

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK GERİLİM HATLARI İÇİN İZOLATÖR
MALZEME ÜRETİMİ VE KALİTE
KARAKTERİZASYONU**

Metalurji Müh. Mehmet TÜRKYURT

**FBE Metalurji ve Malzeme Müh. Anabilim Dalı Üretim Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof.Dr.Ahmet EKERİM (YTÜ)

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ.....	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE’DE ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI.....	2
2.1 Enerji İletim Sistemleri.....	3
2.2 Elektrik Dağıtım Sistemi	4
2.3 Elektrik Enerji İletim ve Dağıtım Sistemlerinde Sistem Kayıpları	5
2.4 Yüksek Gerilim Hatları ve Genel Özellikleri	6
2.5 Yüksek Gerilim Hatlarındaki Arızalar.....	7
2.6 Yüksek Gerilim Hatlarında Kullanılan İzolatörler	7
2.7 Yapıldığı Malzemenin Cinsine göre İzolatör Çeşitleri.....	8
2.8 İzolatörlerin Sınıflandırılması.....	12
2.8.1 Alçak Gerilim Hatlarında Kullanılan İzolatörler.....	12
2.8.1.1 Mesnet İzolatörler	13
2.8.1.2 Durdurucu İzolatör.....	13
2.8.2 Orta Gerilim Hatlarında Kullanılan İzolatörler	13
2.8.3 Yüksek ve çok yüksek gerilim hatlarında kullanılan izolatörler	13
2.9 Yüksek Gerilim hatlarının Topraklama Arızaları.....	14
2.10 Yüksek Gerilim Hatlarının Çevreye Etkisinin İncelenmesi	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1 Materyal	18
3.2 İzolatör ile ilgili Terim Açıklamaları.....	19
3.3 Yöntem	21
3.3.1 İzolatör Testleri.....	21
3.3.2 İzolatör Kirlenme Testleri.....	22
3.3.3 Suni Kir Kaplama Test Yöntemleri	22
3.3.4 Tabii Testler.....	23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	26

4.1	İzolatör Yapım Malzemelerine Göre Karşılaştırma	26
4.1.1	Cam ve Porselen İzolatörlerin Karşılaştırması	26
4.1.2	Silikon İzolatörlerin Özellikleri ve Deney Sonuçları	27
4.1.2.1	Standartlar	27
4.1.2.2	Yönetmelikler	28
4.1.2.3	Çalışma Koşulları	28
5.	SİLİKON İZOLATÖRLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ	29
5.1	İzolatör Tipleri	29
5.2	Elektriksel ve Mekanik Özellikler	29
5.3	Yapısal Özellikler	29
5.4	İzolatör Çekirdeği	30
5.5	İzolatörün Mahfazası ve Etekleri	30
5.6	İzolatörün Metal Tutturma Elemanları (Uç Parçaları).....	30
5.7	Boyutlar	30
5.8	Toleranslar	31
5.9	İşaretleme.....	31
5.10	İzolatör Rengi	31
5.11	Deneyler.....	31
5.11.1	Tasarım Deneyleri	32
5.11.2	Tip Deneyleri	32
5.11.3	Numune Alma Deneyleri.....	32
5.11.4	Rutin Deneyler.....	32
5.12	Numune Alma.....	32
5.13	Kabul Kriterleri.....	33
5.14	Kabul Deneylerine İlişkin Genel Kurallar	34
5.15	Kabul Deneyleri Dışındaki İnceleme ve Deneyler	34
6.	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	36
6.1	Göz ve Boyut Kontrolü.....	36
6.2	Kilitleme Sistemi Kontrolü.....	36
6.3	Spesifik Mekanik Yük Testi (SML)	36
6.4	Penetrasyon ve Arayüz Deneyi.....	36
6.5	İzlenebilirlik.....	36
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	38
	KAYNAKLAR.....	40
	ÖZGEÇMİŞ.....	42

SİMGE LİSTESİ

kV : Kilovolt

kWh : Kilowatt Saat

MVA : Megavolt Amper

MW : Megawatt

KISALTMA LİSTESİ

SML: Spesifik Mekanik Yük

TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

UT: Uğur Türkyurt A.Ş. Katalog

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Porselen izolatörlerin genel yapısı (UT Katalog, 2010).....	8
Şekil 2.2 Uygulamada görülen porselen izolatörler	9
Şekil 2.3 Zincir tipi cam izolatörler	10
Şekil 2.4 Silikondan yapılmış bir izolatör yapısı.....	11
Şekil 2.5 Kuş işgaline maruz kalmış bir enerji nakil hattı (TEİAŞ, 2010).....	15
Şekil 2.6 Kuş yuvası haline gelmiş bir enerji nakil hattı direği.....	15
Şekil 2.7 Ark meydana gelmiş bir enerji nakil hattı direği.....	16
Şekil 2.8 Faz geçişnin enerji nakil hattı direklerindeki duruşu	16
Şekil 3.1 Delinmeye Maruz Kalmış Bir Silikon İzolatör	20
Şekil 6.1 Deney tabi tutulan izolatörün takıma bağlantı şekli (UT, 2010).....	37

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Türkiye Trafo Adet ve Güçlerinin Primer Gerilimlerine Göre Dağılımı (TEDAŞ, 2009)	4
Çizelge 2.2. Dağıtım Hatlarının Uzunlukları (km) (TEDAŞ, 2009)	5
Çizelge 2.3. Dağıtım Trafolarının Adet ve Güçleri (TEDAŞ, 2009)	5
Çizelge 2.4. APPA Kayıp Oranları (TEİAŞ MYD, 2009)	5
Çizelge 3.1 Temiz izolatörlerde yapılan test sonuçları (TEDAŞ, 2009)	21
Çizelge 4.1 TEDAŞ ve TEİAŞ Şartnamesinin atıfta bulunduğu standartlar	27
Çizelge 4.2 İzolatörlerin Çalışma Koşulları (TEİAŞ, 2009)	28
Çizelge 5.1 Test ve kabul işlemleri için numune alma kriteri (IEC61109).....	33

ÖNSÖZ

Enerji talebinin önemli olduğu günümüzde temiz enerji üretimi ve enerji kayıplarının en aza indirilmesi hususu hayati önem taşımaktadır. Ülkemiz gibi enerji konusunda daha dışa bağımlı olan ülkelerin ortak sorunu, elektrik iletimindeki kayıpları en aza indirmek için milli imkanlarla tasarlanarak üretilen silikon izolatörlerin ülkemizde kullanımının yaygın hale getirilmesi son derece önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmamda bana çalışma fırsatını veren ve her zaman beni destekleyen ve yönlendiren, bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan Saygıdeğer Hocam Prof.Dr.Ahmet EKERİM' e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmam sırasında gerek bilgi gerekse deneyimlerini benimle paylaşan Sayın Hocam Prof.Dr. Bülent EKER' e, çalışