaşık on misli küçük olan GIS'ler binaların içine, toprakaltına (garaj altlarına) harici olarak şehir merkezlerine, endüstri komplekslerine veya hidroelektrik santrallerine yerleştirilebilir. Sistem geriliminin yükseltilmesi gerektiğinde veya mevcut istasyon genişletileceğinde, yer avantajından ötürü GIS tek çözüm yolu olabilir. Her ne kadar GIS'lerin maliyeti açık şalt teçhizatına göre pahalı ise de; birçok ikinci maliyeti azaltması ve % 10'luk bir alana ihtiyaç göstermesi genel toplam bedelinin düşük olmasını sağlar.

GIS' in alan bakımından ekonomik olduğu durumlar şunlardır:

- Yerleşim alanları ve endüstriyel bölgeler (yer, kirlenme)
- Dağlık bölgeler (yer hazırlama, yükseklik, kar ve buz)
- Sahil bölgeleri (tuz ile ilgili problemler)
- Yeraltı şalt merkezleri
- Estetiğin önemli problem olduğu yerler
- Mobil şalt merkezleri

Milli Güvenliđi etkileyen stratejik nedenlerden dolayı GIS seçimi mecburi olabilir. Bazı tülkelerde elektrik teçizatının askeri ve terörist tecavüzlere karşı korunması her geçen gün önem kazanmaktadır. GIS'in saklanabilme ve korunma özellikleri önemli bir avantaj sağlar.





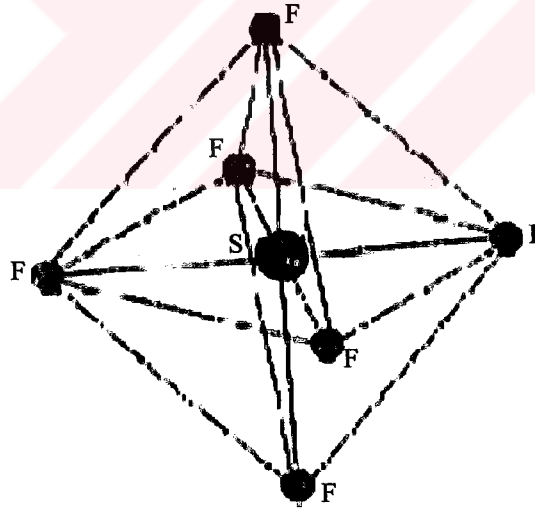
## 2. SF<sub>6</sub> (KÜKÜRTHEKSAFLORÜR) GAZI

Elektrikli cihaz imalatçıları, Moissan ve Lebeau tarafından sentezinin yapıldığı 1900'lü yıllardan beri kimyacıların tanıdığı, SF<sub>6</sub> adlı yeni bir gaz keşfettiler. Bu gazın mikro fiziksel özellikleri arasında bir köprü kurarak elektron bulut parametrelerini buldular. Kullanımı 1937'de öngörülen SF<sub>6</sub>'nın sanayileşmesi ancak 1948'de ABD'de başlayabildi. 1970'den itibaren kesicilerde yağ ve basınçlı havanın yerini artık SF<sub>6</sub> almaktadır.

SF<sub>6</sub> gazı kimyasal ve elektriksel özellikleri yanında ark söndürmedeki farklı davranışı elektrik akımını kesen cihazlarda ve kapalı anahtarlama tesislerinde kullanımının gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır.

### 2.1 SF<sub>6</sub> Gazının Kimyasal Yapısı

SF<sub>6</sub> renksiz, kokusuz, zehirli ve yanıcı olmayan, kararlı bir gazdır. Havaya kıyasla daha yoğundur. SF<sub>6</sub>'nın molekül ağırlığı 146 iken Azotun 32, Oksijeninki ise 28'dir. Simetrik yapılı SF<sub>6</sub> molekülünün merkezinde bir kükürt atomu vardır. Altı flor atomu ise Kükürt atomu etrafındaki düzgün bir sekiz köşelinin altı köşesinde yerleşmiştir.



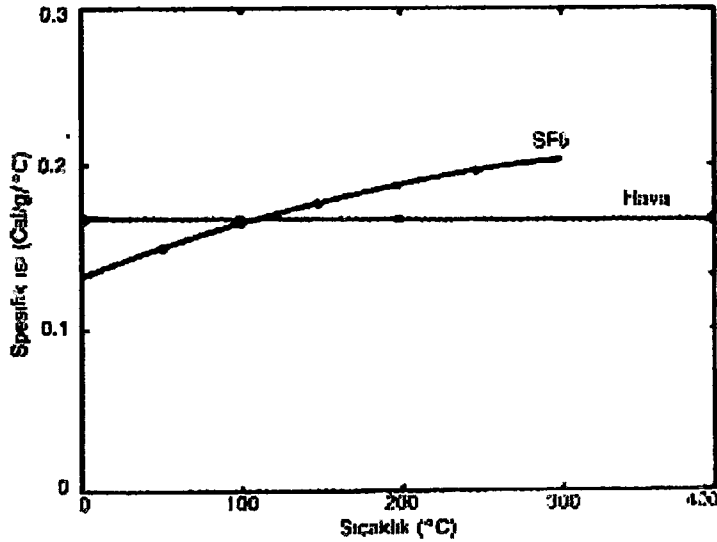
Şekil 2.1 SF<sub>6</sub> Molekülünün yapısı

Kükürt atomunun valans elektronları ile altı flor atomu, dış yörüngelerindeki eksik elektronlarını tamamlarlar. Bağlarının hepsi doymuş olan bu yapı, kimyasal enerjisinin (262 kcal / mol) belirlediği yüksek bir kararlılığa sahiptir.

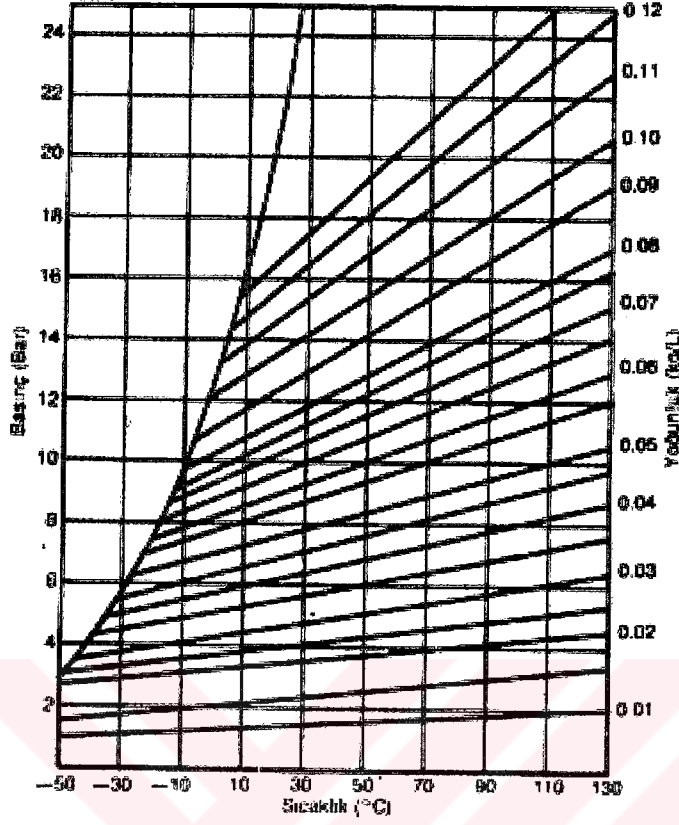
## 2.2 SF<sub>6</sub> Gazının Fiziksel Özellikleri

Molekül ağırlığı	: 146.06
Erime noktası	: -50.8 °C
Yoğunluk (sıvı)	
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 ısı (25 °C de)	: 7.0 cal mL <sup>-1</sup> C
Genleşme yüzeyi (-50 °C de)	: 11.63 dyn/cm
Isı iletkenliği (X 10.4)	: 3.36 cal Sec. Cm <sup>-2</sup> /C°
Viskosite (Gaz, 25 °C 10 <sup>4</sup> )	: 1-61 poise
Kaynama noktası	: -63.0 °C
Bağıl yoğunluk (hava =1)	: 5.10
Buhar basıncı (20 °C)	: 10.62 bar

Temiz SF<sub>6</sub> gazı zehirsizdir. Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan test sonucu, havasızlığı önleyecek kadar yeterli oksijenin olması koşuluyla, her hangi bir ters etki olmaksızın gaz solunabilir.



Şekil 2.2 SF<sub>6</sub> gazının spesifik ısısı



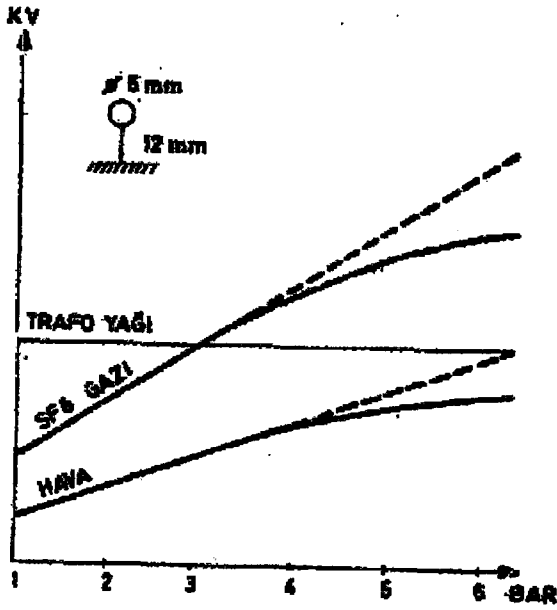
Şekil 2.3 SF<sub>6</sub> gazının basınç ve sıcaklığının yoğunluğa göre değişimi

### 2.3 SF<sub>6</sub> Gazının Elektriksel Özellikleri

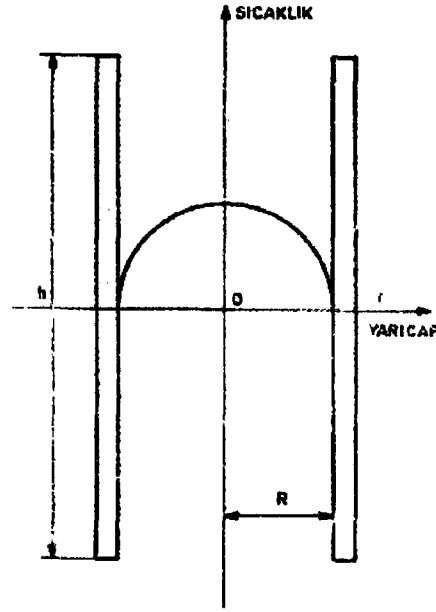
SF<sub>6</sub> gazı iyi bir yalıtıcı olup yalıtım özelliğinin basınçla artışı diğer yalıtıcılara kıyasla daha iyidir.

Bu özellik ağır gaz molekülleri serbest elektronlarının elastik çarpışmada frenlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi elektrik alanının hızlandırdığı serbest elektronlar gazda boşalmanın başlamasına neden olurlar.

Bazı florlu gazların (Örneğin Frewon) yalıtım özellikleri, SF<sub>6</sub> gazının özelliklerine eşit ve hatta daha üstün olabilmektedir. Ancak SF<sub>6</sub> gazının ark söndürmedeki davranışı hemen hemen eşsizdir.



Şekil 2.4 Çeşitli dielektriklerin yalıtım düzeylerinin basınçla değişimi



Şekil 2.5 Silindirik bir yapıda ark

## 2.4 SF<sub>6</sub> Gazının Ark Söndürmedeki Davranışı

### 2.4.1 Arkın yapısı

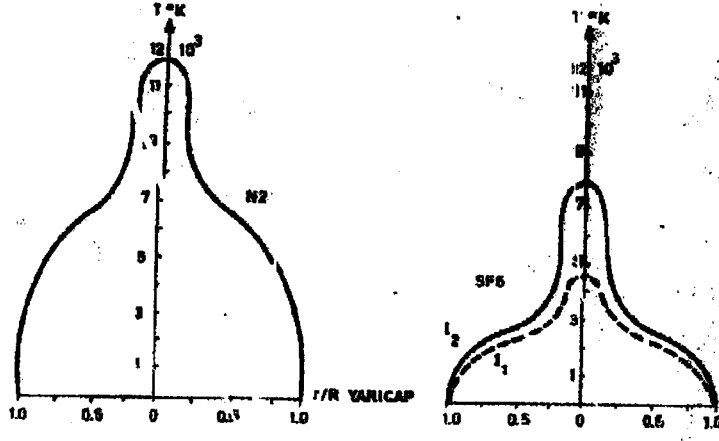
SF<sub>6</sub> Gazının ark söndürmedeki davranışını ve üstünlüğünü anlatmak için bir model üzerinde arkın yapısını inceleyelim.

İçi herhangi bir gaz ile dolu silindirde görülen ark, arka etki eden kuvvetler nedeniyle, şekil de görülen bir biçime sahip olacaktır. Bu kuvvetler elektromagnetik kuvvet ve ısıl kuvvettir.

Elektromagnetik kuvvet akımın şiddetine ortamın magnetik özelliğine ve geometrik yapıya bağlıdır. Isıl kuvvet ise arkın hacmine ve ısınan gazların yoğunluklarına bağlıdır. Bu kuvvetlerin etkisi ile arkın elektrotlardaki uçları aşağı doğru giderken orta kısmı yükselir.

### 2.4.2 Gaz ortamında arkın yapısı

Arkın yukarıda anlatılan biçimi gazlı ortamda daha farklı olmaktadır. Akım arttıkça silindirik yapının merkezinde bir sıcaklık basamağı oluşur. Bu basamağın oluşturduğu çıkıntıya arkın göbeği diyeceğiz .



Şekil 2.6 Gaz ortamında arktaki sıcaklık basamağı ve ark göbeği, azot ve SF<sub>6</sub> gazlarında arkin yapısı

Gazın iletkenliğini artıran iyonlaşma ve arkta oluşan enerjiyi dışarıya atan gazın ısı iletkenliği bu basamağın şeklini belirler. Akım arttıkça basamağın şekli aynı kalır, ancak göbeğin sıcaklığı daha da yükselir.

Elektron yoğunluğu sıcaklıkla hemen hemen üstel bir şekilde artmaktadır. İyonizasyon olayına bir yönden bakıldığında, akımın büyük bir kısmının arkin eksenine yakın olan sıcak bölgeden taşınacağı açıktır. Bu bölgenin sıcaklığı taşınan akıma göre kendiliğinden ayarlanır. Isı kayıpları da çoğunlukla ark ekseninden dışarıya doğru sabit bir akı olarak düşünülebilir.

### 2.4.3 Isıl iletkenliğin değişimi

Yukarıda incelenen duruma göre ark ekseninden belli bir uzaklıkta ısı iletkenlik yüksek ise sıcaklık gradyanı düşük olur. Eğer ısı iletkenlik yüksek ise sıcaklık gradyanı yükselir.

Arkta bir sıcaklık basamağı ve bir de göbek var ise ısı iletkenlik bu bölgede hızlı bir artış gösterir. Bu olay her gaz için farklı bir sıcaklıkta görülür.

### 2.4.4 Moleküllerin ayrışması ve ısı iletkenlik

Isıl iletkenliğin tepe değerinin varlığı, gaz moleküllerinin belli bir sıcaklıkta atomlara ayrışması nedeniyledir. Bu ayrışma, buharlaşma veya donma olaylarındaki gibi belli ölçüde bir enerjiye gerek gösterir. Buna ayrışma enerjisi denir.

Sıcaklık basamağından geçen, yüksek enerjili parçacıklar gaza bir çeşit yüksek iletkenlik sağlarlar ve açığa çıkan enerjide de ek bir artışa neden olurlar. Ayrışma sıcaklığı akımın sifira yaklaşması ile iletkenlik kaybında önemli bir rol oynar. Ancak bu göbekteki gazın ısıl ataletine bağlı bir gecikme ile olur. Bu gecikme bir yerde arkın zaman sabiti olarak düşünülebilir. Ancak bu olaya katılan gaz hacminin küçüklüğü nedeniyle ısıl gecikme büyük değildir. Diğer yandan göbek tamamen yok olduktan sonra da sıcaklık azalmaya devam edecektir. Bu durumda ise olaya katılan gaz hacmi büyük olduğundan sıcaklık düşüşü daha yavaş olur.

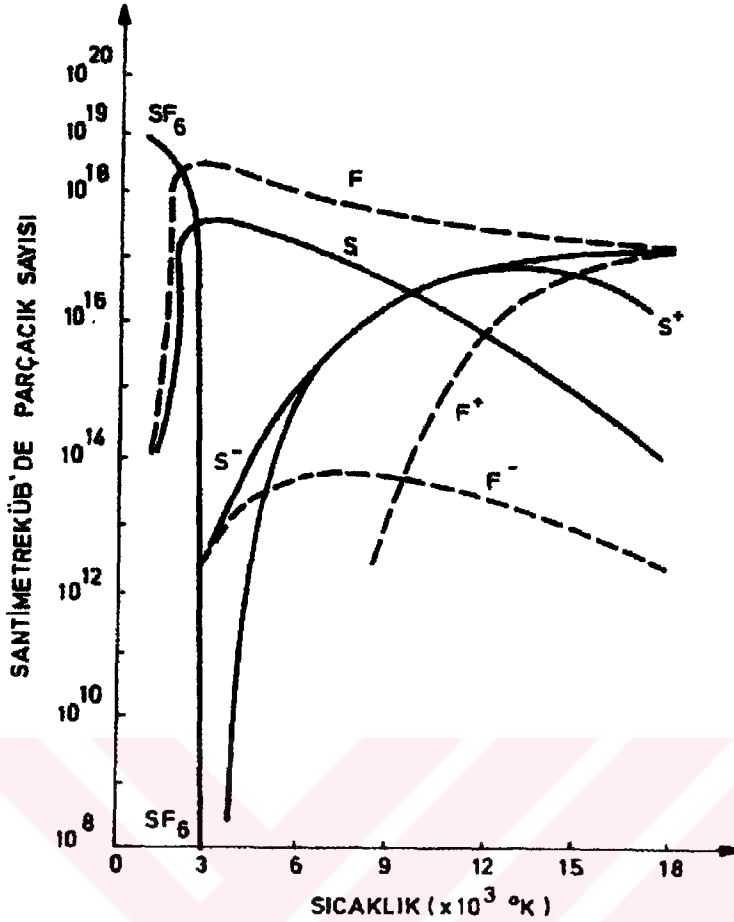
$N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$  gibi dinamik gazların bir çoğunda sıcaklık basamağı yüksektir. Bu nedenle de bu gazlarda iyonizasyon fazladır. Basamak kaybolana kadar hızla düşen iletkenlik, bundan sonra daha yavaşça düşmeye devam eder. Bu ise cihazlarda kesme yönünden tercih edilen bir özellik değildir. Sıcaklık basamağı gazın hemen hemen ark iletkenliğinin yalıtkan olacağı bir değerde ise, ark iletkenliğinin kaybı için göbek ataletini göz önüne almak yeterlidir. Zaman sabiti de bu iletkenlik tamamen kaybolana kadar olan kısa süreyle sınırlı kalır. Bu ise akım kesme için çok avantajlı bir özelliktir.

Ayrışma sıcaklığı  $2100\text{ K}^\circ$  civarında olan  $SF_6$  gazı, bu sıcaklıkta hala yalıtkanlık özelliğini koruduğundan ideal bir kesici gazıdır.

Sonuç olarak molekül ayrışma sıcaklığında ortaya çıkan yüksek ısıl iletkenlik, bir soğutma düzeneği veya ark eksenindeki enerjiyi dışarıya atan bir ısı pompası gibi çalışır. Akım azaldıkça açığa çıkan enerjinin de azalmasıyla arkın soğuması çok hızlı olur.

Florlu gazların elektron yakalama ve kesmede önemli rol oynayan özellikleri de vardır. Sıcaklık arttıkça  $SF_6$  molekülleri Kükürt ve Flor atomlarına ayrışır. Sıcaklık daha da artmaya devam ederse  $S^+$  iyonları oluşmaya başlar. Açığa çıkan elektronlar flor atomlarınca yakalanır ve Flor iyonları oluşur. İletkenliği artıran serbest elektronlar ise ancak  $4000\text{ K}^\circ$  den sonra belirgin, bir şekilde artmaya başlarlar.

Soğuma durumu incelendiğinde, ark sıcaklığının akımla birlikte azalmasıyla, serbest elektronlar ve dolayısıyla iletkenlik başlangıçta yavaş bir şekilde azalır. Bu serbest elektronlar  $S^+$  ve  $F^-$  iyonları ve bunların sıcaklığa bağlı değişimleri şekildeki eğrilerde görülmektedir.



Şekil 2.7 SF<sub>6</sub> Moleküllerinin sıcaklıkla ayrışma ve oluşması

Bütün bunların sonunda SF<sub>6</sub> gazındaki olayı şöyle özetleyebiliriz:

Ark soğurken, ark göbeği tamamen kaybolmadan ark iletkenliği, serbest elektronların flor atomlarınca yakalanmalarından dolayı hemen hemen sıfır olmaktadır. Bu özellik ve bununla beraber yüksek iletkenlik basamağı SF<sub>6</sub> gazını diğer yalıtkan maddelerden üstün kılmaktadır.

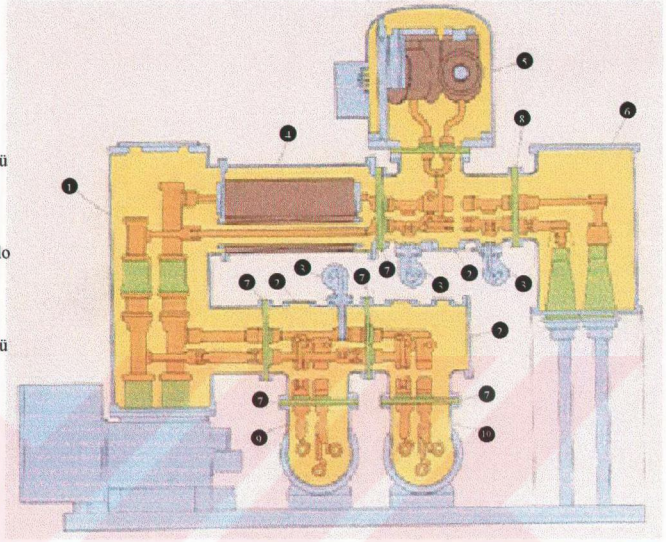
## 2.5 Delinme Mekanizmaları ve Tutuşma Şartları

Paschen yasasına göre delinme gerilimi ( $U_D$ ), Gaz Yoğunluğu ve Atlama Mesafesi ( $\delta.d$ ) çarpımının bir fonksiyonudur. Yoğunluk basıncın lineer fonksiyonu olduğunda geçerli olup,  $U_D=f(p.d)$  biçiminde ifade edilir. Bu ifade yüksek alan şiddetlerinde elektrod dış yüzey durumuna, gaz içerisindeki kirlenmelere bağlı olarak hatalı sonuçlar verebilir.

Yüksek Gerilim Tesislerinde eş merkezli silindir veya küre alanlar kullanılarak kısmideşarjı engelleyen homojenlik sağlanır. Homojen alanlarda korona delinmeleri olmaz. Homojen olmayan alanlardaki delinmelerde ise yırtıklar şeklinde korona delinmeleri olabilir.

### 3 GAZ İZOLELİ İSTASYONLARIN BİLEŞENLERİ

- 1- Güç şalteri
- 2- Ayırıcı
- 3- Toprak ayırıcısı
- 4- Akım transformatörü
- 5- Gerilim transformatörü
- 6- Tek kutuplu kablo ayırma kutusu
- 7- Gaz bariyeri
- 8- Destekleme izolatörü
- 9- Ana bara
- 10- Yedek bara



Şekil 3.1 Çift bara üç fazlı kapsüllenmiş tip GIS konfigürasyonu

Gaz izoleli istasyonlarda, metal mahfazadan kaynaklanan bir uyarılma dışında hava yalıtımlı istasyonlardaki cihazlar aynen mevcuttur. Şekil 3.1'de SF<sub>6</sub> ile yalıtılmış bir istasyonun boyuna kesiti verilmektedir.

Boru şeklindeki elemanlardan oluşturulan metalik kapsülleme, gerilimli bütün tesis parçalarını kuşatır. Yüksek gerilim altındaki parçalar döküm reçine izolatörler tarafından taşınırlar.

#### 3.1 Güç transformatörleri

Santrallarda yükseltile bar gerilimi yıldız / yıldız, yıldız/üçgen bağlı veya oto transformatör kullanılarak İndirici Trafo Merkezlerinde düşürülür. Türkiye'de Santral çıkışı 380 kV olup, İndirici Merkezlere kadar bu gerilimle taşınır. İndirici merkezlerde 380/154 kV transformatör ile sistemin bağlantısı yapılır. Genelde bu transformatörler 150-250 MVA gücündedir. Bu merkezlerdeki 154 kV'a düşürülen enerji belli bölgelere iletilerek Y.G./O.G. İndirici



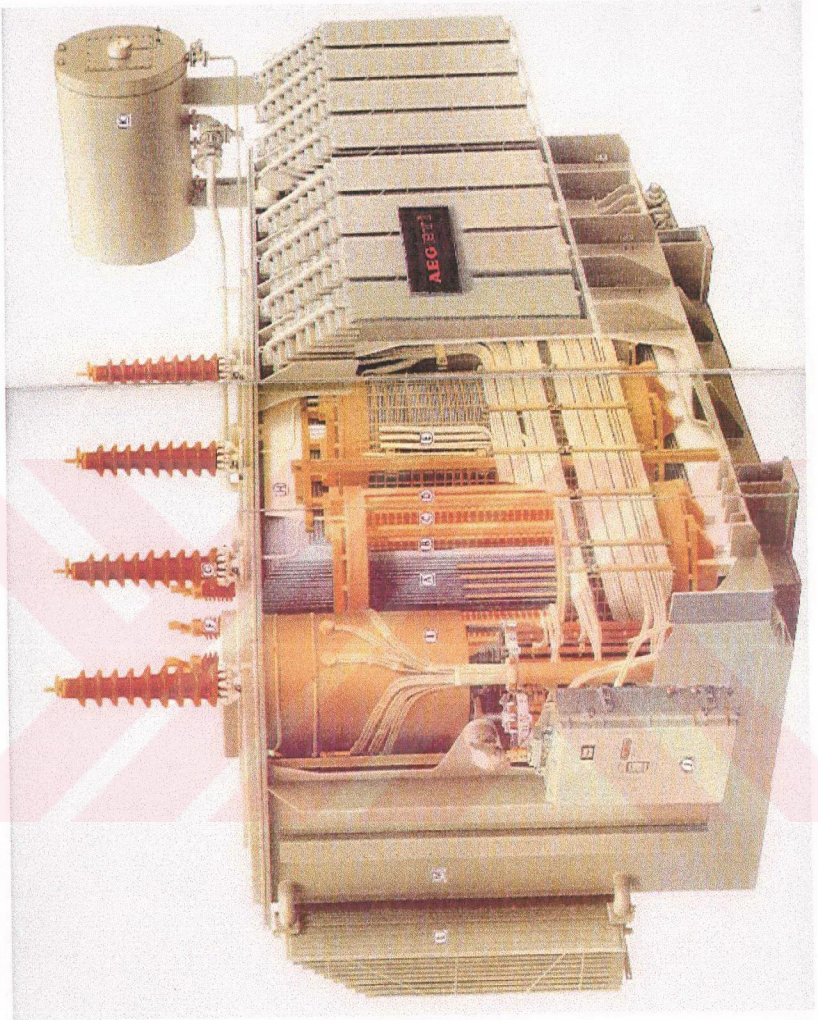
Merkezler oluşturulur. Buralarda yıldız/yıldız ve yıldız/üçgen bağlı 154/34.5 kV, 154/10.5 kV gibi trafolar kullanılır. Genelde nominal güçleri 25-50-100 MVA dır. O.G. sargılarının yıldız noktaları 20 yada 60 ohm luk nötr direnci olarak anılan dirençler üzerinden topraktır. Bu dirençlerin görevi; besledikleri 34.5 veya 10.5 kV fiderlerde oluşacak faz toprak arızalarında, arıza akımlarını belli değerlere sınırlamaktır. Eğer transformatör sekonder yıldız nötrüyle toprak arasında 20 ohm direnç varsa arıza akımı 1000 A, 60 ohm direnç varsa arıza akımı 300 A değerine sınırlanır.

Güç trafolarında 25 gerilim kademesi ayarı olup ,yük altında değiştirilir. Plakasında verilen primer ve sekonder anma akımlarının üzerinde belli bir süre (dakika, saat gibi) aşırı yüklenebilir. Bu süreler, imalat sırasında verilmiştir. Aşırı yükleme esnasında sıcaklık kontrolü yapılmalıdır. İndirici trafo merkezlerinde kullanılan Güç Transformatorünün kesit görünüşü şekil 3.2'de gösterilmiştir.

### 3.1.1 Demir çekirdek

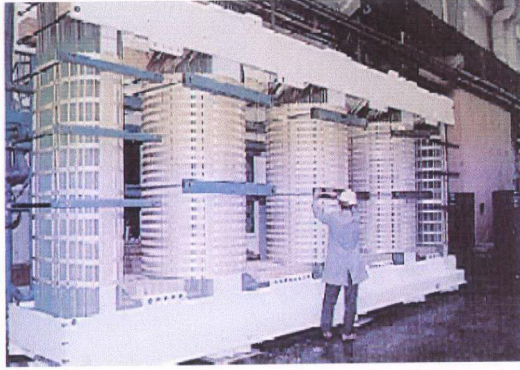
Teorik daire kesitli çekirdek bacakları bir düzlem üzerinde bulunur ve alt ve üst tarafından boyunduruklar vasıtasıyla birbirine bağlanır. Transformator çekirdekleri üç bacaklı veya büyük güçlerde nakil yükseklüğünden dolayı beş bacaklı olarak imal edilirler. Beş bacaklı çekirdekte ilk ve son bacak dönüş bacağı olarak kullanılır. Tek fazlı Transformatorlerde ise çekirdek iki bacaklı (İç tarafta iki adet dönüş bacaklı) veya büyük güçlerde yine nakil yükseklüğünü sınırlayabilmek için dört bacaklı (iç tarafta iki adet dönüş bacaklı) olarak imal edilirler.

Düşük kayıp ve düşük gürültü seviyesine küçük çekirdek boyutlarında ulaşabilmek için gelişen teknolojilere uygun olarak imal edilen saçlar kullanılır. Çekirdekte saç paketlerin diziminde , düşük kayıpların elde edilmesi ve gürültü seviyesinin düşürülmesi için Step-Lap dizim sistemi en uygun sonucu verir. En çok altı kademeli Step-lap sistemi kullanılır. Çekirdek diziminde en büyük güçteki transformatorlerde dahil olmak üzere dizim masasında üst boyunduruk olmaksızın dizim yapılır ve özel aparatlarla çekirdek bacakları dik konuma getirilir. Üst boyunduruk ancak sargıların konmasından sonra dizilir.



Şekil 3.2 Bir güç transformatorünün kesit görüntüsü

- A- Çekirdek bacağı B- A.G. sargısı C- Y.G. Sargısı D- Ayar sargısı E- İletkenler  
 F- A.G. Buşingleri G- Y.G. Buşingleri H- Sıkıştırma düzeni I- Yük ve kademe şalteri  
 J- Motorlu tahrik tertibatı K- Genleşme deposu L- Radyatörler M- Kazan



Şekil 3.3 Bir transformatöre ait beş bacaklı çekirdek

### 3.1.2 Sargılar

Bir transformatörde sargılar, transformatörü meydana getiren en önemli elemanlardır. Sargılar işletme esnasında dış şebekede meydana gelebilecek yüksek gerilim darbelerine ve kısa devrelerde oluşacak olan mekaniki zorlanmalara karşı dayanıklı olmak zorundadır.

Sargılar, transformatörün yapım standardında öngörülen sıcaklık artışlarına, izolasyon ve darbe gerilimi seviyesine, aşırı yüklenme şartlarına, kısa devrede meydana gelen kuvvetler gibi diğer bazı faktörlere göre dizayn edilirler.

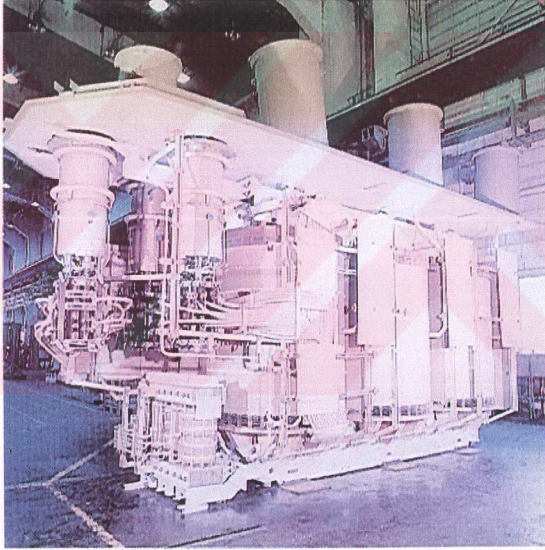
Normal olarak 110 kV gerilime kadar sargılar kat sargısı olarak, daha üst seviye gerilimlerde ise devrik sargı olarak sarılırlar. Sargı iletkeni malzemesi olarak bakır kullanılır. Sargı iletkenleri yassı profil teller veya lak izoleli yassı iletkenlerden örülerek meydana gelmiş örgülü (transpoze) tellerdir. Bu iletkenler gerekli izolasyon seviyesine ulaşmak için izolasyon kağıdı ile çok katlı olarak sarılır. Kat sargılar iç içe konsantrik olarak silindirik sarılmış katlardan oluşur ve katlar arasında yağ kanalları teşkil edilmiştir.

Devrik sargılarda, darbe gerilim dağılımını mümkün olduğu kadar lineer halde tutmak için sargı giriş bölgeleri, boyuna kapasitesi çok yüksek olan iç içe sarılmış bobinlerden teşkil edilir.

### 3.1.3 Gerilim ayarı

Şebekedeki veya ünite de tarif edilen gerilim seviyesine ulaşabilmek için transformatörlerde gerekli ayar uçlarına haiz ayar sargısı mevcuttur. Bu ayar uçlarının birbiri ile olan bağlantısı transformatörler ya gerilimsiz durumda iken komütatörle veya yük altında kademe şalteri ile yapılır.

Yük ve kademe şalterinin kumandası için motorlu tahrik tertibatı kullanılır. Bu tahrik tertibatı isteğe bağlı olarak yerinden veya uzaktan kumandalı olabilir. Komütatörler ise manuel olarak ya transformatör kapağı üzerindeki veya kazan yan duvarındaki çevirme tertibatı ile kumanda edilir. İsteğe göre komütatörlere, motorlu tahrik tertibatı ile de kumanda edilebilir.



Şekil 3.4 Yük ve Kademe Şalteri

### 3.1.4 Transformatörlerde soğutma sistemleri

İşletme emniyeti ve transformatörün uzun ömürlü olması için gerekli olan soğutma ayrıcalıklı önem taşır. Trafolar, akım taşırcın ısınırlar. Sargının sıcaklığı yağa geçer. Kayıp ısı, yağ yardımı ile soğutma ünitelerinden dışarı atılır. Transformatörlerin konulduğu yerin dar olması veya istek üzerine, radyatörler trafodan ayrı olarak batarya halinde de yerleştirilebilir. Ancak

büyük güçlerde radyatörlerin, sayıca kazan yüzeyine montajının mümkün olmadığı durumlarda da batarya halinde ayrı yapılması zorunlu olabilir.

Bunun dışında soğutma yağının pompa ile ayrı bir soğutucu içinden cebri olarak dolaştırılması sağlanarak başka bir soğutma şekli seçilebilir. Bu soğutucular, transformatör üzerine veya radyatör bataryaları gibi ayrı olarak monte edilebilirler. Isınma miktarı, belli bir sınırı aştığında, izolasyonun zarar görmemesi için trafonun soğutulması gerekir. Sınır sıcaklığı, trafonun etiketinde verilmiştir. Kullanılan soğutma şekilleri, aşağıda gösterilmiştir. Bu soğutucular başlıca;

-Yağ-Hava ve

-Yağ-Su soğutuculardır.

Soğutma şekli IEC' de dört harf ile tarif edilmiştir:

- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1. Harf transformatör içindeki soğutma maddesi. | (Normalde yağ =O)   |
| 2. Harf bu soğutma maddesinin hareketi          | (Tabii=N, Cebri =F) |
| 3. Harf dış soğutma maddesi                     | (Hava=A, Su=W)      |
| 4. Harf dış soğutma maddesi hareketi            | (Tabii=N, Cebri=F)  |

Soğutma şekilleri:

- |   |           |
|---|-----------|
| a- Radyatörle tabii hava soğutması      | ONAN      |
| b- İlave vantilatörle yapılan soğutma   | ONAF      |
| c- Yağ-su soğutucusu ile soğutma        | OFWF      |
| d- Yağ-hava soğutucusu ile soğutma      | OFAF      |
| e- Ayrı radyatör bataryası ile soğutma  | ONAN/ONAF |
| f- Ayrı yağ-hava soğutucusu ile soğutma | OFAF      |

### 3.1.5 Koruma ve Kontrol Cihazları

Transformatör üzerinde çalışma emniyetini sağlamak için koruma ve kontrol amacı ile aşağıda belirtilen belli başlı cihazlar kullanılır.

**Buchholz rölesi:** Transformatör kazanı ile genleşme kabı arasındaki boru hattına monte edilir. Transformatör içinde herhangi bir nedenle oluşan gazlar burada toplanır ve biriken gaz hacmine bağlı olarak alarm veya açma kumandası verir.

**Basınç giderme ventili:** Transformatör kapağı üzerine monte edilir. Transformatör kazanı içindeki yağda herhangi bir nedenle oluşabilecek ark ile meydana gelebilecek ani basınç artışını karşılar ve üzerindeki kontak ile açma kumandası verir.

**Yağ seviye göstergesi:** Genleşme kabı alın yüzeyine monte edilir. Değişen yağ sıcaklığına bağlı olarak genleşme kabı içindeki yağ seviyesini gösterir ve üzerindeki kontaklarla düşük veya aşırı yağ seviyesi ihbarını verir.

**Nem alıcı:** Genleşme kabına monte edilir. Genleşme kabı içine giren havadaki nemi ve tozu alır ve böylece transformatörün işletme emniyetini artırır. İçindeki silikajel miktarı transformatördeki yağ miktarına göre değişir.

**Yağ sıcaklığı termometresi:** Transformatör kazanı içindeki yağda meydana gelen sıcaklığı kontrol eder ve ayarlanan sıcaklık bölgesinde alarm veya açma kumandası verir. Kumanda değerinin uzağa taşınması istenirse Pt100 direnç devresi ilave edilir.

**Sargı sıcaklığı termometresi:** Sargılarda meydana gelen sıcaklığı görüntüleme devresi yardımı ile kontrol eder ve ayarlanan sıcaklık bölgesinde alarm veya açma kumandası verir. Yağ sıcaklığı termometresinde olduğu gibi vantilatörlerin kumandasında da kullanılır ve isteğe bağlı Pt100 direnç devresi ilave edilebilir.

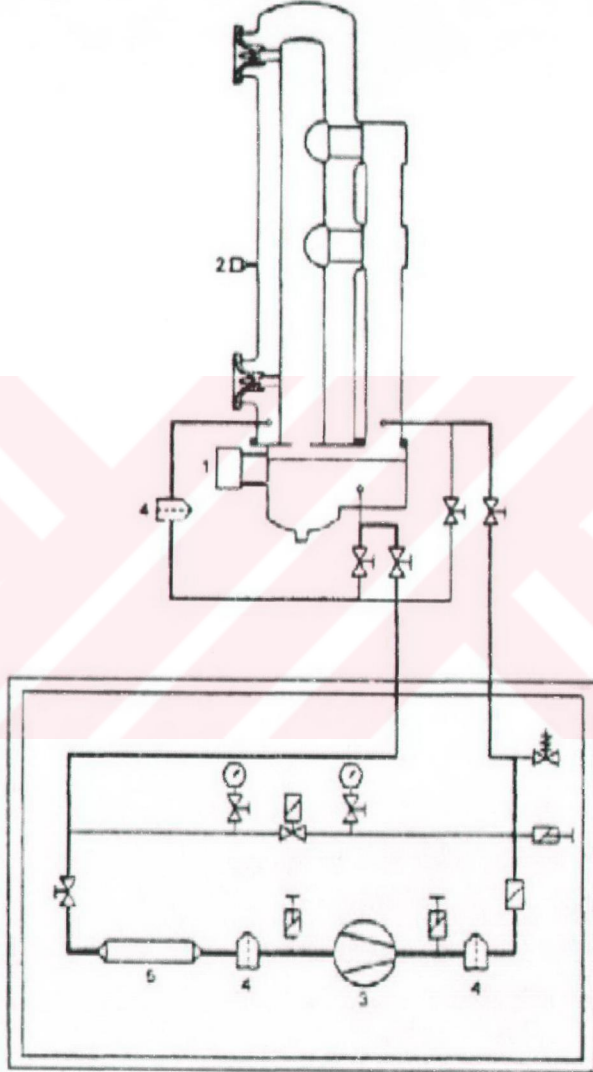
**Yağ akış ihbarcısı:** Cebri yağ dolaşımli transformatörlerde yağ akışını kontrol amacı ile kullanılır. Yağın dolaştığı boru hattı üzerine monte edilir. Herhangi bir nedenle yağ akışının durması durumunda alarm kumandası verir.

### 3.2 Güç Şalterleri

İki basınç prensibine göre çalışır. Daha yüksek basınç altında bulunan SF<sub>6</sub> gazı bir şalt basınç parçası içinde düşük basınçta depolanır. Açma sırasında aşağıya doğru hareket eden sıkıştırma silindiri içindeki gaz, sabit bir piston vasıtasıyla sıkıştırılır ve gaz bir büz tertibi üzerinden elektrik arkı sahasına akar.

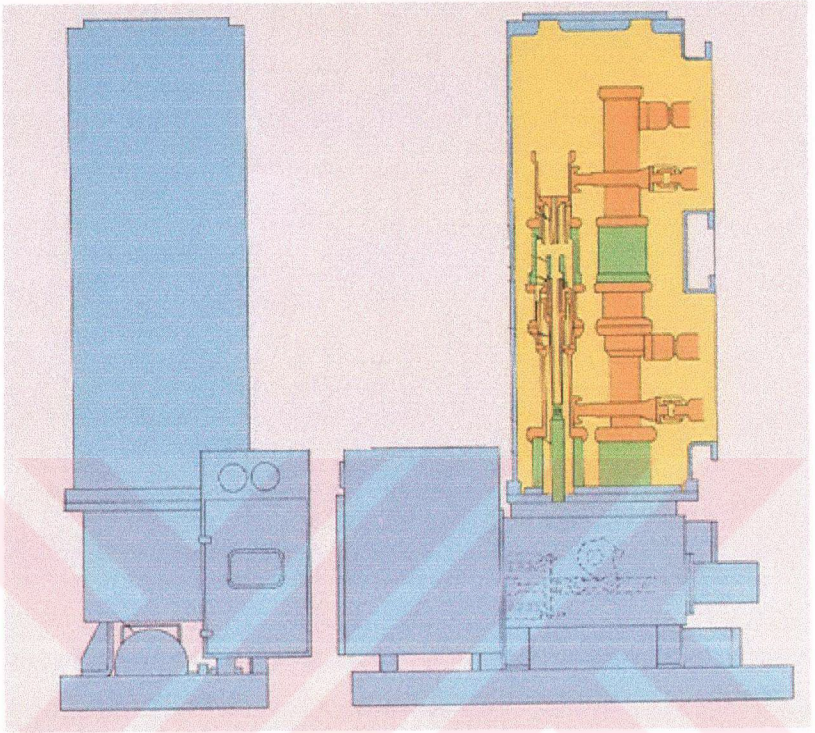
Ana ve yardımcı büzden oluşan bu tertip optimal akış oranlarını sağlar. SF<sub>6</sub> gazının şalt basıncı akıma bağlıdır. Elektrik arkı sadece, yüksek ark enerjisine dayanıklı malzemeyle teçhiz edilmiş ark kontak parçaları arasında tutuşur, buna karşılık akım taşıma kabiliyeti için

önemli ana kontak parçalarında hiçbir tutuşma artığı ortaya çıkmaz. Bu yüzden SF<sub>6</sub> güç şalterleri bakım gerektirmezler.



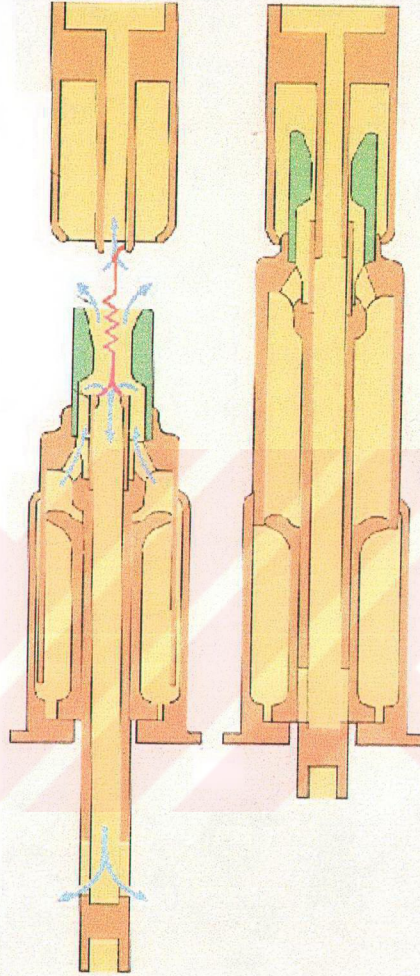
1-Fark basınç kontrolörü 2-Yoğunluk kontrolörü 3-Kompresör 4-Toz filitresi 5-Absorbsiyon filtr.

Şekil 3.5 Güç Şalter grubu gaz akış devresi



a. Güç şalteri





b. Akım kesme hücresi

Şekil 3.6 Güç şalteri

Bir güç şalterinin üç kutbu müşterek gaz besleme sistemine sahiptir. Montaj yerinde, iki gaz hattının ve kumanda kablolarının bağlantısı kafidir. Şekil 3.5 de bir şalter grubunun kapalı SF<sub>6</sub> gaz akış devresi görülmektedir.

Şalterin izolasyon basınç hacmi gaz yoğunluk kontrolörü ile; şalt ve izolasyon arasındaki basınç farkı ise basınç kontrolörü ile kontrol edilir. Fark basınç kontrolörü şalterleme esnasında, sıcaklık artışlarından dolayı gazın şalt basınç hacminden izolasyon basınç hacmine akmasıyla kompresör çalışır. Toz filtresi kontak tutuşması sonucu ortaya çıkan şalt tozunu alır.

### **3.2.1 Güç şalteri yapısı**

#### **3.2.1.1 Kontaklar**

Kontaklar arki söndürmek için güç şalterinin temel parçası olup uygun bir hücrede oluşan arki tutmayı sağlar. Bu kontakların her biri geniş pratik çeşitleri kapsar ve alternatiflerinin ve prensiplerin kısa bir akımdan daha fazlasını verme imkanı yoktur.

Bunlar özellikle üniteyi açma sırasında çok aşınırlar; güç şalterleri bu fikirle tasarlanmalı, normal akımlarda kontak bölgesinde aşırı sıcaklık artışı olmamalıdır. Kontakların iki dizisi ana ve arklama sık sık uygulanır. Ana kontaklar, bu kontakları birlikte tutan basınç aşırı ısınmaya neden olmaksızın nominal akıma dayanabilecek şekilde tasarlanır. Bunlara paralel arklama bağlantıları vardır. Güç şalteri açıldığında ana kontaklar ilk olarak kontakları arklayarak devreyi transfer eder; kapama süresince önce yardımcı kontaklar kapatılarak ters işlem uygulanır. Ark kontağı arklama işlemi sırasında aşınmaya dirençli olan Tungsten gibi materyallerle örtülmelidir. Ana kontaklar genellikle iletkenliği artırmak için gümüş gibi materyallerle örtülür. Kontaklar periyodik olarak incelenmeli ve gerekirse yerleri değiştirilmelidir. Eğer iki bağlantı dizisi sağlanırsa sadece ışık arklama dizileri sık yer değiştirme gerektirir ve bunların uzun periyotlarca akım taşınmasına izin verilmemelidir. Aksi takdirde gerektiğinde kontak kaynağını açmak güç şalteri düşmesi ile sonuçlanabilir.

#### **3.2.1.2 Mekanizmalar**

Tüm durumlarda enerji, koruyucu dişliden çözme darbesi alma veya el ile çözme gibi durumlarda, kapalı pozisyonda güç şalterini açmaya yeterli olmalıdır. Kapatma işlemi sırasında yay mekanik olarak sıkıştırılır ve hareketli kontaklar kapalı pozisyonda tutulur. Tetikleme darbesi kilidi çözen küçük bir bobine (selenoid) enerji verir ve yayın kontakları açmasına izin verir; darbenin sonundaki hareketli parçaların kinetik enerjisini uygun tamponların emmesi sağlanır.

Güç şalterini kapatma kuvveti elle, selenoidle, yayla veya sıkıştırılmış hava ile uygulanabilir. Selenoid kapama en çok kullanılan metottur. Batarya dan beslenen sadece 110 veya 220 voltur ve akımı 200-300 amper civarında olur.

### 3.2.1.3 Montaj ve mahfaza

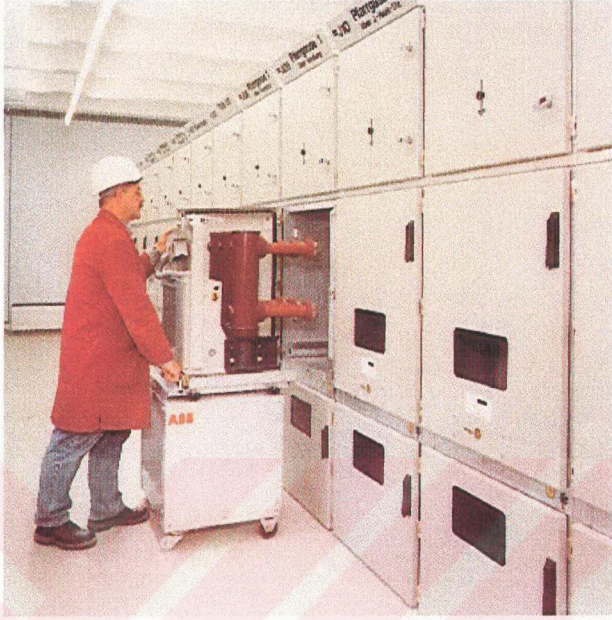
Trafo merkezlerindeki güç şalterleri normal olarak bara 1, bara 2 yada transfer bara sistemine bağlanır, fider ve enerjili müşterek baradan güç şalterini izole etmek için ayırıcılardan faydalanılır. Koruma sağlama ve kolaylıkla ölçme için bir veya daha fazla akım transformatörleri dizilerine ve mümkünse gerilim transformatörlerine gerek olacaktır. Kontrol panelin bazı şekilleri gerekebilir, ayırıcılar çalışmadan önce şalterin açıldığından emin olmak için ve ayırıcıların açılmasında ve sonradan erişim kazanmadan, güç şalteri topraklanmasından emin olmak için ya güç şalteri bitişiğinde veya ayrı kontrol odasında montajlı, elektrik veya mekanik iç kilitlemeler sağlanmalıdır. Kullanılabilir boşluğa ve sistem gerilimine bağlı olarak güç şalteri montajı yapılabilir. Kapalı tip istasyon daha az oda kaplar ve hava kirliliğine ve atmosfer etkilerine duyarlı değildir. Diğer yandan devreler arasındaki izolasyon ve devreler ile toprak arasındaki izolasyon daha zordur.

### 3.2.2 Modüler hücre tipi

Hücre de daha az boşluk gerektiren ve bakım kolaylığı maksadı olan bir hücre tipi istasyon modifikasyonu Şekil 3.7 de gösterilmiştir.

Modül üzerindeki donanım modül ayrılmadan gerilimsiz yapılmalıdır. Bu güç şalteri terminallerine bağlanan modüldeki yerleştirme fişi düzenlemesiyle başarılıdır. Hücrede modüle girdirildiğinde bu fişler hücredeki kontaklara sokulur, bu durumda baralara ve diğer bir durumda da fider devrelerine bağlantı sağlanır. Ayırıcı olarak kullanılırlar ve dolayısıyla ayırıcı gerektirmezler. Soketler modül ayrıldığında bazı ışık emici şekliyle mühürlenmeli ve güç şalteri kapalı iken modül kilitletilmiş durumda olmalıdır.

Daha önceki formlarda modül fişlerden yatay olarak ayrılır ve hücreden dışarı çıkardı ama şu an zemin boşluğunda ekonomikleştirme için dikey izolasyon düzenlenmesi daha yaygındır. Ölçü transformatörleri hücrede monte edilir. Güç şalteri geri çekilmek için modüle yaklaştırılır. Daha sonra ki durumda daha az zemin boşluğu gerekmesine rağmen daha fazla yükseklik gerekmektedir.



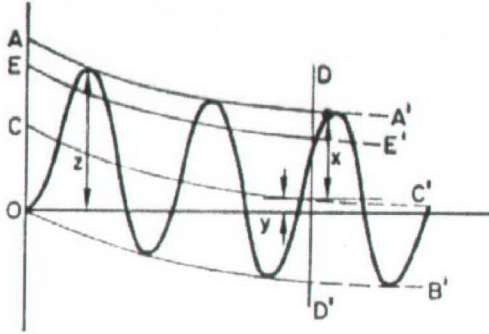
Şekil 3.7 Metal clad tipi hücre

Görüldüğü gibi güç şalterleri ayrı kontrol panelleriyle ya da kontrol kollarıyla bağlanır, sayaçlar ve gösterge lambaları bu birimin parçaları olarak monte edilir. Yatay çekme durumunda bu yardımcılar modüler parçasını şekillendirir, modül çekilirken yatay çekme durumunda yardımcılar yerinde kalırlar .

### 3.2.3 Güç şalterlerinin nominal değeri

Şalterin performansını ölçmek için üretici firma çeşitli bakım ihtimali durumlarında ki çalışmasına ilişkin bilgileri sağlamalıdır.

Kutup sayısı, bakım gerilimi (r.m.s.), sistem frekansı ve belirli sıcaklık artımını aşmaksızın güç şalterinin taşıyabileceği nominal akım doğal olarak verilir. Buna ek olarak kesme ve maksimum kapasite bilgileri, kısa devre akımı ve kısa devrede çalışma şekli bilgileri de gerekir. Devre kesilince akımın eriştiği tepe değeri ve kesme akımı osilogramdan alınır. Kesme akımının bir osilogram çıktısı, akım dalgasında olabilecek asimetri derecesini de gösteren şekil 3.8’de görülmektedir.



- $AA'$  } Akım dalgası grubu  
 $OB'$  }  
 $CC'$  - Normal sıfır ekseninden akım-dalgası sıfır eksenine kayma  
 $DD'$  - Kontak ayrılma anı  
 $EE'$  -  $CC'$ 'nden ölçülen simetrik-akım R.M.S. değeri

Şekil 3.8 Kontak ayrılma anındaki güç şalterinin kararlılığı

Nominal Güç şalteri simetrik kesme akımı  $x/\sqrt{2}$  olarak alınır. Asimetrik kesme akımı bazen ayrı olarak ifade edilir ve  $\sqrt{((x/2)^2 + 2y)}$ 'e eşittir. Asimetrik kesme kapasitesi  $\sqrt{3}IV10^{-6}$  MVA alınır. Burada I simetrik kesme akımı, V nominal bakım gerilimidir. Tekrar ateşleme gerilim artış değeri dikkate alınmaz ama performansı etkiler. Devre kesilince kapasitenin eriştiği tepe değeri, güç şalteri güvenli kapatma hata akımına bağlıdır. Arızalı durumlarda güç şalterinde üretilen mekanik güçler güç şalterini açmayı kolaylaştırmak için tasarlanır ve güç şalteri bu güçler ile kapatılırsa maksimum kapasiteyi hesaplarken bu güçler dikkate alınmalıdır. Bu güçler kısa devre akımı ile üretilirler ve bu akımın maksimum değeri ile orantılıdır, bu nedenle alınan değer şekildeki z değeri olmalıdır. Güç şalteri kapalı iken arıza meydana gelirse güç şalteri kendiliğinden arızayı uygular ve etkin devre kesmedeki maksimum akım azaltma ile ya da devre şartları ile düşürülmez. Bazı durumlarda ayırmayı başarmak için arıza durumlarında güç şalterini kapalı tutmak gereklidir. Kısa bir zaman periyodunda şalter kuvvetli arıza akımlarını taşıyabilmelidir. Bunu sağlamak için bir kısa devre nominal akım değeri belirlenmiştir. Bu akım verilen bir zaman periyodunda güç şalterinin normal durumunda kullanılabilen akımdır.

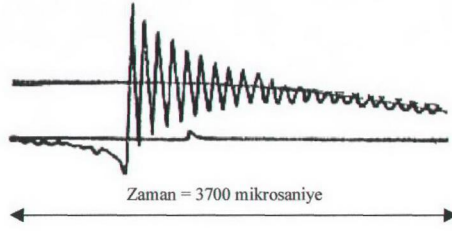
### 3.2.4 Güç şalterlerinin test edilmesi

Güç şalterlerinin performansını ölçmek için pratikte karşılaşılabilecek şartlarda test edilmelidirler. Yeterli güvenlik aralığını verebilmek için daha zor şartlarda denenmesi tavsiye edilmektedir. Arıza testleri için kullanılabilen sistemin parçalarını yapma zorluğu sebebiyle, ölçme aletini taşıma ihtiyacı, test koşullarının ağırlığını normalin çok üzerine çıkartmanın pratikteki zorluğu ve güç şalterinin ömrü boyunca aynı yerde kullanılmaması ihtimali gibi sorunlar nedeniyle güç şalterlerinin gerçek sistemde ve kullanıldıkları yerde test edilmeleri normal olarak uygun değildir.

Güç şalterlerinin laboratuvar koşullarında test edilebilmeleri için kısa devre test istasyonları yapılmaktadır. En önemli alet kısa devre akım kaynağıdır. 100 MVA paket boyutunda inşa edilen bir alternatör şeklindedir, fakat 2000 MVA kısa devre kapasitesi vardır. Küçük bir motor tarafından boşaltılırken büyük bir dengeleme devresi ile donatılmış bu alternatör kontrol altında hızlandırılır, uyarı normal gerilim miktarını verecek şekilde ayarlanır, kısa devre uygulanmasından hemen sonra sürtücü motor bağlantısı kesilir. Testteki güç şalteri işlemi ile kısa devre uygulaması arasındaki periyotta gerilim ve frekans dengeleme devresi etkisi sabit olarak devam ettirilir. Bu periyotta aşırı akım düşmesini engellemek için uyarı gerilimini yükseltmek gerekebilir. Transformatörler, dirençler, reaktörler ve kapasitörler kullanılarak gerilim, kısa devre akımı ve tekrar ateşleme gerilimi artışı kontrol edilir. Önemli bir başka alet arızada kullanılan kontak anahtarıdır. Bu alet beklenmedik bir anda meydana gelen arızaya göre tasarlanabilir.

Elektro-magnetik osilograf sayesinde, her fazdaki gerilim ve akım hattı , depo basıncı ve sönüm bobini akımı ölçümleri yapılır. Tipik kayıtlar şekil-3.9'da görülmektedir. Her fazdaki tekrar ateşleme geçişinden katot ışınli bir osilograf alınır.

Tarifede bulunan diğer tip testleri mekanik güvenilirlik testleri, güç frekansı ve darbe gerilimi testleridir.



Şekil 3.9 Tekrar ateşleme osilografı

Günümüzdeki kısa devre tesisleri üretilen önemli güç şalterleri için yeterlidir, fakat bu tesislerin nominal kapasitelerini aşan bazı yüksek gerilim birimleri gerekmektedir. Çalışılan diğer bir alternatif de büyük kısa devre akımlarını oluşturmak için kaynakları paralel bağlamaktan ibaret olan sentetik test ihtimalidir. Bu kaynaklar pratikte karşılaşılan tekrar ateşleme gerilimlerini benzetmek için arkın söndürülmesi anında seri olarak tekrar bağlanır.

### 3.2.5 Otomatik kapama

Otomatik kapama kısa süreli arızaları düzeltmek ve uzun süreli kesmelerden kurtulmak için kullanılır. Genel kuralı; arızalı açıldığı durumlarda güç şalteri otomatik olarak tekrar kapatır. Eğer arıza sürekli devam ederse, anında tekrar açar, ve bu döngü daha önce belirtilen programa göre gerektiği sürece devam eder. Kararlılık limitine yakın işlem yapan yüksek gerilim devreleri bakımından arıza işlemi ve tekrar kapatma işlemi mümkün olduğunca hızlı gerçekleşmelidir ve güç şalteri dizaynı tarafından bakıldığında devamlı bir arızanın olma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Güç şalterinin bir arızada birkaç çevrim süresince tekrar açması gerekebilir. Bu kısa süre esnasında, bütün ark ürünleri ark söndürücü cihazdan ve temiz ortamla kaplı eklerden temizlenmelidir. Biri ilk kesmeyi ve kapamayı diğeri de ikinci kesmeyi gerçekleştirecek iki anahtarın kullanılması gerekir. Düşük gerilimli sistemlerde kapama zamanı minimumda tutulması gerekmesine rağmen durum o kadar kritik değildir. Açma ve kapama arasındaki zaman arıza arkının iyonlaşmama zamanı kadar olmalıdır, daha fazla olduğu durumlarda senkron makineler ve sistem mekanizasyonunu kaybeder, ancak 1sn kadar zamanlar uygundur. Eğer döngü kendinden düzeltmeli kısa süreli hatalarla kesilirse, genellikle güç şalterini resetlemek için bir cihaz kullanılır.

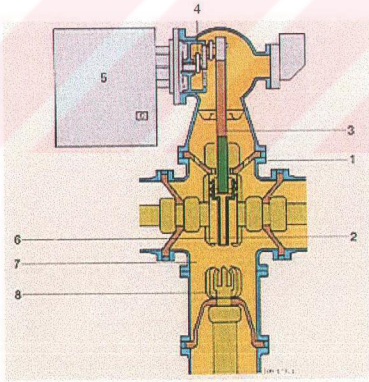
### 3.3 Ayırıcı

Açık istasyonlarda kullanılan ayırıcılarda ayırma kavramı gözle görülen kesmeye bağlı olup yegane arıza sebepleri ayırıcının tam olarak açılmasını engelleyen mekanik problemlerdir. Cihazın konumunu belirlemek için kontaktlar seviyesinde önlem alınmaktadır. Gaz izoleli sistemde ise kontaktların açık olduklarını kontrol etmek için değişik metotlar kullanılır:

- Ayırıcı kontaktların arasında topraklı metal bir ekran yerleştirilmesi (bu metod artık kullanılmamaktadır).
- Kontaktların açık olduğunu kontrol eden gözetleme penceresi.
- 1978'den beri kullanılan ve ayırıcı hücresi dışında bulunan pozisyon göstergesi.

Ayırıcı hücreleri gazın delinme dayanımını sürekli denetleyebilmek için basınç azalmasına duyarlı manostatlarla donatılmıştır. Bu sistem diğer hücreler dede mevcuttur.

GIS'lerde iki tip ayırıcı kullanılır. Bunlar düşük yük akımlarının şalterlenmesini gerçekleştirebilen ve yük altında normal ayırıcılardan farklı olarak akım kesme tertibatına sahip olan ayırıcılardır. Ayırma hattının elektrik dayanımı, toprağa karşı % 25 daha yüksektir.



- 1- Mahfaza
- 2- Hareketli kontak
- 3- Kumanda kolu
- 4- Kranklı tahrik
- 5- Kumanda mekanizması
- 6- Sıkıştırma pistonu
- 7- Devre kesici
- 8- Sabit kontak

Şekil 3.10 Ayırıcı



### 3.3.1 Yük ayırıcısı

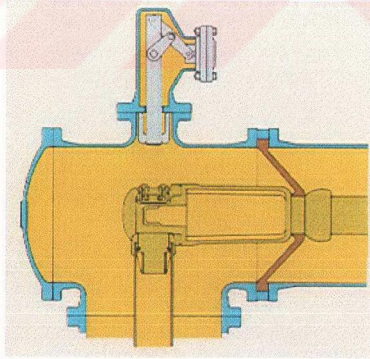
Bu cihaz gaz izoleli istasyonlara mahsus olup, ayırıcıların bilinen fonksiyonlarına ilave olarak boştaki transformatör, hat ve kabloların akımlarını kesebilir ve arıza üzerine kapama yapabilir. İlave olarak SF<sub>6</sub> gaz akışını şalter borusu ucundaki ark akış noktası sahasında temin eden üfleme pistonuna sahiptirler. Böylelikle açma arkı hızlıca söndürülür.

### 3.3.2 Toprak ayırıcısı

zerinde bulunduğu tesis kısmında gerilim yokluğunu kontrol etmeye yarar. Açık istasyonlara nazaran gaz izoleli sistemlerde daha fazla kullanılmaktadır.

Toprak ayırıcısı kısa devre üzerine kapama yapabileceği gibi kısmi yada sıfır kapama gücü bulunabilir. Bazı yabancı işletmeciler bu gücün kısıtlı olmasını tercih ederek, aygıtlar arasında yanlış manevraları önleyen kilitleme mekanizmaları ilave etmişlerdir.

Kapama gücünün azaltılması kumanda cihazlarını basitleştirir. Böylelikle maliyet azalır, ama yanlış manevra riski oluşabilir. Toprak ayırıcısının tam olarak kapalı olduğunun bilinmesi için mekanik düzenlerle tahkik edilmesi gerekir.

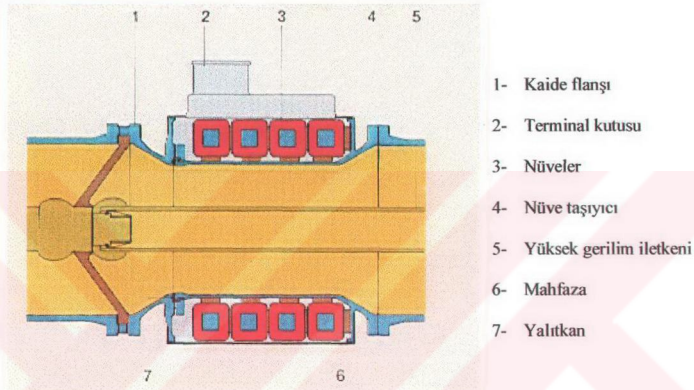


Şekil 3.11 Toprak ayırıcı

### 3.4 Ölçü Transformatörleri

#### 3.4.1 Akım trafoları

Gaz izoleli istasyonların koaksiyel geometrisi göz önüne alındığında toroidal akım trafolarının kullanılması uygun olur. Bu yöntem her türlü akım şiddeti ölçme problemini halleder. Direk Yüksek Gerilim Kablo şebekesine bağlı istasyonlarda depar sargıları doğrudan kablolar üzerine yerleştirilerek en ucuz çözüm sağlanır.



Şekil 3.12 Akım trafosu kesiti

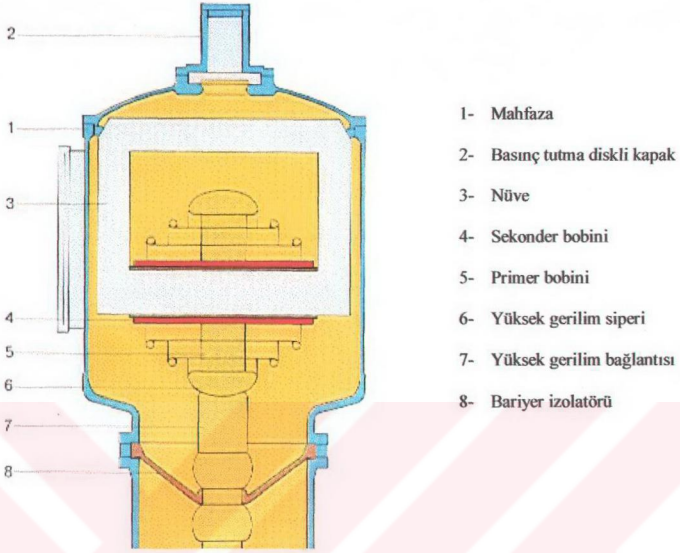
#### 3.4.2. Gerilim trafoları

Gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan gerilim trafolarının dizaynı aşağıdaki gibidir.

- Kondansatörlü gerilim trafosu: Açık tip istasyonlardaki trafolardan farklı olarak kondansatör SF<sub>6</sub> ile doldurulmuş bir mahfaza içinde bulunmaktadır.

- Elektronik gerilim trafosu: GIS'lerde kullanmaya uygun olan bu aygıtlarda Yüksek gerilim kondansatörü olarak istasyonun içine kazana yakın eşmerkezli bir silindir konulmaktadır. Sonra bir veya birkaç kuvvetlendirici kat kullanarak tüketici tarafında istenen güçler elde edilebilmektedir. Kesici ve ayırıcıların manevraları esnasında birkaç on MHz frekanslı parazitler dolayısıyla bu tip trafoların kullanımı yaygın değildir.

- Sargılı tip gerilim trafosu: Açık tip istasyonlardaki gibi olup tek farkı SF<sub>6</sub> ile doldurulmuş metal bir kazan içinde bulunmasıdır. Şekil 3.13'de böyle bir trafonun kesiti görülmektedir.



Şekil 3.13 420 kV 'luk sargılı tip gerilim trafosu kesiti

### 3.5 Mahfazalar

#### 3.5.1 Tasarım

Genelde kaynak veya dökme alüminyumdan yapılırlar. Alüminyum mahfazaların içine yerleştirilen gerilim altındaki aktif kısımlar mekanik olarak reçineden mamul izolatörlerle tutturulmuşlardır. Arka bağlı bileşenlerin tesirini azaltmak için reçineye alümin ( $Al_2O_3$ ) karıştırılır. Alüminyum dökümlerin yüksek kalitesi ölçülerin hassasiyetinin bir garantisidir. Alüminyum kullanımı mahfazalardaki kayıpların azalmasını sağlar, manyetik etkilerden korur ve özel önlemler olmadan yüksek akımlarda uygulanmasına müsaade eder. Temellerde ve kaldırımlarda tasarruf sağladığı gibi korozyona karşı da direnci artırır. Mahfaza içindeki kısa mesafelerden ötürü GIS dizaynı yapanlar elektrik alan dağılımına çok dikkat etmeleri gerekir. Önceleri her faz için ayrı bir mahfaza kullanılmaktaydı. Şu anda bazı imalatçılar her üç faz için tek bir mahfaza kullanarak hem kompaktlık hem de ekonomik olarak daha iyi kazanç

sağlamaktadırlar. Yalnız bu durumda mahfaza içindeki her arıza üç fazlı arıza şeklinde ortaya çıkar. 154 kV ve altındaki gerilimlerde istasyonun bütün aygıtları, aynı bir mahfaza içine alınırlar.

Montaj sırasında borular ve iç borular fabrika tarafından taşıma birimleri halinde birleştirilir. Taşıma birimlerinin hasara uğramamasına dikkat edilmelidir. Parçalar montajda gerekli olduğunda ambalajdan çıkarılmalı, aksi halde açıkta tutulmamalıdır. Bütün taşıma birimleri fabrikada 0.15 Mpa basınçlı SF<sub>6</sub> ile doldurulmaktadır. Kapalı olan gaz kompartmanları önceden SF<sub>6</sub> ile doldurulmuştur. Montaj sırasında bu gaz boşaltılmamalı, ancak gaz basıncının belirli bir seviyeye ayarlanması gerekmektedir.

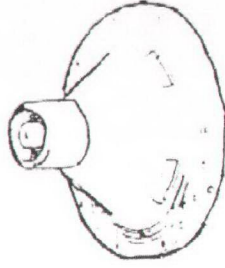
### 3.5.2 Topraklama

Gaz Yalıtımlı istasyonların metal mahfazaları, dahili bir kısa devre akımının mahfazadan geçmesi halinde, mahfazanın potansiyelinin yükselmesini önleyecek biçimde her iki ucundan, itinayla topraklanırlar. Farklı başlıklar arasındaki civata bağlantılarının elektriksel sürekliliği sağladıkları kabul edilecektir. Civata bağlantısını zedelememek için, kılıflar arasında akan akımı iletmek amacıyla dış şöntler kullanılır. Tek fazlı mahfazalı sistemlerde kılıflarda endüklenen akımların devresini kesmek için uygun kesitli bukraj baraları kullanılır. Bukraj devrelerinin olmaması halinde, demir aksamının içinden geçen akımlar aşırı ısınma neticesi bu düzeneklerin tahrip olmalarına yol açabilirler.

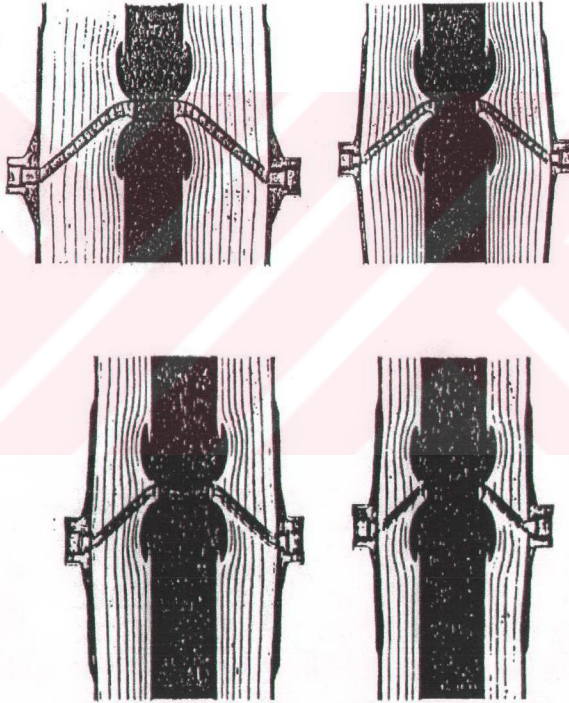
### 3.5.3 İzolatörler

Bunlar katkılı veya katkısız reçineden imal edilirler. Katkı maddesi genellikle alümin (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) olup böylece gazın kirlenmesi halinde yeterli bir delinme dayanımı sağlar. Aşağıdaki şekil 3.14 gaz yalıtımlı kablolarda kullanılmaktadır.

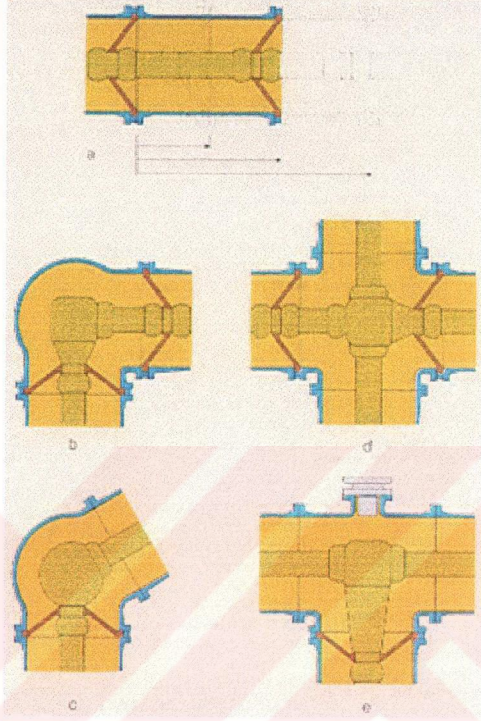
İzolatörler yüzeyinde müsavi bir gerilim dağılımı elde edilmesine uygun yapıda olmalıdır. Şekil 3.15 de bu tip konik bir izolatör ve müsavi dağılmış eşit potansiyel çizgileri görülmektedir. İzolatör içine gömülen elektrod, izolatörün şeklinden ve yüzeyinin kabalığından dolayı iletken yakınlarda oluşan yüksek gradyanları yok eder. Düzgün izolatör yüzeyi kirlenmeyi en aza indirerek elektrik alanının mevzi bozulmasını azaltır.



Şekil 3.14 Bara mesnet izolatörleri



Şekil 3.15 İzolatör boyunca alan dağılımı

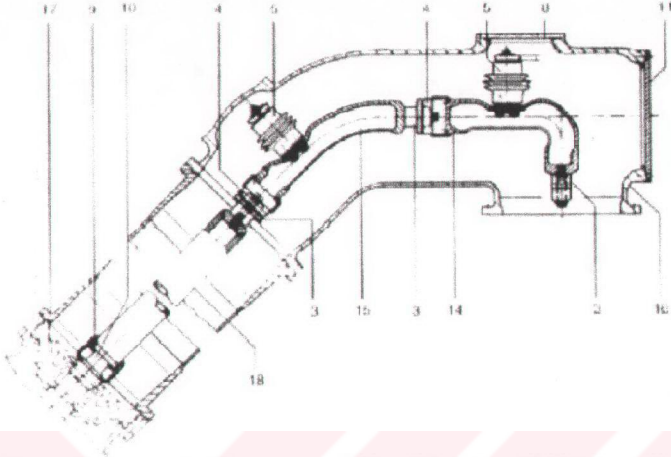


a- Direk bağlantı      b- L -tipi ( $90^{\circ}$  kıvrımlı bağlantı)      c- Köşeli tip ( $120^{\circ}$  den  $180^{\circ}$  ye kadar açılı bağlantı)  
d- Dört-yol bağlantılı ünite      e- T tipi

Şekil 3.16 İki mahfazanın izolatörlerle birbirine irtibatı

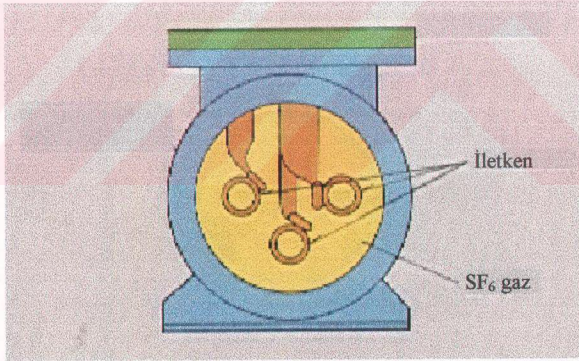
### 3.6 Baralar

Sürekli işletme akımı ve baralarla irtibatların öz dayanımları göz önüne alınarak akım değerleri hesaplanır. Baraların anma akımının YG de 2000 A, 245 kV' ta 4000 A ve 420 kV' ta 6300 A olduğunu hatırlatmakta yarar vardır. İmalatçıların baraların uzunluğuna bağlı olarak komple hesaplar yapmaları gerekir. Genleşme düzeneklerinin ayarları yerinde çok hassas olarak yapılmalıdır.

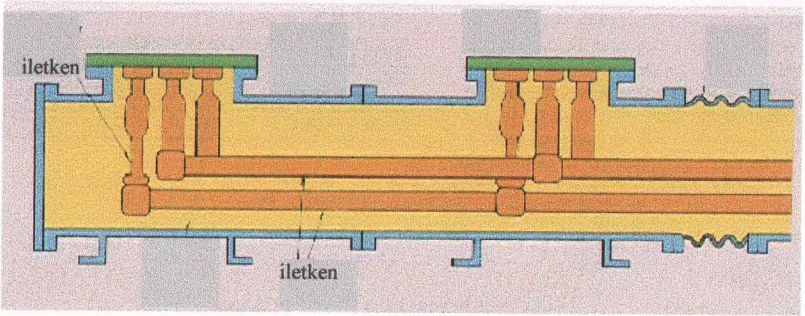


- 3- Bağlantı soketi 4- Kontak parçası 5- Kanatlı izolatör 8- Kapak 9- Zırh  
 10- Adaptör 11- Kapak 14-15 İletken 16-17 Hücre 18- İletken

Şekil 3.17 Baralar üzerinde genişleme düzeni

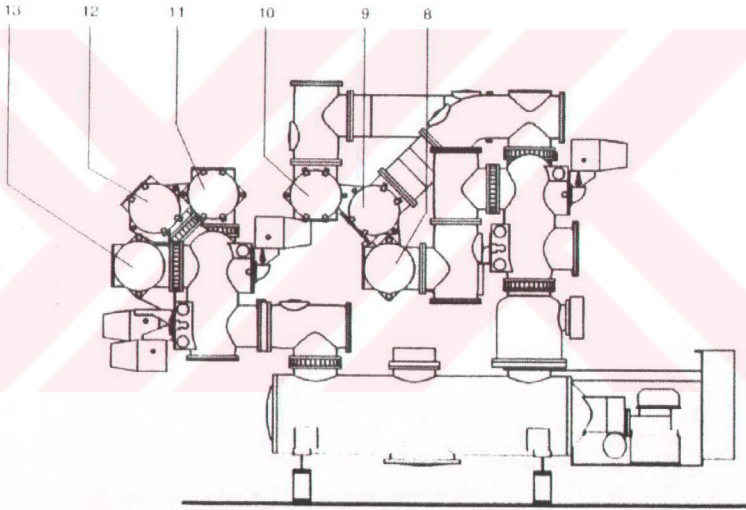


(a)



(b)

Şekil 3.18 Bara kesitleri



8- bara 1 - alt faz  
9- bara 1 - orta faz  
10- bara 1 - üst faz

11- bara 2- üst faz  
12- bara 2- orta faz  
13- bara 2- alt faz

Şekil 3.19 Çift barayla devreye almada bara düzenlemesi

### 3.6.1 Baraların aynı mahfaza içinde tek fazlı ve üç fazlı olarak kapsüllemesi

300 kV'dan itibaren tesisler üç fazlı kapsüllenebilsede, genellikle tek fazlı olarak kapsüllemirler.



### 3.6.1.1 Tek fazlı kapsüllemenin faydaları

- Gaz izolasyonu sadece aşırı gerilimlerle zorlanır. Bu aşırı gerilimlerde parafudrlarla sınırlandırılabilir.
- Kapsülleme geri akıma neden olduğunda, destekleyiciler fazla zorlanmaz.
- Yüksek fleksibilite sağlar, bileşenler daha hafif olur.
- Korozyona karşı daha dayanıklıdır.
- Dielektrik tek faz geriliminden dolayı düşük olur.
- Sadece tek fazlı kısa devreler olur. Ayrıca bir faz üstünde sınırlandırılabilir.

### 3.6.1.2 Üç fazlı kapsüllemenin faydaları

- Kapsülleme çelik ile yapılabilir. Çelik elektrodların aynı geometrik yapıda olduğu farzedildiğinde aynı kalınlıklarda alüminyumdan daha büyük bir ark tutuşma zamanına sahiptir.
- Akım ısı kayıpları çelik kapsülleme malzemesi ile, tek fazlı kapsüllemeye göre % 10 civarında azalır.

## 3.7. Parafudrlar

Girişler 1987'ye kadar 245 kV dahil ark boynuzlarıyla 245 kV'tan yukarı parafudrlarla korunuyordu. 1988'den itibaren, bütün istasyonlar artık parafudrlarla korunmaktadır. Aşırı derecede kirli bölgelerde gaz izoleli parafudrlar, porselen mahfazalı parafudrlara göre daha iyi koruma sağlar. Gaz izoleli parafudrlar aktif kısmı metal mahfazalı, topraklı ve içinde basınçlı SF<sub>6</sub> bulunan bir kazan içine yerleştirilmiş eklatörsüz çinko oksid tipte imal edilirler. Parafudr seçiminde kablo veya boru hattı uzunluğu ve karakteristik empedansı, Aşırı gerilimin yüksekliği, yürüyen dalgaların yansıma noktaları ve tesisin nominal baz şimşek darbe gerilimi gibi etkenler göz önünde bulundurulur.

## 3.8 Stasyon Batarya

İstasyonlarda 6 ve 12 voltluk kuru veya sulu şarjlı standart imalat bataryalar veya 2 voltluk müstakil hücrelerden oluşan kuru şarjlı veya sulu şarjlı bataryalar kullanılır. Son zamanlarda sadece 2 voltluk müstakil hücrelerden oluşan bataryalar kullanılmaktadır.

Gözlere doldurulacak asidin yoğunluğu , kuru şarjlılar için  $20\text{ C}^0$  de  $1.24\text{ g/cm}^3$  olmalıdır. Asit seviyesi plakaların üst sathından aşgari 2 cm yüksekte olmalıdır. Muhtelif kapasitedeki standart bataryaların azami şarj akımları şöyledir:

6 – 12 – 24 – 48	Vol.	25	Ah	Batarya	2.5	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	50	Ah	Batarya	5	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	75	Ah	Batarya	7.5	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	100	Ah	Batarya	10	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	125	Ah	Batarya	12.5	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	150	Ah	Batarya	15	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	200	Ah	Batarya	20	amperle şarj edilir
6 – 12 – 24 – 48	Vol.	300	Ah	Batarya	30	amperle şarj edilir

Devreyi besleyen ve aynı zamanda bataryayı tam şarjlı durumda tutacak olan redresörün yüklü durumda (santralı beslerken) çıkış voltajı, bataryanın beher pili için 2.20- 2.25 volt arasında olmalıdır. Bu değerlerin arasında 2.22 volt/pil kabul edildiğine göre :

24 volt batarya için redresör çıkış voltajı : 26.7 V

48 volt batarya için redresör çıkış voltajı : 53.4 V

Stasyonier bataryalar kapasitelerinin onda biri sabit akımla 10 saat müddetledeşarj edilir. Deşarj esnasında gözlerin voltajı 1.80 volta düştüğünde akümülatör daha fazladeşarj edilmeden devreden çıkarılıp derhal şarja alınmalıdır. Deşarj sonunda elektrolit yoğunluğu takriben  $20\text{ C}^0$  de  $1.140\text{ g/cm}^3$  dür.

### 3.9 Redresörler

Enerjinin üretiminden, iletim ve dağıtımına kadar bütün elektrik tesislerinde, DC besleme sisteminin en önemli parçasını oluştururlar.

Elektrik şebekeleri, ne kadar iyi koruma röleleri ve kesicilere sahip olursa olsunlar, eğer DC besleme sistemleri aynı oranda mükemmel teçhiz edilmemişlerse , yapılan onca yatırım büyük bir riske sokulmuş demektir. DC besleme sistemi arızası nedeniyle açamayan bir güç şalterinin bulunduğu tesiste doğabilecek hasarı gözünüzün önüne getirebilirsiniz. Bu nedenle

enerji tesislerinin projelendirme ve gerçekleştirilmesinde DC besleme sistemine gereken önem verilmelidir.

DC besleme sisteminin en önemli elemanı ise şüphesiz redresördür. Redresör bir yandan aküleri şarj ederken bir yandan da yükü beslemeli ve aküleri sürekli olarak tam şarjlı tutmalıdır.

Stabilize olmayan bir redresör, ya aşırı çıkış gerilimi nedeni ile akülerin aşırı zorlanıp kaynamasına, dolayısıyla ömürlerinin kısılmasına ve hatta DC sisteminden beslenen cihazların hasarlanmasına yol açacak yada düşük çıkış gerilimi nedeni ile akülerin tam olarak şarj olmamasına, dolayısıyla olabilecek bir enerji kesilmesinde, akülerin beklenenden daha kısa sürede boşalıp, tesisin korumasız kalmasına yol açacaktır.

Akü şarj redresörlerinde aranan diğer bir önemli özellik ise redresörün akü olmaksızın çalışması durumudur.

Esasen redresörü aküden asla ayırmamak gerekir. Ancak yeni devreye alınacak bir tesiste, henüz işletmeye hazırlık testleri sırasında, çoğu zaman akü olmadan sadece redresör yardımıyla DC gerilim ihtiyacı karşılanmaktadır. Bunun yanında çift akü, çift redresör grubu bulunan tesislerde yıllık bakımlar sırasında redresör aküden ayrılmaktadır.

Bu ve benzeri aküsüz çalışma zorunluluğu olduğu zamanlarda da redresörün çıkış gerilimi değişmemeli aynı zamanda redresör gerilimi üzerindeki dalgalılık faktörü (ripple) %10'u geçmemelidir.

Bu son özellik çok önemli olup, bu özelliğe sahip olmayan (çıkışında yeterli filtresi ve regülasyonu olmayan) redresörlerin bulunduğu tesislerde, akü redresörden ayrıldığı zaman, çıkış geriliminin efektif değeri akülü çalışma durumundan pek farklı olmamasına rağmen, çıkış gerilimindeki dalgalılık (yüke bağlı olarak) % 40'ları aşabilmekte ve gerilimin tepe değeri de akü geriliminin 1.4 katlarından daha yüksek değerlere çıkabilmektedir. Bu durum özellikle DC besleme sisteminden beslenen elektronik cihazlarda hasara neden olmakta ve yeni işletmeye alınacak bir tesiste daha işletmeye girmeden arızaların çıkmasına yol açmaktadır. Bu hususun üzerinde önemle durulmalıdır. Redresör aküden ayrıldığı zaman çıkış geriliminin tepe değeri akü geriliminin 1.05 katını aşmamalıdır.

Akülerin ömrünün uzun olması için şarj akımı, akü kapasitesinin (Amper-Saat) %10'unu geçmemelidir. Bu nedenle ilk defa şarj edilecek akü grupları için (ilk şarjda fazla akım çekileceğinden), gerilim aralıkları arttırılmalı ve şarj akımının belirtilen değeri aşmamasına dikkat edilmelidir.

### -Teknik Özellikler

Giriş gerilimi	: 3 x 380 V AC 50 Hz.
Çıkış gerilimi	:12-24-48-110-220V DC
Çıkış akımı	:5-10-20-30-40-50 A
Gerilim stabilizesi	: %±20 giriş gerilimi değişikliğinde % ±1
Şarj gerilim ayarları	:
Normal şarj	: Nominal gerilimin %94-106
Hızlı şarj	: Nominal gerilimin %106-114
El (Manuel)	: Nominal gerilimin %80-110
Çıkış gerilimindeki dalgalılık ( ripple)	: Aküsüz çalışmada %5 , Akülü çalışmada %1'den az
Çalışma sıcaklığı	: -5 °C ila +40 °C.

## 3.10 Bağlantılar

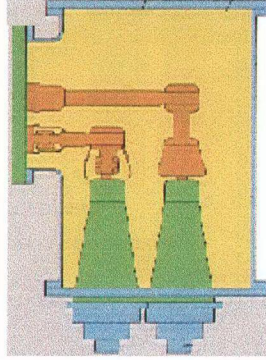
### 3.10.1 Hava-SF6 geçit izolatörleri

Havai hatlara doğrudan irtibat amacıyla, porselen bir mahfaza içine yerleştirilmiş bir ekranlı haiz silindirel baradan yapılır. İç kısmı istasyonun kalan bölümüyle aynı basınçta SF<sub>6</sub> ile doldurulmuştur. Geçit izolatörlerinin kaçak mesafesi en ağır kirlenme şartlarına dayanacak şekilde (25 mm / kV) öngörülmüştür.

### 3.10.2 Kablo başlığı

72.5, 100 ve 245 kV gerilim kademelerinde doğrudan kablo bağlantısı sıkça kullanılmakta olup 420 kV seviyesinde bu durum seyrekir.

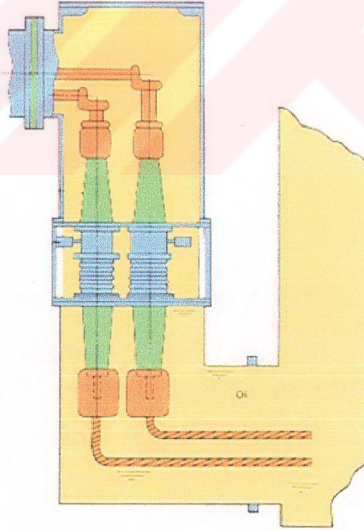
Kablo başlığının yan desteği içinde kısa bir iletken ve çifte bir kontak bağlantısı bulunur. Yüksek gerilim denemesi sırasında tesisi ve kabloyu ayırmak için bu parçalar uzaklaştırılır.



Şekil 3.20 İzoleli kablo başlıkları

### 3.10.3 Güç transformatör bağlantısı

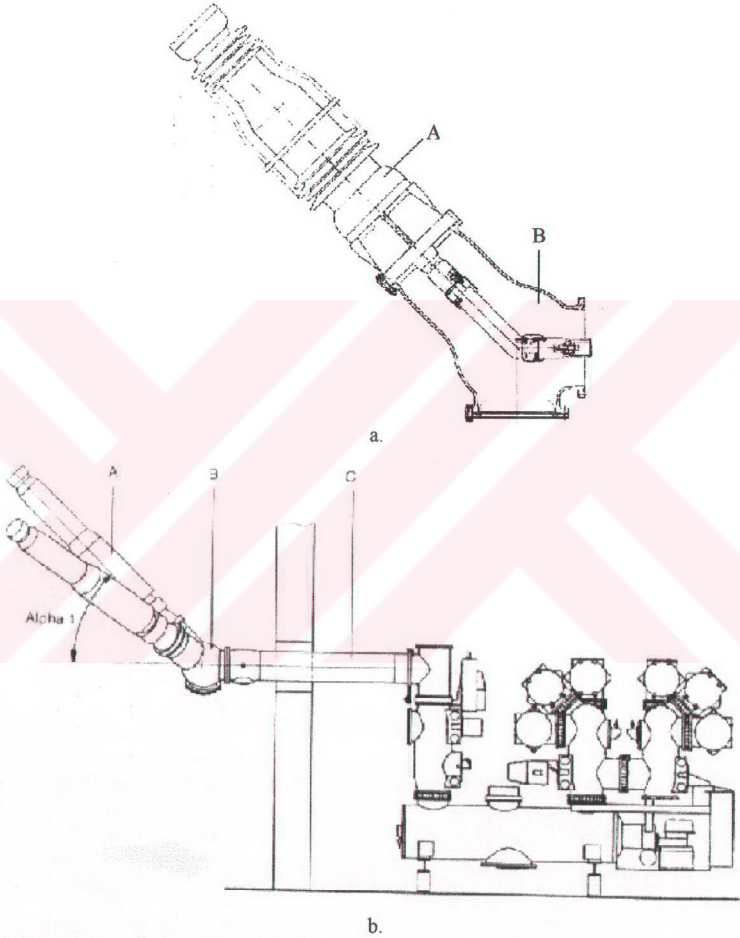
Gaz yalıtımlı teçhizat gerekli parçalar önceden hazır bulundurulduğu takdirde transformatöre doğrudan, alüminyum kılıflı SF<sub>6</sub> dolu elemanlarla bağlanabilir.



Şekil 3.21 Transformatör direk bağlantısı

### 3.10.4 Havai hat bağlantısı

Bu bağlantı havai hat teçhizatından,  $45^\circ$  açılı bir gövdeden ve silindirik uzatma gövdesinden oluşur.



- A- Adaptör kutusu ile havai hat bağlantısı
- B- Açık modül
- C- Uzama modülü

Şekil 3.22 Havai hat bağlantısı

### 3.11 Sızdırmazlık

Sızdırmazlık iki türlü ele alınabilir :

- Bir merkezi besleme ünitesinden sürekli SF<sub>6</sub> takviyesi yapılması. Önceleri bazı ülkelerde benimsenmesine rağmen derhal terk edilmiştir. Yardımcı tesisattaki gaz kaçakları ana tesisatla aynı seviyede hatta daha fazla olduğundan bakım ve denetim masrafları çok yüküktür.

- Denetlenebilir ve çok güvenli sızdırmazlık düzenleri yapılmalıdır. Düzenek çift contalı olup sızdırmazlık iç contayla sağlanır. Dış conta (atmosfer tarafında) bilezik iç contasını çevre kirliliğinden korur ve aynı zamanda iç contanın sızdırmazlık kontrolünü yapar. Bu kontrol işletmeye alma esnasında yapılmalıdır. Dolum hücredeki basıncın düşmesi durumunda yapılabilir.

### 3.12 Bölmeleme

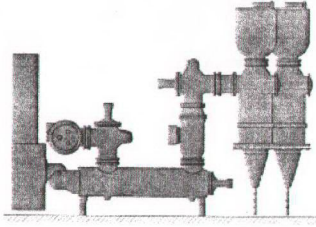
İstasyon bileşenleri kendi aralarında hücrelere ayrılabilirler (kesiciler, ayırıcılar, geçit izolatörleri vs.). Kesici hücreesindeki izolatörlerin delinme dayanımı ark sonucu meydana gelen bileşenlerden etkilenir. Diğer cihazlar içinde benzer faktörler geçerlidir. Bölmeleme (hücrelere ayırma) tüm imalatçılar için arzu edilen, işletmede büyük kolaylık sağlayan bir yöntemdir.

### 3.13 İlave Tesis Kurabilme Olanığı

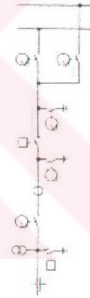
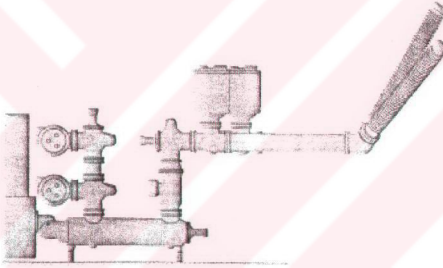
Bir istasyonun tek kutuplu şeması belirlenirken, tesise çok sonra dahi gerekli ilavelerin yapılabilmesine dikkat edilmelidir. Bağlantı çalışmaları esnasında devre dışı kalma süresinin önemi, ilave edilen bölümün montajından sonra yapılan YG deneylerinde istasyonun tamamının devre dışı kalması, ilk tesis ile ilave kısım arasındaki malzemelerde olan teknolojik değişiklikler düşünülmelidir.

Baraların nihayetinde genişleme parçası bulunmalıdır. Genişleme parçası, içinde manuel olarak kayabilen bara sistemine haiz ancak bara sisteminden pnömatik olarak bağımsız bir hücreden oluşur. Genişleme parçası açıkken ve ucu baraların aksi istikametinde iken topraklı olan tarafta çalışılabilir. Çalışma sonunda genişleme parçasını kapatmak ve ilave edilen kısım ile baralar arasındaki irtibatı sağlamak için birkaç saatlik zaman yeterlidir.

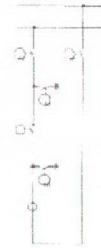
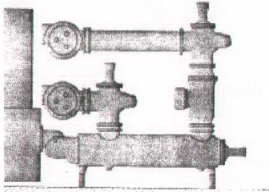
### 3.14 Bütün Tesislere Uygun Bara Tipleri



Şekil 3.23 Kablo bağlantılı tek bara sistemi

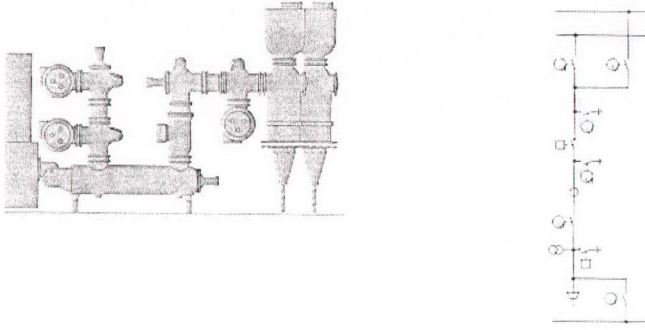


Şekil 3.24 Havai hat bağlantılı çift bara sistemi

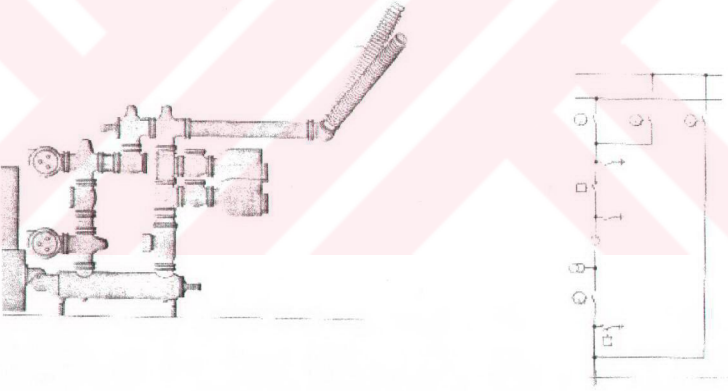


Şekil 3.25 Kablo bağlantılı çift bara sistemi





Şekil 3.26 Kablo bağlantısına uygun transfer baralı çift bara sistemi



Şekil 3.27 Baypaslı çift bara sistemi

## 4. ÖZEL TESİS VE İŞLETME PROBLEMLERİ

### 4.1 GIS'lerdeki Arızalar

Bir GIS'de genelde ark arızaları ortaya çıkar. Oluşan ark SF<sub>6</sub> lı hacimde basıncı yükseltir ve ark kapsullemeye kuvvetli lokal ısınmaya neden olur. Hafif metalik kapsullemelerle istenilen basınç deşarjı elde edilebilir. Uygun kısımlarda aşırı basınçlarda kırılarak daha büyük bir gaz hacmi oluşturabilen bölme izolatörleri kullanılır.

GIS'in montajdan sonraki ilk anlarda nem miktarı, metalik ve izole edici parçaların çeperlerindeki artık ıslaklıktan dolayı yüksektir. Daha sonra düşerek belli değerde sabit kalır.

#### 4.1.1 Basıncın izlenmesi

GIS'lerde delinme dayanımı ilk dolum esnasında hücrenin içinde bulunan gaz miktarına bağlıdır. Her hücrenin gaz basıncı herhangi bir sızdırmazlığa karşı sürekli izlenip, basıncı gösteren sıcaklığı kompanse edilmiş manostatlar kullanılır. Ayrıca Kumanda Dolaplarında bulunan ışık diyotlu elektronik soket kartlar sayesinde optik olarak kontrol birimi cevabı alınır. SF<sub>6</sub> basıncının normal sınırlar haricindeki değişmesi durumunda alarm çalar.

#### 4.1.2 SF<sub>6</sub> Gaz kaçağı testi

Montaj denetleyicisi sahada montajı yapılan, tüm flanş bölgeleri, çift taraflı sızdırmaz valfler ve boru irtibatlarının test edildiğini kontrol etmeli, GIS teçizatının montaj esnasında sökülerek tekrar monte edilmiş kısımlarındaki bağlantı bölgelerinin tekrar test edilmesini sağlamalıdır.

#### 4.1.3 İç arızaların belirlenmesi

Faz-Toprak arızaları açık tip istasyonlarda olduğu gibi koruma elemanları tarafından giderilir. Yalnız arıza durumunda oluşan ark daha etkili olup, çok daha duyarlı elemanlara ihtiyaç gösterir. Bunun için açık sistemlere ek olarak, bara koruması ve son zamanlarda diferansiyel koruma kullanılmaktadır. Kullanıcının arzusu 40 kA'e eşit ve büyük bir kısa devrenin 100 ms'yi, 40 kA'in altında ise 200 ms'yi aşmamasıdır. Deneyler gösterdi ki gerçek arıza süresi 40 ile 60 ms arasındadır. Arıza süresinin sınırlı olması ve kısa devre akımının maksimum değerden az olma ihtimali; iç arıza sonucu dış mahfazanın delinme ihtimalini azaltır. Çok

sayıda hücreden oluşan istasyonlarda, arızanın olduğu hücreyi belirlemek için iç arıza belirleme düzenleri kullanılır. Kullanılan dedektörler şunlardır:

- Elektrik arkına duyarlı bir foto diyot
- Arka bağlı basınç artışına duyarlı bir manostat: Hücreden alınan sinyal röle odasındaki bir lambadan ibarettir. Aygıt anma basıncının 300 ile 400 mbar üzerine ayarlanmıştır.

#### 4.1.4 Transformatörlerdeki arızalar

Trafo tankının içinde fazlar arasında ve fazla trafo tankı arasında, yağ dielektrik dayanımının azalması neticesinde atlamalar oluşur. Trafo bucholz koruması çalışarak trafoyu servisten çıkarır.

Trafo dışındaki fazlar arası ve faz-toprak arızalarında, trafo aşırı akım ve toprak korumalar çalışarak trafoyu servisten çıkarır. Hava şartları nedeniyle (yağmur, fırtına, kar tipi) veya fazlar arasında yabancı cisimlerin girmesi (kuş, kedi, sansar, ağaç dalı gibi) neticesinde bu tip arızalar oluşur.

Trafolarla normal yağ seviyesi düşebilir. Deprem gibi doğa şartları oluşabilir.

#### 4.2 Bakım

GIS'lerde gerilim altındaki kısımların bakımı son derece az olup hemen hemen sıfırdır. Ama güç şalteri için hidrolik, pnömatik veya mekanik ve ayırıcılar için elektrik kumanda mekanizmaları genellikle açık tip istasyonlarda kullanılanlarla aynı olup periyodik bakıma ihtiyaç gösterirler. Gaz izoleli istasyonların bakımı aşağıdaki hususlarla sınırlanır:

- Görsel ve işitsel muayenelerle sınırlı aylık bakım
- Kesiciler için 5 yılda bir, diğer hücreler için 6 veya 7 yılda bir aşağıdaki hususları kapsayan muayenelerin yapılması,
- SF<sub>6</sub> basıncının ölçülerek gerekli gaz ilavesinin yapılması,
- Manostatların kontrolü
- Arıza belirleyicilerinde çalışma kontrolü
- Topraklama devrelerinin süreklilik kontrolü

#### 4.2.1 SF<sub>6</sub> gazı kullanılan güç şalterlerinde bakım

Yağ tanklıdan, gaz yalıtımlı yüksek gerilim şalterine geçmek, daha fazla donanım, cihaz sermayesi gerektirir. Aynı zamanda bakım bölümünün organizasyonu üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Organizasyon, devre kesicilerinin ve diğer SF<sub>6</sub> yalıtımlı cihazların sayısı arttığı için, daha dikkatli bir planlamaya ihtiyaç duyar.

SF<sub>6</sub> gazı şimdilerde, orta gerilimli güç şalterlerinden tamamıyla gaz yalıtımlı tali trafo istasyonlarına kadar, geniş bir sahada yüksek gerilim izolasyonu için kullanılmaktadır. SF<sub>6</sub>'nın süper yalıtma özelliklerinden, küçük ebadından ve düşük maliyetli olmasından dolayı, kullanımındaki sürekli artış kaçınılmazdır.

Saf SF<sub>6</sub> gazı, havadan yaklaşık olarak altı kat ağırdır ve zehir içermez. Buna rağmen, anahtarlama arkı tarafından üretilen yüksek sıcaklıklar altında, gazın bozulması ve çürütmesi sonucu oluşan zehir ile katı ve gazlı ortam içerisinde arızaya neden olabilir. Bu sebeple SF<sub>6</sub>'lı yüksek gerilim şalterinin bakımı bakım işçileri için ekseriya koruyucu elbise gerektirme gibi, özel tedbirlere ihtiyaç duyar. Dahili yüksek gerilim şalteri için büyük bir tehlikede, gaz eğer serbest kalmışsa, bodrum katı ve mahzenlerde gaz birikmesi ve kolayca boğulmaya sebebiyet verebilmelidir.

Bu günlerde, yüksek gerilim şalterinin bakımı esnasında büyük miktarda SF<sub>6</sub> atmosfere karışmaktadır. Fakat bu durum, değişecektir. Başlangıç için SF<sub>6</sub> gazı pahalıdır (3.35-6.50 \$/lb) ve tek büyük bir güç şalteri 10000 \$'lık gaz içerebilir. İkinci olarak da, çevresel ve Mesleki Güvenlik ve Sağlık yönetimi düzenlemeleri halihazırda gazın serbest kalmasını sınırlamaktadır ve hatta gelecekte kesinlikle çok sıkı kurallar uygulanacaktır.

SF<sub>6</sub>'lı yüksek gerilim şalterini, yağ tanklı ve hava vakumularla karşılaştırdığımızda daha az bakım gerektirdiği hususunda şüphe yoktur. Bu durum özellikle, iki basınçlı güç şalterlerinden daha az hacimli gaz kullanan yeni SF<sub>6</sub> üfleyicili kesiciler için çok doğrudur. Aynı yeten, büyük bakımlar 3 yıldan 8 yıla kadar zaman dilimi içerisinde yapılabilir. Fakat gaz-yalıtım teknolojisi nispeten yenidir. Yeni ürünler sabit bir şekilde ortaya çıkmakta ve üreticiler sık sık mevcut cihazlarında değişiklikler yapmaktadır. Bu nedenle en azından yılda bir defa üretici firmalar tarafından bakımlarının yapılması gerekir.

#### 4.2.2 SF<sub>6</sub> Gaz arabası

Gazın yüksek maliyetinden ve atmosfere karışması ihtimalinden dolayı, yüksek gerilim şalterinde bakım için ideal yol, kendi gaz-işletme cihazını içeren gaz arabası vasıtasıyladır.

SF<sub>6</sub> gaz arabası, bakım esnasında SF<sub>6</sub> gazını işlemek için gerekli tüm donanımı içeren, genelde modüler tip montajlı bir arabadır. Bir güç şalteri bakıma alınmadan önce, gazı mutlaka bir depolama tankına boşaltılmalıdır. Bunun için önce gaz basıncını atmosferik basınca düşüren bir kompresör, sonrada bir vakum pompalayıcı kullanılır. Boşaltma işleminden sonra, bakım personelinin içeri girebilmesi ve bakım işlemini yapabilmesi için, güç şalteri hava ile doldurulur. Bakım işlemi bitince, güç şalteri tekrar SF<sub>6</sub> ile doldurulur.

Gaz arabasının maliyeti 90.000 \$ gibi yüksek rakamda olabilir. Genellikle SF<sub>6</sub> teknolojisinin çoğu Avrupa'dan ithal edilmiştir ve Avrupa'nın bakım teknikleri Amerika'dakilere nazaran farklılık arz etmektedir. Ekseriya, yüksek gerilim şalteri satıcısı ya bir servis kontratı önerir yada uzman bir satıcı tarafından üretilen gaz arabası ile destek önerecektir.

Gaz arabası şimdiki ve gelecekteki ihtiyaçlara en iyi şekilde cevap vermemelidir. Arabanın hangi ebatlarda olacağı, hangi özelliklere sahip olacağı ve sistemin içerisinde nerede barındırılacağı gibi konularda iyi karar verilmelidir.

SF<sub>6</sub> yüksek gerilim şalterinin kullanımı artar iken, gaz-işletme cihazında özel nitelikler talep edilmektedir. Örneğin, Wisconsin Electric Power Şirketi kömürle yanan büyük enerji santralindeki birçok küçük ünite üzerinde bulunan SF<sub>6</sub> generatör kesicilerinin bakım işlemini üstlenmiştir. Bu kesicilerde santralin asansörlerine uyacak şekilde servis için ayrı bir gaz arabasına ihtiyaç duyulmuştur. Problem iki modüler hücre üzerinde bir SF<sub>6</sub> gaz arabası inşa edilerek çözülmüştür (Limco, 1988). Bunlardan bir tanesi kompresör ve vakum pompasını taşıyacak, diğeri de gaz tankını ve soğutma cihazlarını taşıyacaktır.

#### 4.3 Topraklama

Enerji üretim ve dağıtım merkezleri topraklama ağlarıyla topraklanırlar. Küresel, şerit ve çubuk biçimlerinde olabilen bu topraklama elektrotlarının dirençlerine elektrot geometrisi, toprağın özgül direnci ve gömülme derinliği etki yapar. Çeşitli tip elektrot geometrilerine bazı yaklaşımlarla analitik çözümler getirilebilir.



Kabulleri yapılabilir.

Özgül direnci  $\rho = 100 \Omega\text{m}$  olan toprak için yayılma dirençlerine ilişkin karakteristik değerler Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Topraklayıcı türüne göre yayılma dirençleri.

Topraklayıcı Türü	Şerit uzunluğu (m)				Çubuk (veya boru) uzunluğu (m)				Düşey levha gömülme derinliği (1 m)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0.5m x 1m	1m x 1m
Yayılma direnci ( $\Omega$ )	20	10	5	3	70	040	30	20	35	25

Diğer taraftan,  $\rho=100 \Omega\text{m}$  dışındaki bir özgül direnç için, Çizelge 4.1 deki yayılma direnç değerleri  $\rho_x/100$  ile çarpılır. Toprağın özgül direnci, bir kenarı 1m olan bir toprak küptün direncidir. Hesaplarda genellikle  $\rho=100 \Omega\text{m}$  referans seçildiği halde, zemine ve iklim koşullarına göre değişiklikler gözükür. Çizelge 4.2 de çeşitli toprak cinslerinin ortalama özgül dirençleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 Çeşitli toprak cinslerinin ortalama özgül dirençleri

Toprağın cinsi	Özgül Direnç ( $\Omega\text{m}$ )
Taşlı zemin	3000
Kuru kum / Çakıl	1000
Rutubetli çakıl	500
Rutubetli kum	200
Killi kum	100
Bataklık	30

#### 4.4 Gaz İzoleli Şalt Tesislerinde Yüksek Güvenilirliğe Sahip Kontrol Sistemlerinin Gelişimi

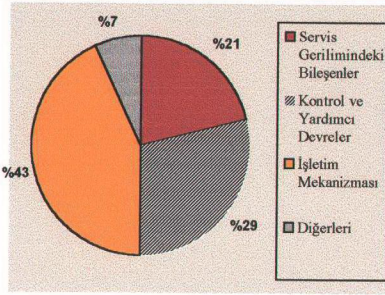
Yüksek Gerilimli şalt tesisleri, güç iletimi ve dağıtım şebekelerinin en önemli ekipmanları olup, yapısı ve güvenilirliği çok önemlidir.

Günümüzde, metal mahfazalı, SF<sub>6</sub> GIS'ler dış etkilerden etkilenmediklerinden dolayı büyük bir kullanım alanına sahiptir. GIS'lerin ana devrelerindeki arıza oranları büyük oranlarda azalmaktadır. Fakat bununla birlikte, "açmama yada kapamama" komutlarına

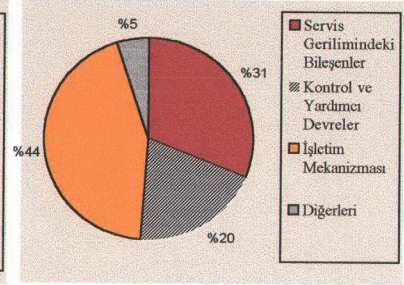
Günümüzde, metal mahfazalı, SF<sub>6</sub> GIS'ler dış etkilerden etkilenmediklerinden dolayı büyük bir kullanım alanına sahiptir. GIS'lerin ana devrelerindeki arıza oranları büyük oranlarda azalmaktadır. Fakat bununla birlikte, "açmama yada kapamama" komutlarına







Şekil 4.2 Tek basınçlı SF<sub>6</sub> gazlı güç şalterine ait büyük arızaların dağılımı



Şekil 4.3 Tek basınçlı SF<sub>6</sub> gazlı güç şalterine ait küçük arızaların dağılımı

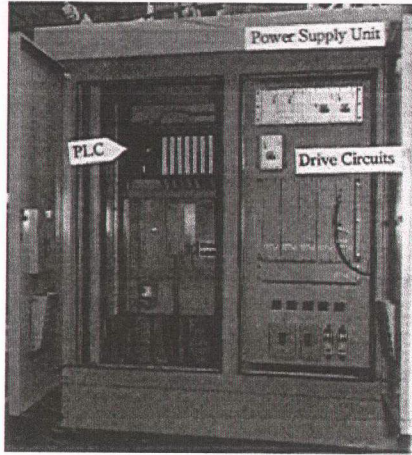
#### 4.4.1 Konfigürasyonlar ve Özellikleri

HRCS sistem konfigürasyonunda PLC (programlanabilir lojik kontrolü)'ler, kontrol ve danışma özelliklerinin yanında otomatik bir kontrol fonksiyonunu da destekleyecek şekilde kullanılmaktadırlar. PLC'nin çıkışını yükseltmek için yarı iletken elemanlar bir lojik devre ile birleştirilerek sürme devresi elde edilir. Optik pozisyon sensörleri anahtar durumlarını tespit etmek için kullanılmaktadırlar.

##### 4.4.1.1 Kontrol (PLC)

Kontrol (PLC), interlok lojik işlemi, anahtarlama kontrol lojik işlemi ve kendi kendine danışma işlemlerini gerçekleştirir. Program sensörler tarafından öncelik durumlarına göre işlenerek sınıflandırılan, ekipmanlara ve hatalara ait bilgileri içeren işletim komutlarının bulunup bulunmadığını irdeler. Buna ilave olarak, ekipmana bir işletim komutu girişi olarak geldiğinde, buna karşılık gelen kontrol lojigi işleme tabi tutulur. Böylece klasik anahtarlama süresi sabit tutulmuş olur.

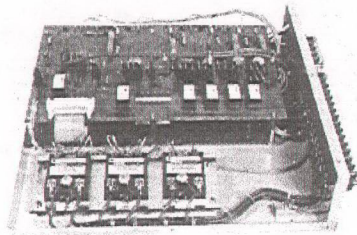
Gerçek devredeki giriş/çıkış kısmı (I/O), giriş devrelerinin iki katlı olarak yapılması gibi fazlalıklara sahiptir. PLC merkezi kontrol paneline kontrol kablolarıyla bağlanmıştır.



Şekil 4.4 Prototip HRCS'in iç görünümü

#### 4.4.1.2 Sürme devreleri

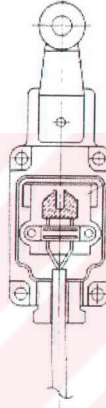
Alan etkili transistörler (FET) ve tristörler güç şalterine ait bobin devresinin kısa süreli enerjilendirilmesi ve kapanmasında, bunlara ilave olarak sürme devrelerinde akım kesme anahtarlamasının kontrolü ve sürme motorlarında toprak akım kesme kontrolünün gerçekleştirilmesinde kullanılır. Elektronik kısımlarda ortaya çıkan bir arızanın sebep olduğu hatayı önlemek için seri yedekleme elemanları kullanılır. Bunun yanında bir hatanın işlenmesini önlemek için ise paralel yedekleme elemanları kullanılmaktadır. Koruma rölelerinden gelen ani komutlar, PLC'ye bağlanmayıp ani enerji bobinlerine direkt olarak bağlanır. Şekil 4.5'te sürme devresinin iç kısmı görülmektedir.



Şekil 4.5 Sürme devresinin iç görünüşü

#### 4.4.1.3 Optik pozisyon sensörleri ve kendi kendine takip

Optik pozisyon sensörleri geleneksel mikro – switchlerin yerine yerleştirilir. Şalt sisteminin durumlarını algılamak için kullanılır. Optik pozisyon sensörleri, kontaklama ve gürültüye karşı dirençte çok mükemmeldir. Sadece ana çıkışı sağlamakta kalmayıp aynı zamanda PLC’de her iki çıkışı karşılaştırmak suretiyle kendi kendine tarama işlevinin yapılmasını sağlayan gözlemleme içinde bir çıkış sağlar. Şekil 4.5’de optik pozisyon sensörlerinin prensip şemaları görülmektedir.



Şekil 4.6 Optik pozisyon sensörleri ve kendi kendine takip

#### 4.4.2 Sistemde Güvenilirliğin Geliştirilmesi

##### 4.4.2.1 Hatadan Bağımsız İşlem

Şalt tesislerinin kontrolünde, ani komutlara karşı çıkış eksikliği ve çalışma eksikliği yada çalışmama işlemlerinin önlenmesi büyük bir önem taşır. Sistem aşağıdaki hatadan bağımsız işlem özelliklerine sahiptir.

a) Seri ve paralel yedekleme elemanları, sürme devrelerinde ani enerjilendirme için kullanılmaktadır. Sürme devrelerinde güç şalterinin ve ayırıcının kapama ve açma işlemlerinde paralel yedeklemeyi sağlar.

b) Yazılım kısmına ait görevler ayrılmıştır ve bellek bölgeleri de aynı zamanda, seri bağlı donanım birimlerine göre kısımlara bölünmüştür. Sistemlerin birinde işlem bozukluğu olsa bile, diğer sistemler destekleyecek biçimde çalışır ve sağlıklı olarak çalıştığı sürece işlem bozukluklarını önler.

c) Koruma rölelerinden gelen ani komutlar direk olarak ani işlem bobinine giriş olarak yönlendirilir ve PLC'ye gönderilmez.

d) Optik sensörlere ait paralel yedekleme birimleri ve ani enerjilendirme devreleri için kullanılır.

#### 4.4.2.2 Otomatik gözlemeleme fonksiyonu

Sistem güvenilirliğini geliştirmeye ait metod, sistemi tamamen iki katlı bir sistem haline getirir. Çift katlı sistemler içeren tek bir sisteme ait temel kısımlar ekonomik bir bakış açısıyla sisteme adapte edilmiştir. Güvenilirlik otomatik tarama sistemiyle takviye edilerek ve dijital koruma röleleriyle donatılarak sürekli izleme fonksiyonları ile güvenlik altına alınmıştır.

PLC'nin donanımı periyodik olarak kendi kendine tarama fonksiyonu ile kontrol edilir. Ani enerji devreleri ve kapama bobinlerini içeren sürme devreleri ve sürme motorları arasındaki bağlantılar sürekli olarak, sürme elemanları ile birleştirilmiş izleme elemanlarından alınan sabit küçük bir akım vasıtasıyla izlenir. Bağlantılarda ya da sürme elemanlarında arıza çıkması durumunda, izleme elemanlarının durumları değişir ve ardından bir alarm istasyon kontrol sistemine gönderilir. Aynı zamanda sürme elemanlarına ait sağlıklı çalışma şartları, periyodik olarak, sürme elemanlarını izleyen izleme sinyalleri vasıtasıyla kontrol edilir. Bu fonksiyon, kontrol ve ani enerjilendirme işlemlerini etkilememektedir.

### 4.5 Yıldırım Darbesinin Neden Olduğu GIS'deki Aşırı Gerilimlerin Araştırılması

#### 4.5.1 Yıldırım

Bulutlardaki yük bilgisi farklı teorilere sahiptir. Elektriksel olarak yüklü bir bulut, toprak veya bitişik bulutlara göre zıt polariteli yük içerir. Ne kadar yükün yoğunluğu artarsa o kadarda potansiyel düşümü mevcut olur. Atmosferik durumlar bulut yükünü dikkate şayan bir şekilde arttırabilir. Eğer potansiyel düşüm havanın delinme dayanım gerilimi olan 30 kV/cm kadar büyükse, bir yıldırım boşalması meydana gelir. Yüksek gerilim hatlarındaki yıldırım

çarpmasının etkileri bir katot-ışın osiloskopu kullanarak gözlemlenebilir. Yıldırım tarafından çarpılan bir hat boyunca yol alan bir yıldırım şok dalgası, bir şimşek vasıtasıyla çoğaltılmamış veya yansımalar yoluyla değişmemiş ise, basit bir dalga şekline sahiptir. Dalganın polaritesi, önü, arkası ve tepe değerinden oluşan dört karakteristik, dalga şekline belirlir. Dalganın tepe değeri kV cinsinden ifade edilen dalganın genliğidir. Dalganın başlangıcından tepe değerine kadar olan ön kısmı  $\mu\text{s}$  olarak ölçülür. Ön etkisi %10 ve %90 değerleri arasındaki düz bir çizgi ile belirlenir. Dalganın polaritesi tepe değerinin polaritesidir.

Bir aydınlatma şok dalgası, matematiksel olarak iki exponansiyel eğrinin farkı ile gösterilebilir.

Çizelge 4.3 Yıldırım şok parametreleri

Dalga Şekli	E	$\alpha(\mu\text{s})^{-1}$	$\beta(\mu\text{s})^{-1}$	Maximum tesir süresi ( $\mu\text{s}$ )
0/1	1,0	0,6931	$\infty$	0
0/5	1,0	0,1386	$\infty$	0
0/50	1,0	0,01386	$\infty$	0
0/100	1,0	0,000693	$\infty$	0
1/5	1,81	0,253	1,35	1,52
1/50	1,036	0,0146	2,56	2,029
1,2/50	1,035	0,046	2,61	1,575
1/X	1,0	0,0	2,746	$\infty$

Bu denklemden, tepe veya maksimum değeri veya tepe değerine ulaşma zamanı hesaplanabilir. Tepe değeri

$$\frac{de}{dt} = E(-\alpha e^{-\alpha t} + e^{-\beta t}) = 0 \quad (4.4)$$

durumunda meydana gelir. Zaman değeri, bu yüzden, aşağıdaki gibi bir bağıntıya sahiptir:

$$t = t_1 = \frac{\ln(\beta/\alpha)}{\beta - \alpha} = \frac{1}{\alpha} \frac{\ln(\beta/\alpha)}{(\beta/\alpha) - 1} = (B/\alpha) \quad (4.5)$$

Bu durumda da tepe değeri aşağıdaki ifade ile belirlenir.

$$E_1 = E(e^{-\alpha t_1} - e^{-\beta t_1}) = E(e^{-B} - e^{-B(\beta/\alpha)}) \quad (4.6)$$



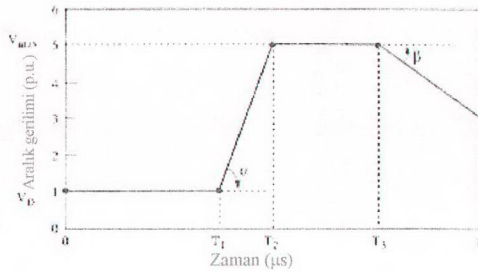
olduğu anlaşılır. Yol alan dalganın yansıma ve kırılmasına dayalı olarak, Bewley (1963) herhangi bir zamanda, uzun hatların veya kabloların herhangi bir noktasındaki gerilim değişikliğini hesaplamak için grafiksel bir metod önermiştir. Kabloların ve hatların uzunlukları, havai hatlardaki dalga kırılmasının, yaklaşık olarak ışığın hızında olduğu ve kablolardaki kırılmanın havai hatlardan daha az olduğu gerçeğinden yararlanılarak bulunabilen, yol alma zamanları olarak temsil edilebilir. Bu metotta hatlar kayıpsız olarak düşünülür, fakat dalgalar hat boyunca yol alırken, dalgalarındaki zayıflama etkileri metoda dahil edilebilir. Sistem basit olduğu zaman bu metod kolayca uygulanabilir. Yol alan dalgaların bozulması ve zayıflaması, direklerin şok empedansları ve karşıt şok empedansları örnek olarak gösterilebilir. Bara kanalları gibi birçok bileşenlerin dahil edildiği büyük sistemlerde Bewley Lattice diyagramı kullanışlı değildir.

#### 4.5.3 Paratonerle aşırı gerilimlerden korunma

Bir istasyonda yol alan yıldırım şok dalgası bu istasyonda aşırı gerilime yol açabilir ve cihazlara zarar verebilir. Bu kötü durumu engellemek için aşırı gerilim, korunan bölgede makul değerler içinde yani cihazların yalıtım dayanma geriliminin altında tutularak sınırlandırılmalıdır.

Şok paratonerlerin uygulanması, geçici akımlar esnasında şok paratonerleri düşük direnç deşarjına sahip oldukları için, cihazlarda bir gerilim sınırlaması sağlar. Geçici akımdan sonra, yani sisteme tekrar normal gerilimin uygulandığı zaman, şok paratonerleri yüksek empedans sağlar. Bu yüzden, geçici akımlar sınırlanır ve kesilir. Bu da sistemi normal hale döndürür.

Koruma için kullanılan iki tip paratoner vardır:



Şekil 4.8 Akım sınırlama aralık paratonerinin gerilim-zaman karakteristiği

#### 4.5.3.1 Klasik paratonerler

Akım sınırlayan tipte olup, kıvılcım boşlukları ve elektron lamba bloklarından meydana gelir.

#### 4.5.3.2 Boşluksuz paratonerler

Şok paratonerlerin yeni bir ürünü olup, yok edilen hava boşluğunda çinko oksit non lineer direnç kullanılarak elde edilir. Klasik tutucuya kıyasla, boşluksuz tutucu göze çarpan özellikler ortaya koymaktadır.

### 4.6 GIS'deki Çok Hızlı Geçici Durumlar

GIS'de ayırıcı, kesici çalışma veya topraklama hatası esnasında çok hızlı geçici aşırı gerilimler üretilir. Araştırma çalışmaları, bu çok hızlı geçici gerilimlerin GIS ve ilgili ekipman üzerindeki etkileri üzerine yoğunlaşmıştır. Gözlenen olaylar GIS'teki yalıtım hataları, yalıtkan yapıdaki hatalar, elektronik cihazların işlem ve yalıtım hatalarının ard arda gelmesiyle bağlanan transformatörlerdeki rezonanslardır.

Şimdiye kadar çok hızlı geçici durumlar VFT ile ilgili herhangi bir standart yoktur. VFT'nin ölçüm tekniği oldukça geliştirilmiştir ve bilgisayar simülasyonları ile incelenmektedir. VFT'nin oluşturduğu arıza mekanizması da araştırılmıştır. Bu yüzden, GIS'deki VFT'lerin çok daha nicel bir şekilde incelenmesi, GIS dizaynında optimizasyona yol açacaktır. Bu konu içinde, servisteki bir 420 kV GIS ve 800 kV pilot GIS'deki ölçümlere dayalı olarak VFT'lerin nicel boyutu verilmektedir. VFT'lerin aslı, tipik dahili ve harici parametreleri, özellikle de geçici birleşme gerilimleri detaylı olarak tanımlanmaktadır.

Uygun frekans karakteristikli, yeni geliştirilmiş potansiyel serbest alan sensörü kullanılarak, GIS dışındaki VFT olayının sonuçları gösterilmiştir (Feser ve Pfaff, 1983). GIS içerisindeki gerilim ölçümü, 445 MHz band genişliğinde bir kapasitif gerilim bölücü kullanılarak yapılmıştır.

#### 4.6.1 VFT'lerin sınıflandırılması

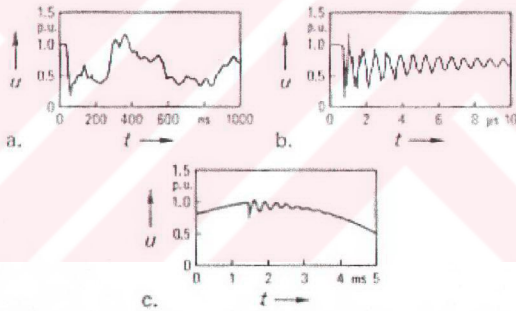
VFT'ler dahili ve harici VFT olmak üzere iki kısma ayrılır. Dahili VFT aşırı gerilimler, harici VFT ise Geçici mahfaza gerilimi, geçici elektromagnetik alan ve aşırı gerilimler şeklinde sınıflandırılır.



VFT'nin merkezinden farklı mesafelerdeki davranışı, İç ve dış olmak üzere iki ayrı kısmı oluşturur. Ayrıca GIS'in içerisindeki ve dışındaki söndürme etkilerinden ve montaj düzeni tarafından oluşturulan, yol alan dalgasının yansımından dolayı, farklı şekiller arz edebilir.

#### 4.6.1.1 Dahili VFT

Tipik bir örnek olarak, 110 kV GIS'deki ayırıcı çalışması esnasında kapasitif bir gerilim bölücü kullanılarak ölçülen VFT Şekil 1'de gösterilmiştir. Üç farklı zaman değeri ile aynı olayın ölçümleri, ayırıcının kaynak tarafında bulunan GIS'teki VFT'nin tipik dalga şeklini gösterir. SF<sub>6</sub>'daki hızlı atlama, tipik 4...7 ns'lik yükseliş zamanına sahip dik bir gerilim impulsu üretir. Bu darbe GIS içerisinde yol alacak, küçük parçalara ayrılacak ve yansıtacaktır. Birkaç µsn sonra, ayırıcının kaynak ve yük tarafında tek frekanslı salınımlar gözlenebilir. Atlamanın başlamasından yaklaşık 100 µsn sonra ayırıcıdaki ark söner. Bunun sebebi de akımın küçülmesidir. Yük tarafı ayrılır, fakat artık yük kalır ve kaynak tarafındaki transformatör, kararlı hal durumuna uygun bir frekans ile salınır.



- a- Adım gerilim geçişi
- b- MHz düzeyindeki frekanslarda, GIS'in osilasyonu
- c- 10 kHz de doğrudan bağlantılı GIS ve transformatörün osilasyonu

Şekil 4.9 110 kV GIS de farklı zaman sapmasıyla ölçülen ayırıcı çalışma esnasındaki VFT aşırı gerilimi

Sonuç olarak dahili VFT, birkaç MHz ve kHz mertebelerinde çoklu frekans osilasyonları tarafından takip edilen, yükseliş zamanı çok hızlı kompleks bir gerilim şeklidir. Tanımlanan VFT her ayırıcı başına yaklaşık 200 yineleme oranı gösterir. Yansımalar ve kırılmalar nedeni ile de, kapasitif anahtarlama altında 1.5 p.u., faz tersliği durumunda da 2.4 p.u. değerine kadar genlikli, bir tali istasyon-bağımlı dalga şekline sahiptir (Edlinger, 1984).

VFT altındaki SF<sub>6</sub> yalıtımlı yüksek gerilim şalteri dayanma gerilimi, yıldırım impuls dayanma geriliminden yüksek veya eşit olur. Düzensizlik durumunda VFT'nin dayanma gerilimi, düzensizliklerin derecesine bağlı olarak düşecektir.

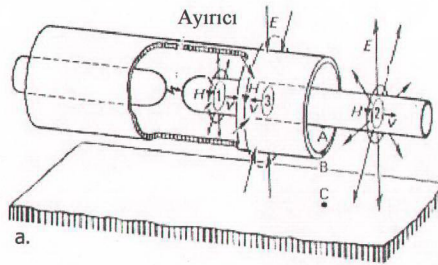
#### 4.6.1.2 Harici VFT

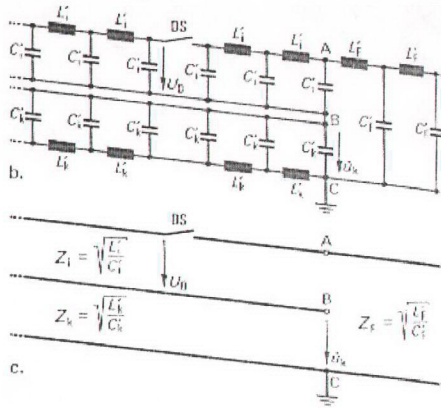
Dahili olarak üretilen VFT bara - 1 içerisinde yol alan bir dalga gibi kırılır ve bir kısmı birleşme geriliminin geçici yükselişine sebebiyet verir, bir kısmı da yüksek gerilim iletim hattı boyunca kırılır ve bitişik teçhizatla ve izolatörde sıkıntı oluşturabilir (Ford vd., 1982).

##### 4.6.1.2.1 Geçici birleşme gerilimi (TEV)

GIS'in iç ve dış kısmındaki VFT'ler, yol alan dalga teorisi ile iyice anlaşılabilir. Kısa kollardaki yansımalar çok kritiktir. Çünkü bu yansıyan dalgalar diğer yüksek genlikteki oluşumlarla birleşebilirler.

Birleşme dışarısında yol alan dalgadaki kesinti için basit bir eşdeğer devre kullanılabilir. Şekil 4.10.a'daki idealleştirmede yüksek gerilim iletim hattı doğrudan GIS'e bağlanır. Ayırıcı bara kanalının sonu olan izolatörün yerleştirildiği yerde bir yol alan dalga üzerine, 0,5 p.u. genliğe sahip kırılmamış atabilir. Bara kanalı dışarısında, birleşme geriliminin geçici yükselişine sebebiyet veren bir elektromagnetik alan meydana gelir. Bu etki, bara kanalının, iletim hattı ve 4.10.b.'deki eşdeğer devre kullanılarak açıklanabilir.





- a- Ayırıcı işletmedeyken geçici dalgalardan yayılması  
 1- Koaksiyel bara iletkeni içinde  
 2- Yüksek gerilim iletim hattında  
 3- Zemin ve mahfaza arasında
- b- Kondansatörlü devre ile VFT açısından a.nın şematik gösterimi
- c- Hatların sonsuz uzunlukta kabul edilerek  $u_k$ 'nin hesaplanmasında kullanılan tek hat şeması

Şekil 4.10 Geçici bara geriliminin izahı

Eşdeğer devre (Şekil 4.10.b.), herhangi bir TEV'in en kötü tepe durumunun  $u_k$  nin tahmini için, SF<sub>6</sub>-bara ( $Z_i$ ), toprak üstü kapalı yer ( $Z_k$ ) ve yüksek gerilim iletim hattı ( $Z_f$ ) empedansları kullanılarak, dahada basitleştirilir (Şekil 4.10.c.) Aşağıdaki denklem, A.C. gerilim tepe değeri ve maksimum VFTO arasındaki oranı veren tali istasyon cevap faktörünü içermez:

$$u_k = -U_0 \frac{Z_k}{Z_k + Z_i + Z_f} \quad (4.12)$$

Bu basit denklem ile TEV'in genliği tahmin edilebilir ve buna ilaveten TEV'i azaltmak için temel ölçümler verilebilir. Örnek olarak bir yüksek gerilim hattına bağlı 420 kV GIS'in TEV  $u_k$  değeri hesaplaması aşağıda gösterilmiştir. Böyle bir düzenek için:

$$U_0 = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_M = 330 \text{ kV} \quad (4.13)$$

$$Z_k = 60 \Omega \dots\dots\dots 20 \Omega \quad (4.14)$$

$$Z_i = 60 \Omega \quad (4.15)$$

$$Z_f = 27 \Omega \quad (4.16)$$

Buradan:

$$u_k = -U_0 \frac{Z_k}{Z_k + Z_i + Z_f} = -50kV \dots\dots\dots - 17kV \quad (4.17)$$

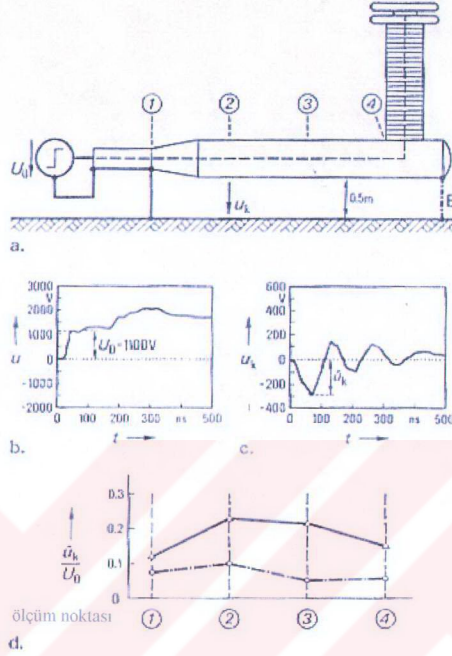
TEV uk değeri birkaç 10 kV mertebesindedir.  $u_k / U_0$  oranında % 30 - %10 mertebelerindedir. Bu oran, mümkün meretebe küçük olması gereken  $Z_k$  değerinden kayda değer bir şekil de etkilenir (Dick vd., 1982).

Premsib olarak  $Z_k$ 'yı ve bundan sonrada TEV genliğı  $u_k$ 'yı azaltmak için

- Mahfaza'nın çapı arttırılır . Bu pratik değıldir.
- Toprak yukarisında baranın ağırlığı azaltılır. Bu mümkündür, fakat her zaman pratik değıldir.
- B ve C noktaları arasındaki  $Z_k$  empedansı kısa devre edilir. Bu ise en pratik çözümdür. İçerilen yüksek frekanslardan dolayı, kısa devre izolatorünü taşıyan metal yapı tarafından düşük bir endüktans ile gerçekleştirilmelidir. Fakat herhangi bir durumda böyle bir bağlantı , homojen olmayan kısa bir iletim hattı gibi davranır.

TEV'i açıklamak için, bu basitleştirilmiş devrenin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla, buşing ve  $SF_6$ 'dan meydana gelen test düzeneğı kurulmuştur (Şekil 4.11). Şekil 4.11.a düzeneğı ve Şekil 4.11.b.'de farklı noktalarda elde edilen  $u_k / U_0$  sonuçlarını göstermektedir.

Baraya başlangıçta,  $U_0$  düşük gerilim basamağı uygulanır. Adım generatörü, bir kablo ve sabit empedans ile bara çapına konik adaptör vasıtasıyla baraya bağlanır. Oluşturulan yükseliş zamanı 1 sn.'den küçük düşük gerilim adımı  $U_0$ , şekil 4.11.b'de gösterilmiştir. Bir klasik kapasitif gerilim bölücü ile mahfaza ve toprak arasındaki gerilim yükseliş zamanı 4 ns. olarak ölçülür. Bara sonundaki E toprak bağlantısı olmaksızın (2) noktasındaki nihai TEV  $u_k$  değeri Şekil 4.11.c'de verilmiştir. Görüldüğü gibi TEV  $u_k$ 'nın genliğı  $U_0$ 'ın yaklaşık %24'üdür, frekans 5 MHz mertebesindedir ve 1 ns'lik VFT'nin başlangıç yükseliş ciddi bir şekilde azalmıştır. İşte bu durum VFT'ler için alışıl gelmiş bir olaydır.



Tesisin test düzeneği

a- Dahili düşük gerilim impulsu uygulanması

b- E- toprak bağlantısız ② noktasında harici TEV

c- Farklı noktalarda ölçülen dahili VFT ve harici birleşme gerilim oranı

— E - Toprak bağlantısız

- - - E - toprak bağlantılı

Şekil 4.11 TEV'in 800 kV bara iletkenine olan etkilerinin incelenmesi için kurulan deneysel test

#### 4.6.2 Çok hızlı geçici yüksek gerilimlerin alan ölçümleri

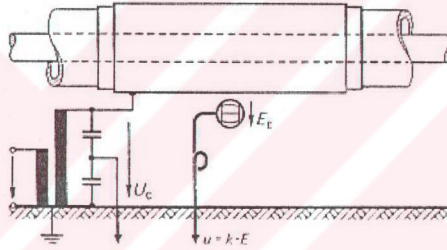
##### 4.6.2.1 Ölçü cihazları

###### 4.6.2.1.1 Küresel elektrik alan sensörü

Elektrik alan sensörü, elektrik alan kuvvetinin iki bileşeninin ölçümü için küresel bir kapasitif prob olarak oluşturulur. Özellikle yüksek gerilim yakınındaki keyfi noktalarda ölçümü gerçekleştirmek için, sensörün kendisinden kayıt cihazına bir fiber optik analog data hattı ile

data iletimi yapılır. Ölçme prensibi, sensör yüzeyindeki yalıtımlı ölçme alanlarındaki elektrostatik yüklerin ölçümüne dayalıdır. Bu yükler sensörün merkezindeki alan kuvvetinin  $E(t)$  bir ölçümüdür. Fiber optik data iletim hattı, yaklaşık 18 ns'lik yükseliş zamanına tekabül eden 25 MHz band genişliğine sahiptir. Düşük kesim frekansı yaklaşık 10 Hz ve Dinamik mertebesi ise 46 dB'dir.

Alıcı cihazı ölçme cihazı içerisine monte etmek için, optik hat optik bağlayıcı alıcılara bağlanabilir. Sensördeki güç kaynağı, kendi optik kanalı vasıtasıyla bir tetikleme ünitesi ile kontrol edilir. Ölçülen data ya bir hızlı hafızalı osiloskop ile yada yüksek örnekleme oranına sahip geçici gerilim kaydedici ile kaydedilir. Sensör yalıtım materyeli ile ölçme noktasına yerleştirilir.



Şekil 4.12 A.C. gerilim ile küresel elektrik alan sensörünün gerilim kalibrasyonu

Tanımlanan elektrik alan sensörü, eğer sensör ölçme noktasında bir  $U_c$  bilinen gerilimi ile kalibre edilirse gerilim ölçümü için kullanılabilir. Bilinen  $U_c$  gerilimi alan kuvveti  $E_c$ 'yi verir. Daha sonra ölçülen alan kuvveti  $E(t)$  ile herhangi bilinmeyen gerilim  $u(t)$  hesaplanabilir. Buda sadece geometrik düzenlemeye bağlı kalibrasyon faktörüne yol açar.

$$u(t) = \frac{U_c}{E_c} E(t) = k.E(t) \quad (4.18)$$

10 Hz lik düşük kesim frekansından dolayı k kalibrasyon faktörü, 50 Hz A.C. gerilimler ile belirlenebilir.

Bu sensörün gerilim ölçümü için bir ölçü cihazı olarak kullanılmasının ana avantajı, küçük ebadı, 40 mm çapı, bağımsız data iletimi ve ilgili mahfazaya bozulmadan bağımsızın bağlantı alabilmesidir.

TEV ölçümü için özel bir kalibrasyon metodu geliştirilmiştir (Şekil 4.12). 10 kV genlikte kalibre edilen ve 50 Hz frekanslı A.C. gerilim, GIS mahfazasına çok yakın fakat PVC tabaka ile yalıtılmış bir bakır levhaya uygulanır. Küresel alan sensörü elektrik alan kuvvetinin  $E_c$  ölçümü ile, kalibrasyon faktörü  $k = U_c/E_c$  belirlenir. Bu bakır levha empedansı olup sonrada ihmal edilebilir. Yalnız TEV sinyalinin etkiler. Çünkü bu durum empedansta çok küçük bir devamsızlık anlamına gelmektedir.

TEV için yapılan uygulamaya ilaveten, küresel elektrik alan sensörü, transformatör izolatöründe olduğu gibi GIS dışındaki yüksek gerilimleri ölçmek için de uygulanabilir. Sensörün kalibrasyonu A.C. işletme gerilimindeki gerilim transformatörü ile yapılabilir.

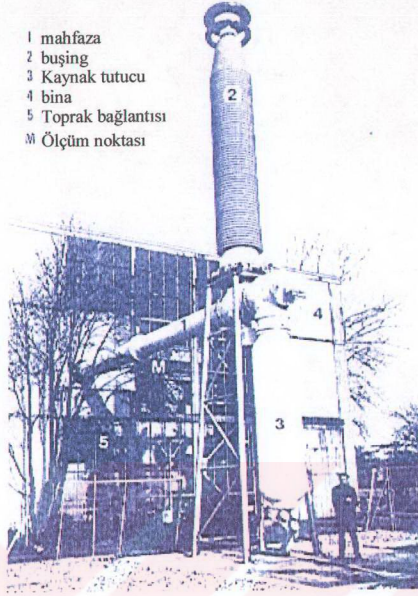
#### 4.6.2.1.2 Kapasitif prob

GIS içerisindeki VFT'lerin ölçümü için, üst kesim frekansı 445 MHz olan kapasitif bir prob kullanılır (Meppelink ve Hofer, 1987). Prob osiloskoba bir empedans konvertörü ve koaksiyel kablo yoluyla bağlanır.

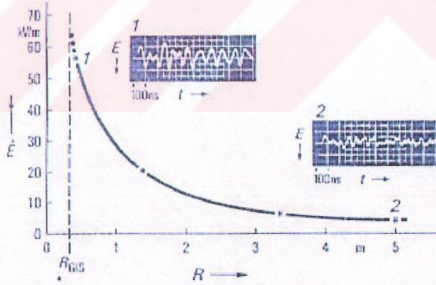
#### 4.6.2.2 800 kV-Kontrol montajı test düzeneği

BBC'nin Zürih'teki yüksek gerilim laboratuvarında 800 kV- kontrol montajı için tamamlanan ölçüm metodları uygulanmıştır. Bu montajın açık hava görünüşü şekil 4.13'de gösterilmektedir. GIS ve diğer bileşenler bina içerisine monte edilir. SF<sub>6</sub> bara kanalı bir izolatöre bağlanır. SF<sub>6</sub> yalıtımlı çinko-oksit şok dalga paratoneri, izolatörün ötesine yerleştirilir. TEV ayırıcının  $800/\sqrt{3}$  kV'luk efektif gerilim ile kapalı işletimi esnasında, SF<sub>6</sub> barası ötesinde, dikey olarak ölçülür.

- 1 mahfaza
- 2 buşing
- 3 Kaynak tutucu
- 4 bina
- 5 Toprak bağlantısı
- Ⓜ Ölçüm noktası



Şekil 4.13 800 kV- Kontrol donanımı



Şekil 4.14 Dikey elektrik alan bileşenlerinin ölçümü

Şekil 4.14 küresel elektrik alan sensörü ile baradan farklı noktalarındaki TEV ölçümlerini göstermektedir. 9 cm. uzaklıkta, 10 MHz bir ara frekans salınımı ile 57 kV/m'lik elektrik alanı ölçülür. Baradan 5 m uzaklıkta, elektrik alanı yaklaşık 5 kV/m'dir. Fakat osiloskopta yüksek frekanslar gözlemlenir. Elektrik alan, teoride anlaşılacağı üzere, yaklaşık 1/R oranında azalır (Şekil 4.14).



## 5. PROJE SEÇİMİ

Gaz yalıtımlı İstasyonların büyük şehirlerin beslenmesinde kullanılması, yeni projelerin ortaya çıkmasına yol açtı. Örneğin Fransa da yıldız şebeke adı verilen sistemde, kesici yerine yük ayırıcıları kullanıldı. Enterkonnekte sistemi gerçekleştirmek için mevcut açık tip istasyonların şeması benimsendi. Aşağıda gaz yalıtımlı teknikte tesis edilmiş birkaç istasyon örneği verilmektedir.

Mougins, 72. 5 kV'luk istasyon: Bu istasyon U şeklinde kendi üzerinde katlanmış tek bara sisteminden oluşmakta olup birinci planda kesici hücresi mevcuttur. Bu istasyon yol kenarında ve meskun mahalde kurulmuştur.

Belle de mai, D tipi 245 kV'luk istasyon: Bu tip istasyonlarda kesici ihtiva eden iki kablo girişi mevcuttur. 220 kV/OG transformatör deparları boşta manevra imkanı veren yük ayırıcıları üzerinden beslenmektedir. Bu tip istasyonlara 220 kV/OG transformatörleri ilavesi imkanı vardır. Belle de mai'de 1978 de kurulan iki transformatöre 1989 da bir yenisi eklenmiştir.

Westhouck, 245 kV'luk istasyon: Bu bir endüstriyel tesisteki istasyonlara örnektir, burada sözkonusu olan CDF kimya tesisleridir. İstasyon Dunkerque sanayii bölgesinin ortasında, önemli bir kirliliğin içinde ve deniz kenarında inşa edilmiştir. İçinde OG hücreleri olan bir binanın çatısında olup 220/20 kV transformatörlerinin 220 kV tarafındaki buşinglere kadar gaz izoleli sistemle yapılmıştır.

Coulange, 420 kV'luk istasyon: Rhone vadisinde kurulu Coulange istasyonu iletim şebekesinin önemli bir tesisidir. Bir tarafta Cruas nükleer santralinden gelen enerjii tahliye etmekte, diğer tarafta da Fransa'nın kuzey-güney 420 kV enterkonnekte şebekesine katkıda bulunmaktadır. Bu istasyon Paralel baralı 4 tepeli ilk örnektir. Maliyeti azaltmak için Hava-SF<sub>6</sub> geçit izolatörleri düzenlenerek hücreler arasındaki adım 21 m yerine 13.65 m ye indirilmiştir.

Aşağıda işletme açısından elverişli olan Gaz İzoleli Sistem ile ilgili bazı değişik projeler izah edilmiştir.

## 5.1 800 kV'luk Gaz İzoleli İstasyonların Gelişimi

Yüksek gerilimli taşıma sistemlerinde gaz izoleli istasyonlar pek çok avantaja sahip olduğundan dolayı hızlı bir şekilde gelişmeler göstermiştir. Dahili tip tesislerde ve tali istasyonlara ait yer altı tesislerinde kompaktlık özelliği sayesinde büyük avantajlar sağlamaktadır. Aynı zamanda, bütün yüksek gerilim bölümleri çevresel zararlardan (tuz, atmosfer basıncı değişimleri, toz vb.) etkilenmeyen kapalı mahfazalara yerleştirildiğinden dolayı, GIS güvenli ve yüksek güvenilirliğe sahiptir.

72 kV. GIS'ler 1960'ların yarısından sonra ilk olarak Japonya'da kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde 72 – 550 kV GIS'ler büyük sayılarda kullanılmaktadır. Bu arada, kesme, iletim ve izolasyon hakkındaki temel çalışmalar ve hava geçirmezlik mahfaza üretimi ve dağıtımına ilişkin temel teknikler GIS'lerin gelişmesinde büyük etkilere sahip olmuştur. Pek çok üretim teknikleri ile alan deneyimleri ürünlere uygulanarak sonuçları incelenmiştir. Örneğin güç şalterlerine ait devre kesme işlemlerinde kesim için gaz akışı sağlanmış ve bunun yanında kesme işleminden sonra elektrodlar arasında kalan sıcak gaza ilişkin durumları içeren ölçülmüş değerlerin nümerik analiz ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Ayırma görevinin yerine getirilmesi, döngü akımının anahtarlanması ve bara şarj akımının anahtarlanması işlemlerine geldiğinde ise, kesme işlemini açıklamak için devrenin yapısına ilişkin analizler yapılmış ve uygun şekilleri seçmek için aynı zamanda elektrik gücünün ve söndürme düzeninin tespitine ilişkin çalışmalar yapılmıştır.

Büyük şehirlerde yıldan yıla artan bir şekilde ortaya çıkan taleplerin karşılanması zorunluluğu ve elektrik enerji istasyonlarının kurulmasında ortaya çıkan zorluklardan dolayı taşıma hatlarının gerilimleri sürekli olarak artmaktadır. Yakın bir gelecekte 1100 kV'luk taşıma sistemlerinin kullanılması planlanmaktadır.

Yukarıda bahsedilen bilgiler baz alınarak yüksek kapasiteli GIS'lerdeki gelişmelerin 550 kV ve daha yüksek gerilimlerde yapılması teşvik edilmektedir.

İlk 800 kV'luk GIS 1979 yılında bir körfezde deneysel amaçlı olarak kurulmuş ve saha testleri esnasında 800 kV'luk GIS'lerde küçük kapasitif akımların anahtarlanması esnasında, çok hızlı geçici gerilimlerin ortaya çıktığı görülmüştür.

### 5.1.1 800 kV'luk GIS'lerin tasarımı

#### 5.1.1.1 Tek hat diyagramı

Şekil 5.1.a'da tek hat diyagramı b'de ise nominal değerler verilmiştir. Sistem çift baralı düzene adapte edildiğinden dolayı, ayırıcıların bir kısmı döngü akımının anahtarlanmasına ilişkin görevin yerine getirilmesini gerektirmektedir. Baypas ayırıcısı kapandığında, bara kuplajlama güç şalteri direkt olarak hatta kuplajlanır. Bunun sonucu olarak, bara kuplajlama güç şalterinde bir kapama direnci oluşur.

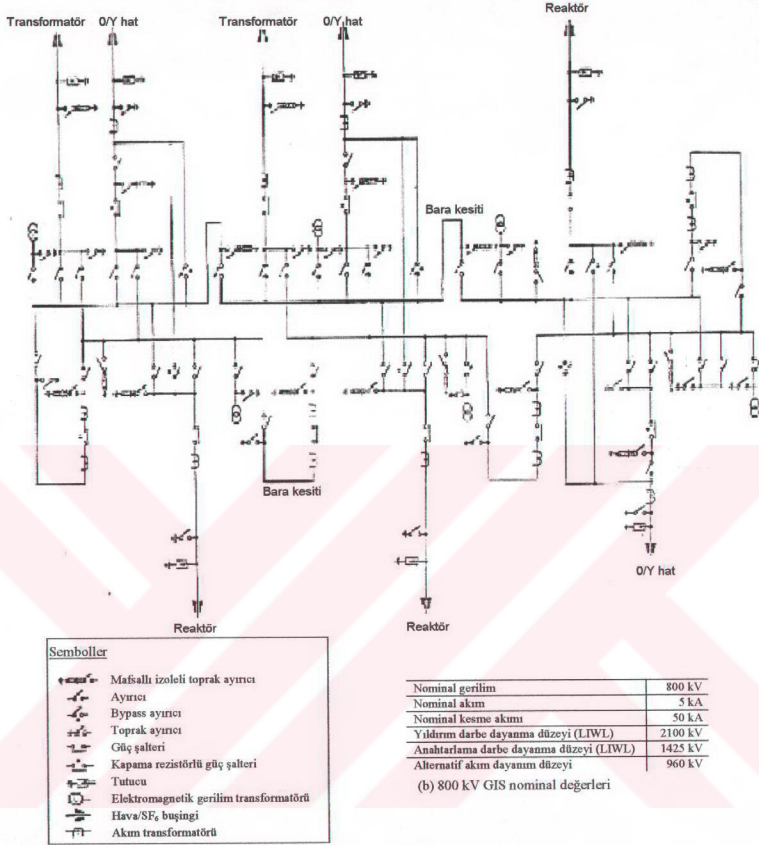
#### 5.1.1.2 GIS'in montaj planı

Taşıma hatları, trafolar ve reaktörlerin havai iletkenler ile GIS'e bağlantısının yapılmasına karşın GIS'lerin kendisi bir bina içinde kurulacak şekilde dizayn edilir. Sistem 12 tane fiderden oluşur. Fiderlerin 8 tanesi 14 metrelik bir direk aralığı ile dışa açılan geçitlere bağlanır.

Sistemin montaj planı rasyonel olarak dizayn edilmiştir. Bara kanalının uzunluğu, ara baraya ait engelleyici güç şalterlerinin ana baraya ait engelleyici havai yapılar ile paralel bağlanmasıyla en düşük düzeye indirilmiş ve ara baraya ait en yüksek seviyeli güç şalterleri ve ayırıcılar gibi bütün ekipmanlarında toprak seviyesine bağlanmasıyla bağlantılar elimine edilmiştir.

Göze çarpan bir diğer özellik, bileşenler arasında destekleyici maksadıyla bağlantıların yerleştirilmesi ile destekleme yapıları en düşük düzeye indirilmiştir.

Mahfazaları topraklamak için çok noktalı bir topraklama planı, yüksek akım değerlerini kapsayacak ve ayırıcı arızaları gibi değişik arızalardan dolayı ortaya çıkan seviye arızalarını uygun şekilde bertaraf edecek şekilde işletmeye alınmıştır. Standart bakır topraklama ağlarına ek olarak temelerde demir ağlar topraklama ağı olarak kullanılmaktadır. GIS'e bağlantılarda, GIS mahfazaları iletken olarak yapılır ve böylece çok noktalı topraklama sistemi oluşturulabilir.



(a) 800 kV GIS tek-hat diyagramı

Şekil 5.1 800 kV GIS

## 5.1.2 Bileşenlerin test edilmesi ve gelişimi

### 5.1.2.1 İzolasyon koordinasyonu

Gaz izoleli tali istasyonlarındaki izolasyon koordinasyonundan emin olmak için, uygun alanlara yerleştirilen tutucular üzerinde çalışmalar yapılmıştır. 12 fiderli tipik bir GIS planında, yıldırım gerilim dalgalarının içte meydana getirdiği potansiyel dağılım EMPT (Elektromagnetik geçici durum programı) kullanılarak hesaplanmıştır.

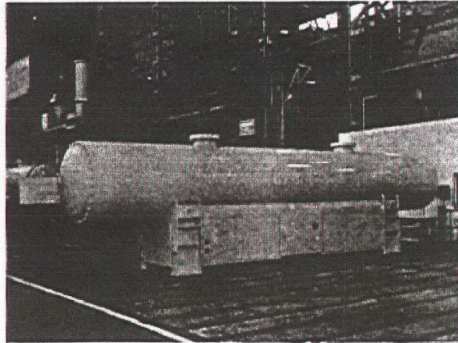
Sonuç olarak,  $V_{10kA} = 1400$  kV kalıntı gerilimine sahip çinko oksit tutucuların, mesnet ile reaktör fiderlerinin üzerine ve ara hat girişine kurulması durumunda, dielektrik gücün GIS'in herhangi bir noktasında aşlamayacağı keşfedilmiştir.

Güç Şalteri anahtarlamasındaki gerilim dalgaları herbir kutba 450–500  $\Omega$ 'luk kapama direnci kullanmak suretiyle belirli bir seviyenin altında kontrol edilebilir. Ayrıca hiçbir extra gerilim dalgasının, şönt reaktör güç şalterinin anahtarlamasıyla ortaya çıkmadığı ispatlanmıştır.

En kötü durumu içeren ayırıcının anahtarlanmasıyla meydana gelen ani gerilim dalgaları 2,4 p.u. değerinin altındadır. (1 p.u. nominal gerilimin tepe değeridir). Bu değer anahtarlama darbe dayanma düzeyi (LIWL)'den daha düşüktür. Bu göstermektedir ki büyük bileşenlere ait izolasyon özellikleri ayırıcı anahtarlamasından dolayı ortaya çıkan ani gerilim dalgaları tarafından etkilenmemektedir. Bu çalışmada ileride göreceğimiz üzere ayırıcı ve şönt reaktör anahtarlanmasından dolayı ortaya çıkan gerilim dalgalarının kabul edilebilir seviyede olduğu alan ölçmeleriyle ispatlanmıştır.

#### 5.1.2.2 SF<sub>6</sub> güç şalteri

Her biri 300kV – 50 kA kesme kapasitesine sahip seri bağlı 4 hücreden meydana gelen 800 kV nominal gerilime ve 50kA nominal kesme akımına sahip gazlı güç şalteri kutup başına 450  $\Omega$ 'luk kapama dirençleri ve kapama kontaklarıyla donatılmıştır. İşletim hidrolik bir mekanizma ile gerçekleştirilir ve her bir kutupta eş zamanlı olarak bir kontrol valf tarafından sürülen 2 adet hidrolik silindir bulunmaktadır. Şekil 5.2'de güç şalterinin dış görünüşü izlenebilir.



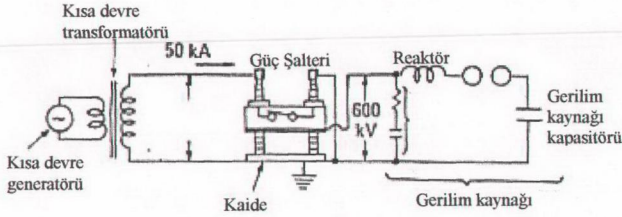
Şekil 5.2 800 kV güç şalteri kompartımanı

Kesme esnasında güç şalterlerine ait toprak izolasyon karakteristiklerine bakıldığında, enerjili kısımlar ile topraklanmış mahfaza arasında tam gerilim değerinde geçici bir algılama gerilimi uygulanır. Birim testinde olduğu gibi, güç şalterine yüksek gerilimli çok sayıdaki üniteler arasında daha büyük farklılık olan algılama gerilimi uygulanır.

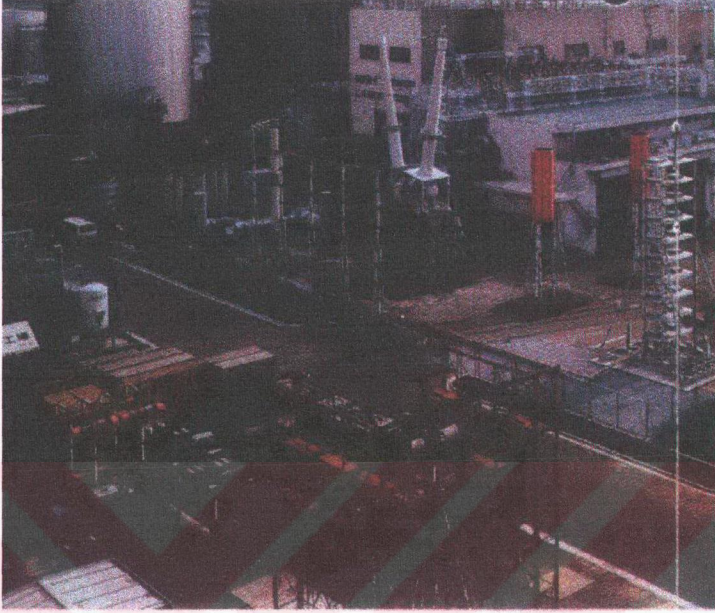
Daha önceden belirtildiği gibi güç şalteri her iki kontağı bir hidrolik silindir tarafından sürülen ve her bir kutbu 4 kesme biriminden oluşan bir sistemden meydana gelmiştir. Bu sayede çalışan bir silindir için kesme esnasında gerekli olan sürme kuvveti, dört yada iki kesme birimi olması durumunda değişmemektedir. Test verimi için, iki ve dört kesme birimi kullanılarak kesme işlemi, geçici algılama gerilimlerine ilişkin bir test nominal kesme akımında gerçekleştirilir. Az sayıdaki kesme birimi ark akımlarındaki distorsiyonu önleyecek etkilere sahiptir.

Test edilen güç şalteri, 800 kV gerilime karşı izolasyonlu bir tabana monte edilmiştir. Kesme hücreleri bir kesme akımı ile beslenerek bir akım devresi düzenlenmiş ve mahfazaya geçici bir algılama gerilimi uygulanmıştır. Canlı kısımlar ile mahfaza arasındaki izolasyon, kesme esnasında serbest kalan sıcak gaz ile kontrol edilmiştir.

Geçici yüksek algılama gerilimleri en büyük ark enerjisini ürettiklerinden dolayı, test şartları için %100 terminal kesme hata şartları göz önüne alınır. Şekil 5.3.a'da test devresi, b'de ise test işleminin genel görünümü görülebilir. Sonuç olarak kesme işleminden sonra sıcak gazın sürekliliğini devam ettirdiği ve toprak izolasyon performansının yeterli derecede olduğu ispatlanmıştır.



a. 800 kV Güç Şalteri test devresi gerilim testi



b. 800 kV Güç Şalteri gerilim testinden görünüş

Şekil 5.3 800 kV Güç Şalteri gerilim testi

### 5.1.2.3 Ayırıcı

Genel olarak enerji altında bir ayırıcının anahtarlama iki çeşit görevden birinin artışı sağlar, bu görevler:

- Çift baralı sistemde döngü akımının anahtarlama (Çift-transfer-bara akımının anahtarlama) yada;
- Bara şarj akımının anahtarlama. Yukarıda ifade edilen akım anahtarlama görevlerine ilişkin test sonuçları aşağıdaki gibidir.

#### 5.1.2.3.1 Çift baralı sistemde döngü akımının anahtarlama

Döngü akımının anahtarlama değeri büyük ve gerekliyse GIS izolasyon güvenilirliği için, döngü akımının anahtarlama ile üretilen ayırıcı ürünlerin en aza indirilmesi tercih edilmektedir. Ayırıcılardaki döngü akım anahtarlama işleminin başarılı olması amacıyla, kısa

ark zamanı ve uzun elektrot ömrü gibi özelliklere sahip ve alan içinde iyi bir şekilde gerçekleşmiş magnetik alan sürme tipli bir ark uyarım sistemi işletilmektedir.

Çok sayıda hatta sahip bir 800 kV'luk GIS'te döngü yolu uzundur ve bu yol büyük bir döngü empedansı içerir. Böylece 500 m'lik döngü uzunluğuna, 5000 A'lık döngü akımına ve 350 V'luk döngü gerilimine sahip bir sistemde, kontakları yerleştirmeksizin 500 defa döngü akımı anahtarlaması yapılmıştır.

#### 5.1.2.3.2 Bara şarj akımının anahtarlanması

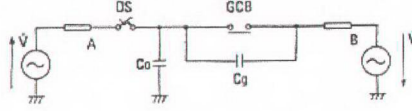
Bara Şarj akımının anahtarlanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli faktör ani gerilim dalgalarıdır. Özellikle ani arklar ayırıcı elektrotlarında anlık kısa devre periyotlarına neden olur. Bu tür gerilim dalgaları ayırıcı'da toprak arızası ve elektrot yüzeylerinde maksimum değerlere ulaşan salınımları ortaya koyabilir. Bu durum önlenmelidir (Nishiwaki S. vd., 1982).

EMTP kullanılarak gerçek çalışmalarda ortaya çıkabilecek olası gerilim dalgaları hesaplanmıştır. Hesaplamada ayırıcının yük tarafına 1,0 p.u.'luk bir gerilim uygulanması durumunda, güç kaynağı tarafında ters polariteli bir ani tepe geriliminin ortaya çıkmış olduğu kabulü yapılmıştır. 47 olası devre üzerindeki analizler 1,26 – 3,93 MHz frekanslarda 2,11 p.u. maksimum gerilimde gerçekleştirilmiştir.

Bunlardan sonra 2 test yapılmıştır. İlk test direkt olarak yapılandır. Belirli şarj akımlarını sağlamak amacıyla bir yük kapasitörü içeren ve ani gerilim dalgalarında devre sabitini de ifade etmek için yaklaşık 2,11 p.u. değerini sağlayan bir test devresi tasarlanmıştır. Kapasitör grupları test trafosundan şarj edilerek ayırıcıyı direkt olarak test etmek için 200 tane anahtarlama yapılmıştır. Ani gerilimlerin ortaya çıkmasıyla oluşan fazlar rast gele olarak meydana geldiklerinden dolayı gerçek işletim durumlarında teorik maksimum aşırı gerilim dalgaları, seyrek olarak ortaya çıkar ve gerçekte 1,5 p.u. değerinin altındadır. Sadece 2 kere diğer değerler, daha düşük değerlere inmiştir. Testler herhangi bir toprak arızası olmaksızın gerçekleştirilmiştir. Testlerden elde edilen sonuçlar ise oldukça iyidir.

İkinci test yapay bir testtir. Ayırıcının elektrotları test gerilimi ile kırılmaya izin verilen maksimum elektrot ayırma noktasında sabitlenmiştir. Böylece ayırıcı için şartlar zorlaştırılmıştır. Eş zamanlılık elde edilerek ters polaritenin tepe değeri ve güç frekans değerlerinde tamamen yavaş geçişli aşırı gerilim dalgası sağlanmıştır. Bu testte ayırıcı elektrotlarının ortasına yerleştirilen flamanın toprak seviyesine yetişmediği de doğrulanmıştır.





Şekil 5.4 Faz dışı durumu altındaki ani gerilim dalgası

Böylece yapay bir test uygulayarak bir ispatlama testi gerçekleştirilmiştir. Ayrıcı elektrotları maksimum aşırı gerilimlerin oluşumuna izin vermemek için seçilen uzun bir hava aralığı ile sabitlenmişlerdir. Güç frekans gerilimi güç kaynağı tarafından uygulanmış ve gerilim, yük kısmından faz dışı bir gerilime dönüştürülmüştür. Bunun bir sonucu olarak elektrotlar arasındaki flama elektrotları uygun biçimde şekillendirilerek stabil hale getirilmiş ve toprak atlamalarından dolayı herhangi bir zararın ortaya çıkmayacağı ispatlanmıştır.

#### 5.1.2.4 İzolatörler

İzolatörlerin uzun süreli güvenilirliği için epoxy reçine-temelli sökülüp takılabilir kısımlar, iletken destekleme izoleli yüzeyler ile işletim demirleri uzun süreli uygulama testlerine tabi tutulmuşlardır. Daha önceden de 550 kV ve 1110 kV'luk üniteler için gerçek boyutlarda uzun süreli uygulama testleri gerçekleştirilmiştir.

Epoksi reçinenin ömrü gerilimin 16. kuvveti ile ters orantılıdır. Bu teoriye göre bir yıl için çalışma geriliminin 1,3 katı test gerilimine tabi tutmak 66 yıl işletme gerilimine tabi tutmaya eşdeğerdir (Honda vd., 1984).

Temel tasarım kavramları gelenekseldir. 800 kV'luk GIS'in güvenilirliğini kontrol etmek için bütün izolatör tipleri sadece gündüz zamanlarında 500 A'lık akımla beslenir. Nominal gerilimin 1,3 katı daha gerilim uygulanarak sıcaklık çevirimlerini içeren uzun süreli akım-gerilim testlerine tabi tutulmuşlardır.

#### 5.1.2.5 Tutucular

800 kV GIS'ler için ZnO elementlerini kullanan aralıksız aşırı gerilim tutucular işletmeye alınmıştır. Tutucu 1400 kV, 10 kA'den az veya 1440 kV ve 20 kA'den az değerlerde nominal artık gerilimlerde çalışacak biçimde dizayn edilmiştir. 800 kV'luk tutuculara ait elemanlar,

deşarj gerilim etkilerine neden olan ve aşırı akımlar ile dahili endüktanslarının artış olasılığını içeren düşük nominal değerli tutuculardan daha uzundur.

## 5.2 Hibrid Şalt Tesisleri

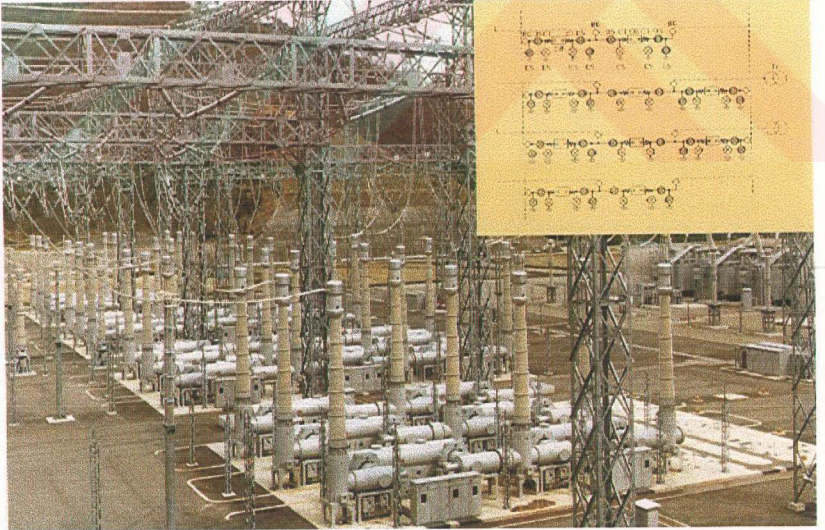
Konvansiyonel şalt tesisinin parçaları ve kapsüllenmiş SF6 tesislerinin komponentlerinin kombinasyonlarından oluşur. Özellikleri farklı olan Hava ve SF6 izolasyon malzemesine sahiptir.

Bu tesisler iki farklı dizayna sahiptir:

Baralar ve bara ayırıcıları konvansiyonel, geri kalan kısımlar GIS sistemine göre dizayn edilirler.

Baralar ve bara ayırıcıları GIS, diğer kısımlar Konvansiyonel sistemine göre dizayn edilirler.

Yer problemi olan yerlerde ikinci durum daha çok tercih edilir. Hava İzoleli Şalt tesislerinin ilave yer olmaksızın genişletilmesi sadece GIS'te kullanılan komponentlerle mümkündür.

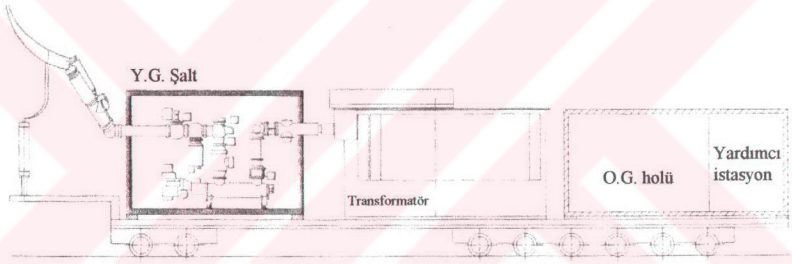


Şekil 5.5 Kansai Elektrik Power Şirketi tarafından Seiban'da kurulan 550 kV, 4000 A hibrid GIS (1979)

### 5.3 Konteyner Tipi Taşınabilir İstasyon

SF<sub>6</sub> izoleli YG İstasyonları çelik saç konteyner veya prefabrik inşaat mahfazalı olarak yapılırlar. Bu istasyonlar istenilen yere taşınabilir. Ölçüler sistemin yapısına eşleştirmeye, adapte etmeye uygundur.

Konteyner istasyonunun düşük ağırlık ve görünüşü sayesinde taşınması kolaydır. Gerekliğinde konteynerler termal izolasyonlu, ısıtmalı, ışıklı, soket çıkışlı, kombine filtreli ve vantilatörlü olarak donatılır. İşletme personeli için istasyonun bütün kenarlarında giriş olabilir. Konteyner komplike olmayan bir tesiste kurulur ve herhangi bir gereksinim olduğunda lokal bina mimarlarının izniyle elde edilmeye sağlanır. Eğer istasyon tekrar kurulacaksa, hatta tesis ve konteynerin iskeleti tekrar kurmak istenirse taşınabilir ve yeniden kullanılabilir.



Şekil 5.6 Konteyner tipi taşınabilir istasyon

#### 5.3.1 Westmecklenburg da mobil konteyner istasyon

Bu istasyon Siemens tarafından Ekim 1994 de üç fazlı 110 kV konteyner tipi mobil istasyon şeklinde yapılmıştır. Başlangıçta iyi bir çözüm olup, uzun süre enerji problemini gidermiştir. Çoğu istasyonlar kısmen veya tamamen 15 yılda bir yenilenir. Yenileme anında asıl istasyonun devre dışı kaldığı süre içinde mobil istasyon kullanılarak enerji akışı kesintiye uğramadan sağlanır. Önemli özellikleri şunlardır:

- Minimum yer gereksinimi
- Kısa ikazda tamamlama ve hemen hazır bulunma
- 2 mevcut hazır bulunan 110/20 kV Trafo
- Mevcut 110kV iletim hattına direk bağlantı

### 5.3.2 Bir küçük kapasiteli jeotermal güç istasyonu için mini istasyon

Kaliforniya'da 50 MVA jeotermal güç istasyonunda bahar aylarında çok sıcak hava şartlarından dolayı kullanılmaktadır.

92 kV besleme sistemine sahip bir istasyon yüksek derecede yeterlilik içermeyen generatör transformatörle techiz edilir. Sistem aşağıdaki talepleri sağlamaktadır:

- Hızlı donanım ve yol verme için modüler dizayn
- 20 yıl bakım-dengeli
- Anormal iklim durumlarına, tuz yüklü atmosfere ve kum fırtınasına dayanıklı
- Tamamen termal izolasyon, ısklandırma, klima ve havalandırma sistemine sahip olma.

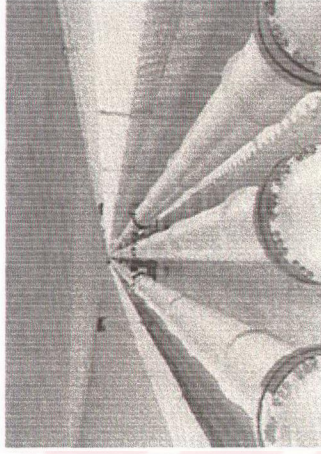
### 5.4 Gaz İzoleli Kablolar

Çok büyük akımlarda gaz izoleli baralarda kullanılan sistem, teknik boyutlar optimize edilerek GYK adıyla kullanılmaktadır. İlk kez 1971'de New York da işletmeye girmiştir. Boru gaz kablosu izole edici gazın yapısından ve iletken ile kapsul arasındaki mesafeden dolayı normal yer altı kablolarından daha küçük kapasiteye sahiptir.

Boru Gaz Kablosu destekleyici gövde ile kapsul içinde ortalanmış boru şeklinde bir alüminyum iletken oluşmuştur. İletkenler destekleyici izolatörle destekli olup gümüş kaplı parmak kontaklara soketlidir. İletken ve kapsul arasındaki SF<sub>6</sub> gazı basıncı 3-4 bar arasındadır. Isı transferi ışıma ve konveksiyon ile yapılmaktadır. Üç iletken boru müşterek bir dış kapsul içerisine yerleştirilerek üç fazlı dizaynlar da gerçekleştirilir. Bu şekilde daha az yer kaplar.

Boru gaz kablosu, genelde birkaç yüz metrelik kısa mesafelerde büyük güçlerin çok yüksek gerilimlerde iletilmesinde kullanılır. Bu kısa mesafeler Transformatör-Şalt tesisi arası, Havai hat-Şalt tesisi arası ve Havai hatların kesiştiği yerler olabilir.

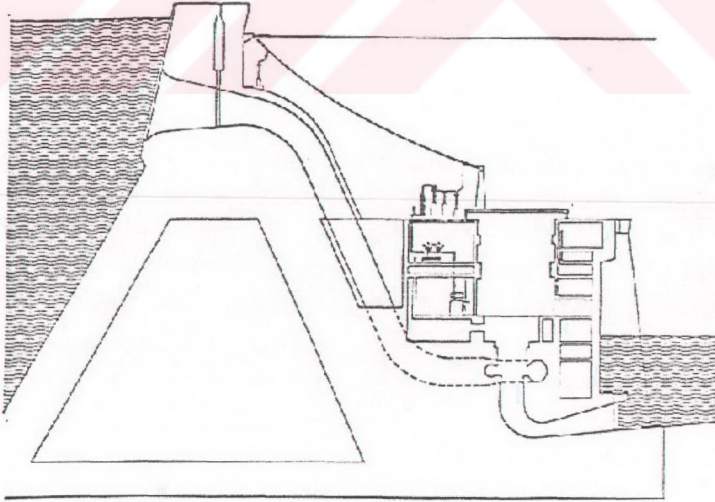
Bu kablolar montajı çok zor olacak bazı uygulamalarda işi çok basitleştirmekte ve hatta maliyeti daha az olabilmektedir.



Şekil 5.7 Boru gaz kablosu

### 5.5 Güç Santrallerinde SF<sub>6</sub> Kullanımı

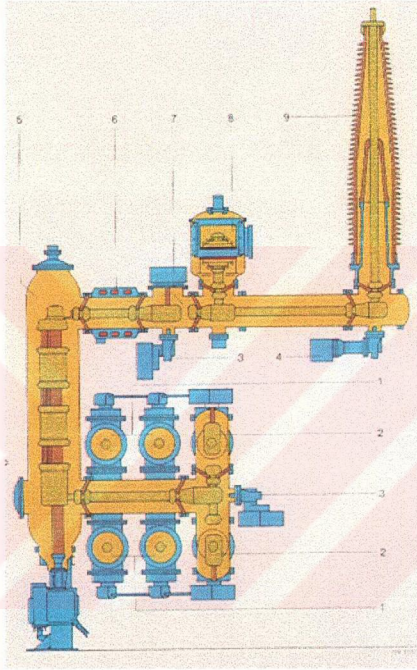
SF<sub>6</sub> teknolojisi trafo merkezlerinden sonra Hidroelektrik ve Termik santrallerde de kullanılmaya başlamıştır. Böylece Santral montajlarında yeni olanaklar elde edilmiştir.



Şekil 5.8 Itaipu hidroelektrik santrali

Gaz izoleli Şalt tesisi direk olarak Generatör ve Transformatör grubuna monte edilir. Böylece montaj ve işletme bakımından kolaylık sağlar ve daha az alan kaplar. Yer kazancı Kontrol, Kumanda ve Kontrol için kullanılan kablo miktarını önemli ölçüde azaltır.

### 5.6 Dünyada Halen İşletme İçinde Bulunan Mevcut GIS-Tesislerinden Örnekler



- 1- Bara
- 2- Bara ayırıcısı
- 3- El ile veya motor ile kurmalı toprak ayırıcı
- 4- Yüksek hızlı toprak ayırıcı
- 5- Güç şalteri
- 6- Akım transformatörü
- 7- Fider ayırıcı
- 8- Gerilim transformatörü
- 9- SF<sub>6</sub> / hava buşingi

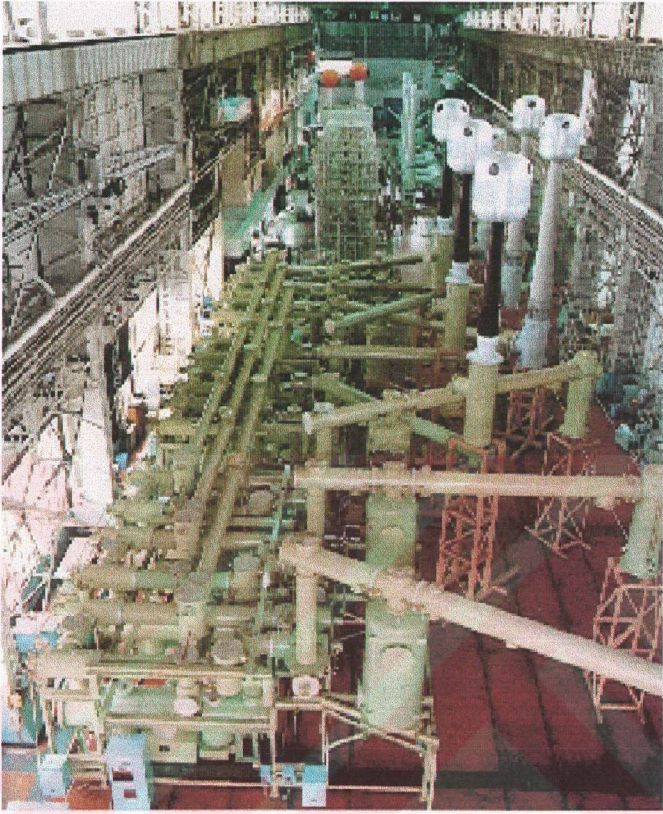
Şekil 5.9 BBC Brown Boveri firmasına ait 525 kV GIS fider kesiti

Şekil 5.9'da tipik bir 525 kV çift bara sistemi görülmektedir. Kesici duruma göre dikey veya yatay olarak yerleştirilebilir. Baralar, ayırıcılar, akım ve gerilim trafoları ve kablo başlıkları standart modüller halinde olduğu için her türlü isteklere uyumludur.



Şekil 5.10 Binanın bodrum katında yapılan GIS tesisi

Yeni mesken mahallerinde, Endüstrinin büyük yapılarında, umumi daireler ve trafik akış yerlerinde yer probleminin dolayı bu tür uygulamalara gidilir. Böylelikle Elektrik enerjisi Yüksek gerilimlerde tüketici merkezlerine iletilir.

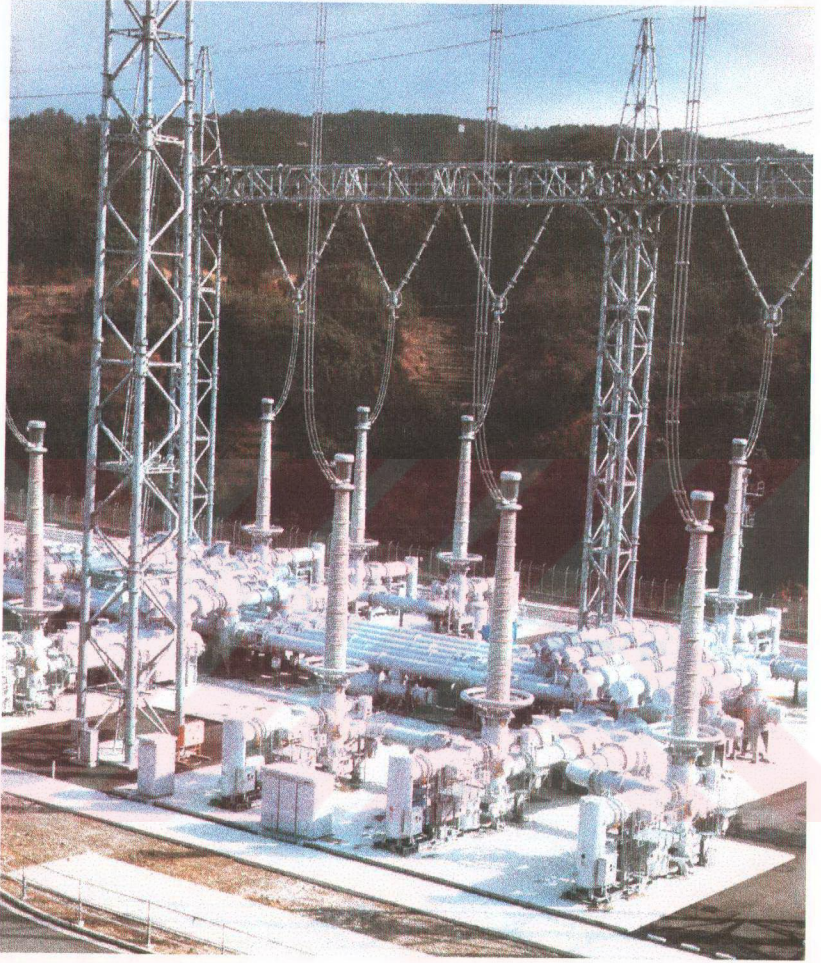


Şekil 5.11 550 kV GIS'in fabrikadaki montajı





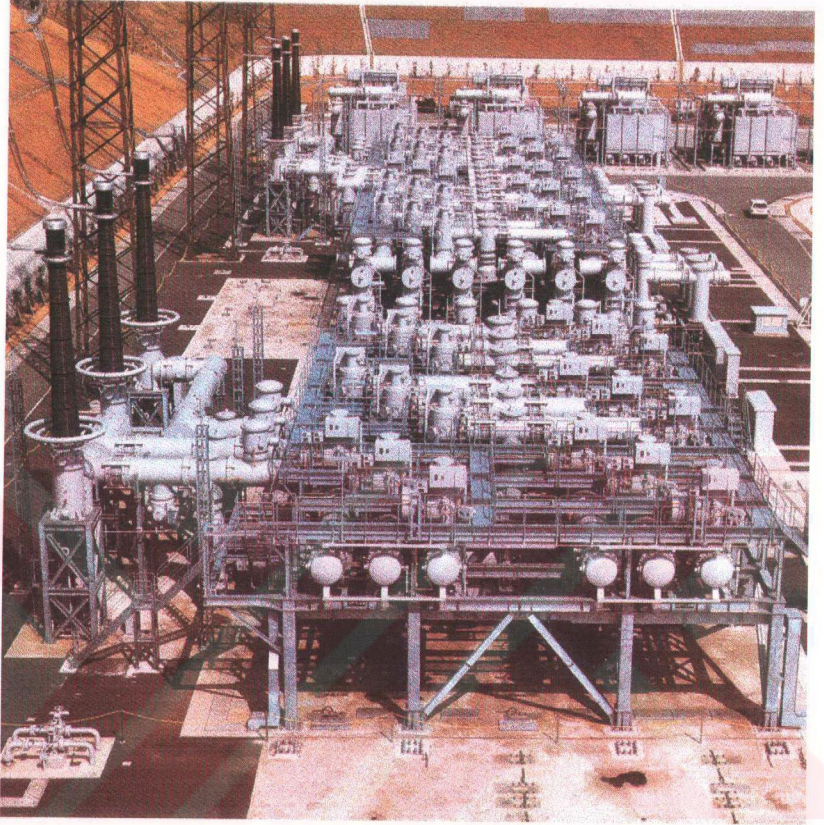
Şekil 5.12 BBC Brown Boveri firmasının yaptığı 550 kV GIS



Şekil 5.13 Toshiba firmasının yaptığı 550 kV – 8000 A GIS



Şekil 5.14 Toshiba firmasının yaptığı 550 kV - 8 kA Higashi Tokyo istasyonu



Şekil 5.15 Toshiba firmasının yaptığı 362 kV GIS

## 6. TÜRKİYE'DE SF<sub>6</sub> GAZ İZOLELİ İSTASYONLARIN KONUMU

Dünyada son 40 yıldır uygulanmasına rağmen; Türkiye'de enerji tüketiminin az olması, büyük şehirlerdeki nüfus yoğunluğunun önceleri fazla olmaması bu teknolojinin kullanımını geciktirmiştir. Elektrik enerjisinin üretimi ve iletiminde yetkili olan TEAŞ bünyesinde müteahhit firmalara ihale yoluyla yaptırılmış ve hala inşaatı devam eden GIS'ler mevcuttur. Şu anda yapımı devam eden GIS'ler İstanbul Yıldıztepe ve Bahçelievler semtlerinde olup anahtar teslimi olarak Güneş A.Ş. firmasına yaptırılmakta; daha önceden yapılmış olan Topkapı ve Kasımpaşa GIS'lerde ise GEC ALSTHOM (AEG) tarafından ilave yapılmaktadır.

Bundan önce ise 1996 yılında yapımı başlayan 5 adet İstanbul ve 1 adet İzmir deki GIS'lerin İstanbul-Göztepe haricindekiler SIEMENS tarafından tamamlanmıştır. Bir önceki yapılan GIS'ler ise AEG (şu anda GEC ALSTHOM) tarafından Şişli, Bahribaba, Kuşadası, Soğanlık ve Kasımpaşa da yapılmıştır. Bunların dışında İstanbul, İzmir, Ankara ve İzmit'te teknolojisini eski olan başka 154 kV GIS'ler de vardır.

Bu mevcut GIS'lerden örnek olması açısından 1996 yılında yapımı başlayan İstanbul Selimiye GIS incelenip, bazı kesitleri gösteren fotoğraflarıyla beraber aşağıda kısaca anlatılmıştır.

### 6.1 İstanbul-Selimiye GIS

İstanbul'un Avrupa yakasında Altunizade Kadıköy yolu üzerinde TEAŞ adına müteahhit firma Siemens-Simko konsorsiyomu yükümlülüğünde inşaa edilmiştir.

Anahtar Teslim bedeli 5.170.000 USD olup, 154 kV 2x50+1x100 MVA Trafo, 3 adet 170 kV Trafo fideri, 2 adet 170 kV Kablo fideri, 14 adet 34 kV Metalclad fider ve 45 adet 10.5 kV Metalclad fider den oluşmaktadır. İşletmeye 1998 yılı sonunda açılmıştır. Ayrıca 1998 yılı içinde Ümraniye T.M.- Selimiye GIS arasında 154 kV yeraltı Kablosu çekilmiş ve şu anda işletmeye alınmıştır.

Bina Bodrum kat, Zemin kat ve Birinci kat olmak üzere üç kattan oluşmaktadır. Bodrum kat tamamen Kablo galerisi olup, kanallar üzerindeki kablolar dışında sadece su tesisatı ile ilgili 5 tonluk su deposu ve hidrofor bulunmaktadır. Zemin katta GIS , Trafo odaları (TR1 , TR2 , TR3), 11 kV O.G. holü, 34 kV O.G. holü, Nötr direnç odası, Akü odası, 2 adet Yardımcı

servis trafoları odası ve Atölye odası vardır. Birinci katta ise Kontrol odası, Ofis, WC, Banyo ve Mutfak bulunmaktadır.

Bina 25x45 m'lik bir alana oturmaktadır. Bina içindeki önemli odalardan olan GIS odası 20x11 m, 34 kV OG holü 20x5 m, 11 kV OG holü 21x7 m ve her bir Trafo odası ise 12x7.5 m'lik bir alana sahiptir.

Bütün GIS, Trafo odaları, OG holleri, Kontrol odası vb. tüm yerlerin kontrol, koruma ve güç kabloları bodrum katta toplanmıştır. Bu sayede diğer katlarda daha az kablo kullanılarak iyi bir görünüm sağlanmış, sistemin kontrolü ve güvenilirliği artmıştır.

Topraklama için çok özen gösterilmiştir. Bina çevresi, açık şalt ve ringler arası bağlantıda zemine en az 50 cm derinlikte ve Bodrum kat ve YG-OG kablo kanallarında 120 mm<sup>2</sup> Elektrolitik bakır kullanılmıştır. Temel tabanından 5 cm yukarıda, Betonarme döşeme içerisine, Kolonlardan, üst döşemelere ve çatıya çıkarak Faraday kafesini tamamlayacak, 40x3 mm<sup>2</sup> Galvaniz şerit, Ana topraklama iletkeni olarak Eşpotansiyel barası ve nötr direnç odası için 40x5 mm<sup>2</sup> ve güç trafosu için 40x10 mm<sup>2</sup> bakır lama kullanılmıştır. Binada faraday kafesi oluşacak şekilde topraklama yapılmış, çatıya dört adet yıldırım yakalama ucu konulmuştur.

Yangın türü olaylara karşın Kontrol odasına 8 zonlu yangın ihbar santralı konulmuştur. Odaların konumuna göre optik duman dedektörü, İyonizasyon tipi duman dedektörü ve Sıcaklık artış hızı dedektörü kullanılmış, giriş holüne ihbar kornası ve ihbar butonu konulmuştur.

### 6.1.1 İstanbul-Selimiye GIS'e ait kesitler



Şekil 6.1 Dış görünüş



Şekil 6.2 Dış görünüş



Şekil 6.3 Birinci kat - kontrol odası, görevli tablocu personele ait masalar, yangın ihbar santrali ve trafo yangın koruma panoları



Şekil 6.4 Birinci kat - kontrol odası





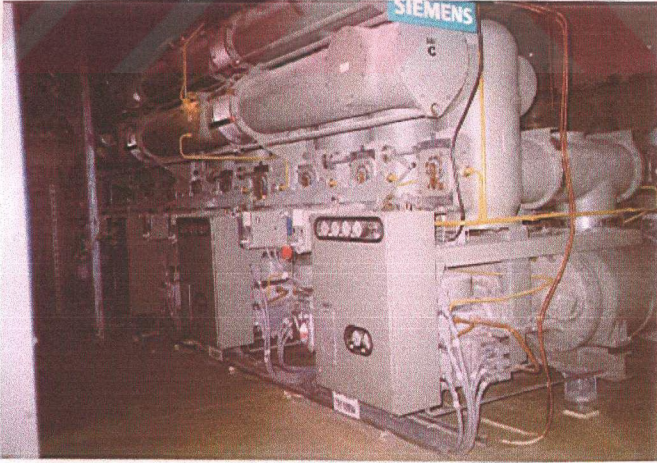
Şekil 6.5 Birinci kat - kontrol odası



Şekil 6.6 Zemin kat - 10,5 kV O.G. holü



Şekil 6.7 Zemin kat - 34,5 kV O.G. holü



Şekil 6.8 Zemin kat - GIS odası



Şekil 6.9 Zemin kat - GIS odası



Şekil 6.10 Zemin kat - GIS odası



Şekil 6.11 Zemin kat - GIS odası



Şekil 6.12 Bodrum kat - kablo galerisi Y.G. kabloları



Şekil 6.13 Bodrum kat - kablo galerisi



Şekil 6.14 Bodrum kat - kablo galerisi

## 6.2 Türkiye’de Mevcut 154 kV Trafo Merkezlerinin Fiyatlandırılması

Aşağıdaki fiyat listelerinde:

- Proje, kontrollük, taşıma giderleri ve genel giderler malzeme birim fiyatlarına dahil edilmiştir.
- Arazi giderleri her trafo merkezinin yapılacağı bölgeye göre çok değişiklik arzettiğinden birim fiyatlarına dahil edilmemiştir.
- Bu fiyatlara KDV dahil edilmemiştir.

Çizelge 6.1 154/34,5-15,8-6,3 kV Güç trafosu tesisi

USD

Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+ Mont. Birim Fiyatı (MT)+(M O)=D	Toplam Fiyatı Miktar xD
Güç Trafosu 100 MVA	Adet	1	717.229	13.553	730.782	A=1xD
Güç Trafosu 50 MVA	Adet	1	449.892	10.285	460.177	A=1xD
Güç Trafosu 25 MVA	Adet	1	290.000	4.000	294.000	A=1xD
Parafüdr (Y.G.)	Adet	3	2.193	269	2.462	7.386
Parafüdr (O.G.)	Adet	3	307	80	387	1.161
İnşaat İşleri						7.500
Çelik Konstrüksiyon	Ton	2	838	191	1.029	2.058
İşlet. Alma Giderleri						1.000
<b>GENEL TOPLAM =A + 19.105</b>						

1999 Yılı birim fiyatı

Not: A değeri = Trafo Gücüne bağlı olarak alınacaktır.

Çizelge 6.2 154 kV Kuplaj fideri

USD

Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO)=D	Toplam Fiyatı Miktar x D
Ayırıcı (2000 A)	Adet	2	6.694	746	7.440	14.880
Kesici (2000 A)	Adet	1	35.326	2.247	37.573	37.573
İnşaat İşleri						6.250
Çelik Konstrüksiyon	Ton	3	838	191	1.029	3.087
Kablaj		1	2.900	1.300	4.200	4.200
Ölçü Ve Koruma Tesisleri		1	9.500	100	9.600	9.600
İşletmeye Alma Giderleri						2.000
<b>GENEL TOPLAM = 77.590</b>						

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.3 154 kV Trafo fideri (2 ana baralı)

USD

Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO)=D	Toplam Fiyatı Miktar x D
Ayırıcı (2000 A)	Adet	2	6.694	746	7.440	14.880
Kesici (2000 A)	Adet	1	43.957	2.348	46.305	46.305
Akım Trafosu	Adet	3	5.531	192	5.723	17.169
Mesnet İzolatörü	Adet	3	329	88	417	1.251
İnşaat İşleri						6.250
Çelik Konstrüksiyon	Ton	3	838	191	1.029	3.087
Kablaj		1	3.000	1.500	4.500	4.500
Ölçü ve Koruma Tesisleri		1	16.781	141	16.922	16.922
İşletmeye Alma Giderleri						2.000
<b>GENEL TOPLAM</b>						<b>112.364</b>

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.4 154 kV Çıkış fideri (2 ana baralı)

Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+ Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO) =D	Toplam Fiyatı Miktar x D	USD
Ayırıcı (Normal) (2000 A)	Adet	2	6.694	746	7.440	14.880	
Ayırıcı (Toprak Bıçaklı)	Adet	1	6.996	801	7.797	7.797	
Kesici (Tk )	Adet	1	43.957	2.354	46.311	46.311	
Akım Trafosu	Adet	3	5.531	192	5.723	17.169	
Gerilim Trafosu	Adet	3	5.330	184	5.514	16.542	
Dalga Tıkacı	Adet	2	5.518	314	5.832	11.664	
Mesnet İzolatörü	Adet	6	329	88	417	2.502	
Kuranportör	Adet	2	8.300	800	9.100	18.200	
İnşaat İşleri							20.500
Çelik Konstrüksiyon	Ton	3	838	191	1.029	3.087	
Kablaj		1	3.000	1.500	4.500	4.500	
Ölçü Ve Koruma Tesisleri		1	16.781	141	16.922	16.922	
İşletmeye Alma Giderleri							2.000
<b>GENEL TOPLAM</b>							182.074

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.5 15-30/0.4 kV Yardımcı servis trafo tesisi

Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+ Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO) =D	Toplam Fiyatı Miktar x D	USD
Kesici	Adet	1	2.721	308	3.029	3.029	
Ayırıcı	Adet	2	398	193	591	1.182	
Y.S. TRAFOSU 500 Kva	Adet	1	6.343	713	7.056	7.056	
Akım Trafosu	Adet	3	329	78	407	1.221	
İnşaat İşleri							1.000
Hücre	Adet	1	1.027	316	1.343	1.343	
Kablaj		1	400	100	500	500	
Ölçü Ve Koruma Tesisleri		1	8.000	145	8.145	8.145	
İşletmeye Alma Giderleri							1.000
<b>GENEL TOPLAM</b>							24.476

1999 Yılı birim fiyatı



Çizelge 6.6 30-15 kV Güç trafosu tesisi

							USD
Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO)=D	Toplam Fiyatı Miktar xD	
Güç Trafosu	TL/MVA	1	1.932	200	2.132	A=1xD	
Parafüdr (30 Kv)	Adet	3	307	81	388	1.164	
Parafüdr (15 Kv)	Adet	3	307	81	388	1.164	
İnşaat İşleri						2.000	
İşletmeye Alma Giderleri						1.000	
<b>GENEL TOPLAM = A + 5.328</b>							

1999 Yılı birim fiyatı

A değeri =Trafo Gücü (MVA)xD(USD/MVA) USD olarak hesaplanacaktır.

Çizelge 6.7 30-15 kV Trafo fideri (2 ana bara + transferli)

							USD
Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO)=D	Toplam Fiyatı Miktar xD	
Ayırıcı (2500 A)	Adet	4	801	193	994	3.976	
Kesici (2500 A)	Adet	1	8.354	308	8.662	8.662	
Akım Trafosu (2000 A)	Adet	3	329	78	407	1.221	
Mesnet İzolatörü	Adet	9	53	43	96	864	
İnşaat İşleri						4.650	
Hücre	Adet	1	1.028	316	1.344	1.344	
Kablaj		1	430	240	670	670	
Ölçü ve Koruma Tesisleri		1	7.959	72	8.031	8.031	
İşletmeye Alma Giderleri						1.000	
<b>GENEL TOPLAM</b>							30.418

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.8 30-15 kV Transfer fideri (2 ana bara +transferli)

						USD
Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+ Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO) =D	Toplam Fiyatı Miktar xD
Ayrırcı (2500 A)	Adet	3	399	193	592	1.776
Kesici (1250 A)	Adet	1	2.725	308	3.033	3.033
Mesnet İzolatörü	Adet	9	53	43	96	864
İnşaat İşleri						4.650
Hücre	Adet	1	1.028	316	1.344	1.344
Kablaj		1	430	260	690	690
Ölçü ve Koruma Tesisleri		1	4.446	25	4.471	4.471
İşletmeye Alma Giderleri						1.000
<b>GENEL TOPLAM</b>						<b>17.828</b>

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.9 30-15 kV Kuplaj fideri

						USD
Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+ Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO) =D	Toplam Fiyatı Miktar xD
Ayrırcı	Adet	2	399	193	592	1.184
Kesici	Adet	1	2.725	308	3.033	3.033
Akım Trafosu	Adet	3	329	78	407	1.221
Mesnet İzolatörü	Adet	9	53	43	96	864
İnşaat İşleri						4.650
Hücre	Adet	1	1.028	316	1.344	1.344
Kablaj		1	430	260	690	690
Ölçü ve Koruma Tesisleri		1	7.500	25	7.525	7.525
İşletmeye Alma Giderleri						1.000
<b>GENEL TOPLAM</b>						<b>21.511</b>

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.10 30-15 kV Çıkış fideri (2 ana bara + transferli)

							USD
Giderin Cinsi	Birim	Miktar	Malzeme Birim Fiyatı (MT)	Montaj Birim Fiyatı (MO)	Malzeme+ Mont. Birim Fiyatı (MT)+(MO) =D	Toplam Fiyatı Miktar xD	
Ayırıcı (Normal)	Adet	3	399	193	592	1.776	
Ayırıcı (Toprak Bıçaklı)	Adet	1	577	202	779	779	
Kesici	Adet	1	8.354	308	8.662	8.662	
Akım Trafosu	Adet	3	329	78	407	1.221	
Mesnet İzolatörü	Adet	9	53	43	96	864	
İnşaat İşleri						4.650	
Hücre	Adet	1	1.028	316	1.344	1.344	
Kablaj		1	430	260	690	690	
Ölçü ve Koruma Tesisleri		1	5.159	73	5.232	5.232	
İşletmeye Alma Giderleri						1.000	
<b>GENEL TOPLAM = 26.218</b>							

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.11 154 kV XLPE 1000 mm<sup>2</sup> Yeraltı kablosu

		USD
KABLO (3 FAZ) (1 km)		
YARDIMCI MALZEMELER		
TESİS YAPIMI		
GENEL GİDERLER		
<b>Anahtar teslim Bedeli =</b>		<b>1.500.000 USD/km</b>

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.12 154 kV XLPE 630 mm<sup>2</sup> Yeraltı kablosu

USD

KABLO (3 FAZ) (1 km)  
YARDIMCI MALZEMELER  
TESİS YAPIMI  
GENEL GİDERLER

**Anahtar teslim Bedeli = 1.350.000 USD/km**

1999 Yılı birim fiyatı

## Çizelge 6.13 Anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezi

USD

**154 kV 2 x 100 MVA GIS TM**  
4 Adet 170 kV Trafo fideri  
4 Adet 170 kV Hat Fideri  
1 Adet 170 kV Kuplaj Fideri  
56 Adet 34 kV Metalclad Fider

**Anahtar teslim Bedeli = 7.318.000 USD**

1999 Yılı birim fiyatı

## Çizelge 6.14 Anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezi

USD

**154 kV 2 x 50+1 x 100 MVA GIS TM**  
3 Adet 170 kV Trafo fideri  
2 Adet 170 kV Kablo Fideri  
14 Adet 34 kV Metakclad Fider  
45 Adet 10.5 kV Metalclad Fider

**Anahtar teslim Bedeli = 5.170.000 USD**

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.15 Anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezi

USD

<b>154 kV 2 x 50 MVA GIS TM</b>	
3 Adet 170 kV Trafo fideri	
2 Adet 170 kV Kablo Fideri	
43 Adet 10.5 kV Metalclad Fider	
<b>Anahtar teslim Bedeli =</b>	<b>4.030.000 USD</b>

1999 Yılı birim fiyatı

Çizelge 6.16 Trafo merkezi anahtar teslimi lojman tipleri fiyatlandırılması

USD

TRAFO MERKEZİ	LOJMAN TİPİ	DAİRE SAYISI	KALORİFERLİ	KALORİFERSİZ
380 kV	S3	6	105.323	94.791
154 kV	S3	6	105.323	94.791
154 kV	S3	4	78.922	71.093

1999 Yılı birim fiyatı

## 7. GIS VE KONVANSİYONEL TRAFİKO MERKEZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

### 7.1 Hava ve SF<sub>6</sub> Gaz İzoleli İstasyonların İzolasyon Sisteminin Mukayesesi

İstasyonlarda kullanılan izolasyon malzemeleri atmosfer, yağ ve SF<sub>6</sub> gazıdır. Burada atmosfer dış izolasyonu teşkil eder. SF<sub>6</sub> gazı ve yağ ise iç izolasyonu sağlar. Dış izolasyon çevre ile ilgili tesirlerden, hava basıncından, deniz seviyesine olan yükseklikten, nemlilik ve meteorolojik şartlardan etkilenir. İç izolasyon ise tüm bu faktörlerden etkilenmez. İç izolasyonun dielektrik dayanımı elektrodların biçimine ve izolasyon malzemesine bağlıdır.

Açık tip tesislerde dış izolasyon etkili olmasına karşın, GIS'lerde SF<sub>6</sub> hava geçişleri haricinde sadece iç izolasyon söz konusudur. GIS tesislerinin boyutlandırılması basınçlı SF<sub>6</sub> gaz izolasyonunun kabiliyetine bağlıdır.

### 7.2 GIS'lerde Maliyet ve Güvenirlilik

Gaz izoleli istasyonların şeması genellikle açık tip istasyonlara benzemektedir. Maliyeti düşürmek, onarım ve tesis işlemlerini kolaylaştırmak için bazı düzenlemeler yapılabilir. Ekonomik nedenlerden dolayı her işletmecinin kendi bünyesine uygun standart bir tesis tipi benimsemesi uygun olur. Böylece seri imalata gidilmesi ve minimum sayıda yedek malzeme bulundurulması mümkün olur. Maliyet ve güvenirlilik açısından SF<sub>6</sub> gaz basıncı miktarı değiştirilerek farklı tesis tipleri elde edilir. Aşağıda mukayese edebilme açısından yüksek ve alçak basınçlı SF<sub>6</sub> gaz izoleli tesisler anlatılmıştır.

#### 7.2.1 Yüksek basınçlı SF<sub>6</sub> kullanımı

SF<sub>6</sub> gazının elektrik dayanımı basınçla artar. Dolayısıyla yüksek basınçlarda daha küçük boyutlu tesisler elde edilir. Yalnız izoleli parçaların dielektrik dayanımının yüksek olması ve çevresel elektrik alanın homojen olması gerekmesi maliyeti yükseltir. İletken aralığı azaltıldığında istenilen gerilim düzeyi daha kompakt dizaynla elde edilir. Dielektrik dayanımı gaz basıncından daha düşük oranda artar.

Gaz basıncının yüksek olması homojen elektrik alan dağılımı sağlar ve bunun neticesi olarak homojen iletken biçimi bileşenleri ve mahfazasını temin etmek daha fazla dikkat ister. Metal Kapsülleme daha zor teşkil edilir ve sızıntı anında kaçak gaz miktarı daha fazla olur. Sızıntı sonucu bir damla SF<sub>6</sub> gaz basıncındaki değişim otomatik olarak dielektrik dayanımı etkiler.

Bu tesislerde işletme basıncı 4 bar (405 kPa) civarındadır. 4 bar gaz basıncının, şiddetli birkaç gaz sızıntısıyla tahminen 1 barın altına düşmesi dielektrik dayanımın azalmasına ve bu yüzden nominal değerinin % 75 civarına düşmesine neden olabilir.

### **7.2.2 Alçak basınçlı SF<sub>6</sub> kullanımı**

Tesisin daha büyük boyutlarda olmasına karşın daha hafif metal kapsülleme kullanılır. Dolayısıyla ilk maliyeti daha az olur. Sızıntı anında gaz basıncı daha yavaş azalır, dielektrik dayanımda yalnızca % 15 civarı kayıp verir. SF<sub>6</sub> basıncının atmosfer basıncına düşmesi halinde geçici olarak tesis kontrol edilebilecek şekilde dizayn edilir.

Pratikte yukarıdaki sebeplerden dolayı Alçak basınçlı tesisler kullanılır. Tesisler daha büyük gerilimler için dizayn edilirse SF<sub>6</sub> basıncı değiştirilerek istenilen işletme gerilimine geçilebilir.

### **7.3 Türkiye’de Bulunan 154 kV Hava İzoleli Trafo Merkezleri**

İndirici Trafo Merkezlerinde 154/34,5 - 15,8-6,3 kV değerlerindeki Güç Trafoları kullanılır. Güç transformatörü ve büyük nominal değerler için kesici ve ayırıcı gibi teçhizatlar açık alanda bulunur. Fiderler arasındaki bağlantı alüminyum baralar ile sağlanır. İnşaat maliyetini korumak için fazlar arası ayırıcılar kullanılır. Akım trafoları kesici ile olan geçişlerde bulunur. Gerilim trafoları ayrı olarak inşa edilmelidir. Bina içinde sadece kontrol, kumanda ve koruma panoları, akü odası, redresör ve kübik tip O.G. hücrelerini kapsayan O.G. holü bulunur. Açık şaltlar atmosferik şartlardan ve kirlilikten en az etkilenecek şekilde dizayn edilirler. Bu şartların en ağır olduğu yerlerde kısmen kapatılabilirler. Büyük bir alan gereksinimi ve inşaat maliyetlerinin yükselmesi gözönüne alınarak sistem SF<sub>6</sub> Gaz izoleli ve hava izoleli istasyonlar arasında maliyet ve güvenilirlik kıyaslamaları yapılır. Bunun neticesinde GIS’lerde tercih edilebilir.

### **7.4 Türkiye’de Mevcut Olan 154 kV Hava ve SF<sub>6</sub> İzoleli İstasyonların Maliyet Açısından Mukayesesi**

Her iki tip istasyonunun maliyet açısından mukayesesinde 6.2 nolu konudaki birim fiyatlar dikkate alınmıştır. Buradaki birim fiyatların kullanılmasına ait açıklamalar aynı şekilde geçerli olup, aşağıda tekrar belirtilmiştir:

- Proje, kontrollük, taşıma giderleri ve genel giderler malzeme birim fiyatlarına dahil edilmiştir.
- Arazi giderleri her trafo merkezinin yapılacağı bölgeye göre çok değişiklik arzettiğinden birim fiyatlarına dahil edilmemiştir.

Mukayese esnasında 6.2 nolu konu içerisinde yer alan anahtar teslimi gaz izoleli trafo merkezleri başlıklı tablo 6.13 deki teçhizat ve değerleri baz alalım.

Bu tabloda;

154 kV	2 x 100 MVA	Güç transformatörü	
170 kV	4 adet	Trafo fideri	
170 kV	4 adet	Hat fideri	
170 kV	1 adet	Kuplaj fideri	
34 kV	56 adet	Metalclad fider	den

oluşan GIS'in anahtar teslim bedeli 7.318.000 USD dir.

Aynı cihazlardan oluşan açık trafo merkezinin maliyetini ise tablolardaki birim fiyatlardan hesaplayabiliriz. Yalnız açık tip trafo merkezlerinde O.G. için Metalclad fiderler yerine, metalclad fiderlere göre daha az fiderden oluşan, yük durumuna göre kesici, ayırıcı ve bara kesitleri ayarlanabilen ve montajı sahada yapılan kübik tip O.G. holü kullanılır. Burada 56 adet yerine 25 adet O.G. fideri kabul edilecektir.

154 kV	2 x 100 MVA	Güç Trf	= 730.782 x 2 =	1.461.564
170 kV	4 adet	Trafo fideri	= 112.364 x 4 =	449.456
170 kV	4 adet	Hat fideri	= 182.074 x 4 =	728.296
170 kV	1 adet	Kuplaj fideri	= 77.590 =	77.590
34 kV	2 adet	Trafo fideri	= 30.418 x 2 =	60.836
34 kV	1 adet	Transfer fideri	=	17.828
34 kV	1 adet	Kuplaj fideri	=	21.511
34 kV	1 adet	Ölçü fideri	=	15.670
34 kV	20 adet	Çıkış fideri	= 26.218 x 20 =	524.360
		Genel Toplam	=	3.357.111 USD

USD değerini 470.000 olarak kabul edip TL bazında karşılaştıralım:



Gaz İzoleli Trafo Merkezi =  $7.318.000 \times 470.000 = 3.439.460.000.000$  TL.

Hava İzoleli Trafo Merkezi =  $3.357.111 \times 470.000 = 1.577.842.170.000$  TL.

Bu fiyatlara KDV dahil değildir. KDV değeri ilave edildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

Gaz İzoleli Trafo Merkezi =  $3.439.460.000.000 \times 1,15 = 3.955.379.000.000$  TL.

Hava İzoleli Trafo Merkezi =  $1.577.842.170.000 \times 1,15 = 1.814.518.496.000$  TL.

Burada görüldüğü gibi arazi giderleri dahil edilmediğinde konvansiyonel tesisler GIS'lere göre % 69 daha ucuzdur. Ayrıca GIS'lerde ileride kullanılması düşünülen fiderler konvansiyonel tesislerde yeri boş bırakılarak, daha sonra ilave edilebilir. Bu da o an için maliyeti biraz daha düşürür. Hava izoleli sistemde O.G. fiderleri için bu durum dikkate alınmıştır. Zirâ, kübik tip O.G. hücreleri fazla seçildiğinde bina alanı çok fazla büyüyecek, alan ve maliyeti gereksiz yere artacaktır.

## 8. SONUÇ

Trafo merkezlerinde metal mahfaza ve SF<sub>6</sub> tekniği sayesinde çok az alan gereksinimi yüksek işletme emniyeti ve şehir merkezlerinde çevreye daha iyi uyum sağlama gibi birçok avantajlar elde edilir.

Kesme iletim ve izolasyon hakkındaki temel çalışmalar ve hava geçirmezlik mahfaza üretimi ve dağıtıma ilişkin temel teknikler GIS'lerin gelişmesinde büyük etkilere sahip olmuştur.

Mahfazalarda kullanılan Alüminyum dökümlerin yüksek kalitesi, ölçülerin hassasiyetinin bir garantisidir. Alüminyum kullanımı ayrıca mahfazadaki kayıpların azalmasını sağlar, manyetik etkilerden korur ve özel önlemler olmadan yüksek akımlarda uygulanmasına müsaade eder.

SF<sub>6</sub> gaz basınç miktarı değiştirilerek maliyet ve güvenilirlik açısından farklı tesis tipleri elde edilebilir. SF<sub>6</sub> gazının elektrik dayanımı basınçla arttığından dolayı, yüksek basınçlarda tesisler daha düşük boyutlu yapılabilmektedir. Yalnız izoleli parçaların dielektrik dayanımlarının yüksek olması ve çevresel elektrik alanın homojen olması gerekmesi maliyeti yükseltir. İletken aralığı azaltıldığında istenilen gerilim düzeyi daha kompakt dizaynla elde edilir. Metal kapsülleme daha zor teşkil edilir ve sızıntı anında kaçak gaz miktarı daha fazla olur. Bu sebeplerden dolayı pratikte alçak basınçlı tesisler kullanılır. Tesisler daha büyük gerilimler için dizayn edilirse SF<sub>6</sub> basıncı değiştirilerek istenilen işletme gerilimine geçilebilir.

Bir SF<sub>6</sub> gaz izoleli istasyonun kapladığı alan ve hacim hava izoleli istasyona göre 10 kat daha azdır. İşletme gerilimi büyüdükçe yer tasarrufu da o kadar büyük olmaktadır. Tesisin işletme geriliminin yükseltilmesi veya ek ilavelerle genişletilmesi bakımından daha avantajlıdır. Hava izoleli sistemde ek tesis için yeterince yer olmadığında sadece SF<sub>6</sub> gaz izoleli komponentler kullanılarak çözüm bulunabilir. Bu tip hibrit şalt tesisleri bazı yerlerde uygulanmaktadır.

Yüksek gerilimli taşıma sistemlerinde GIS pek çok avantaja sahip olduğundan dolayı hızlı bir şekilde gelişmeler göstermiştir. Dahili tip tesislerde ve tali istasyonlara ait yer altı tesislerinde büyük avantajlar getiren kompaktlık özelliği gaz izoleli şalt tesislerinin en büyük meziyetlerinden biridir.

Metal mahfaza sistemi kısa mesafeli enerji iletimi içinde kullanılmaktadır. Transformatörle GIS tesislerinin bağlantısında havai hatlarının keştiği yerlerde ve havai hat ile bağlantının

mümkün olmadığı yerlerde büyük kolaylık sağlar. Boru gaz kabloları konvansiyonel kablolarla göre daha düşük bir enerji kesintisi sağlar ve daha fazla yüklenebilirliğe sahiptir. Yalnız maliyeti yüksektir.

Her hangi bir trafo merkezinin revizyonu sırasında veya belli dönemlerde enerji sıkıntısı olduğunda geçici olarak, seyyar taşınabilir tip SF<sub>6</sub> gaz izoleli küçük istasyonlar ile problem giderilebilir.

Diğer birçok potansiyel uygulama alanları yere bağlıdır. Örneğin, hidrolik santrallerde, GIS kullanımı şalt teçhizatının baraj gövdesine uygulanabilmesinden ötürü toplam bina maliyetlerinden önemli tasarruf sağlar. Bu aynı zamanda kontrol ve monitör sistemlerinin basitleşmesini ve santral mühendisliğinin kolaylaşmasını sağlar. Örneğin, Brezilya/Paraguay sınırında bulunan Itaipu Hidroelektrik santralinde ekonomik ve işletme açısından güvenilir tek çözüm 525 kV GIS kullanımı ile mümkün olabilmektedir. Bu ölçülerdeki santrallerde, inşaat işlerinden yapılabilecek tasarruf GIS'in toplam bedeline eşit olabilir.

Gaz izoleli istasyonlar Türkiye'de sadece büyük şehirlerde 154 kV indirici merkezler için uygulanmıştır. Özellikle İstanbul'da Selimiye, Bahçelievler, Bağcılar, Şişli gibi semtlerde açık tip Trafo merkezleri kurmak ve işletmek oldukça zordur. Bu semtlerde SF<sub>6</sub> teknolojisi sayesinde binalar arasında kalan daha küçük arsalarla trafo merkezleri kurulmuş daha iyi bir görünüm ve güvenilirlik sağlanmıştır. GIS ile ilgili teçhizat yurt dışında imal edilip parçalar halinde getirilmekte, yeterli ekip desteği sağlanarak sahada montajı yapılmaktadır. Açık tip trafo merkezlerine göre arazi giderleri dahil edilmediğinde % 69 daha pahalı olmakta ve montajı esnasında çalışan elemanların daha iyi teknik bilgiye sahip olması gerekmektedir. İleriki yıllarda Ülkemizde daha yüksek gerilimlerde ve hidrolik santraller gibi daha değişik alanlarda GIS'lerin gelişmesine paralel olarak uygulanması muhtemeldir.

GIS'ler büyük şehirler ve endüstri merkezlerinin ileride talep edilebilecek enerji taleplerini gidermede tek çözüm yoludur. GIS'lerin geliştirilmesi daha iyi sonuçlar verebilmesi için bilim adamlarınca çalışmalar devam etmekte SF<sub>6</sub> dışında daha elverişli gazlar incelenmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Abdel-Salam H., Abdel-Gavat K., Hamza ve Nagat M., (1994), Investigation Of Over Voltages In A Gas Insulated Substation (GIS) Caused By A Lightning Stroke, Energy Convers, Shoubra Zagazig University, 14 June 1994, Vol. 135, No.12: 1107–1116.
- AEG ETİ, (1996), Güç Transformatörleri, Ağustos 1996.
- Aldemir R., (1986), “SF<sub>6</sub> (Kükürt Heksaflorür) Gazı”, Kaynak Elektro Teknik Araç Gereç Sanayii Dergisi, Kasım 1986, Sayı 41.
- Anis H., (1989), Gas- Insulated Switcgear, Cairo University Gila Egypt.
- BBC Brown Boveri, SF<sub>6</sub> Gas Insulaited Switchgear (GIS).
- Electrical World, (1988), SF<sub>6</sub> Switchgear: A New Maintenance Ballgame Electrical World, August 1988.
- Holec, (1990), Trisep –Instruction Manuel, September 1990.
- Mardikyan K., (1996), Gaz Yalıtımlı İstasyonlar.
- Meppelink J., Diederich K., Feser K. ve Pfaff W., (1989), Very Fast Transients In GIS, IEEE Transactions On Power Delivery, January 1989, Vol. 4, No.1.
- Mitsubishi, (1987), Three-Phase-Enclosure SF<sub>6</sub> –Gas –Insulated Substations.
- Mizuno K., Tusutsumi M., Matsumura M. ve Yagi Y., (1995), Development Of Highly Reliable Control System For The Gas – Insulated Switchgear, IEEE Transactions On Power Delivery, January 1996, Voll. 11 No.1.
- Sevinç S, (1988), “Gaz Yalıtımlı Şalt ( GIS)”, Güç İletimi İçin Modern Yüksek Gerilim Teçhizatı.
- Siemens AG, (1997), Metal Enclosed Gas Insulated Switchgear SDP3 For Rated Voltage 170 Kv.
- Today. H., Ozoki Y. ve Miwa L., (1992), Development Of 800 Kv Gas – Insulated Switcgear, IEEE Transactions On Power Delivery, January 1992, Vol. 7 No.1.
- Toshiba, (1987), Center Of High Voltage And High Power Engineering.
- Trablus S., (1990), Gaz İzoleli İstasyon, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Ulusoy. H., (1993), “Sülfürhekzaflorid SF<sub>6</sub> Gazı”, Yüksek Gerilim Elektrik Malzemeleri ve Testleri: 8-13.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 15.12.1973

Doğum yeri Kütahya

Lise 1987-1991

Kütahya Teknik Lisesi  
Elektrik Bölümü

Lisans 1992-1996

Yıldız Teknik Üniversitesi  
Elektrik- Elektronik müh. Fak.  
Elektrik Bölümü

Yüksek Lisans 1996-1999

Yıldız Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik Bölümü

**Çalıştığı Kurumlar**

1997-1998

H. ÖZDİL Enerji, Taahhüt, Proje, Ticaret  
Sanayi A.Ş. - İstanbul

1998

ETİ BOR A.Ş. - Emet/Kütahya

1998-Devam ediyor

TÜRK TELEKOM - Kütahya

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**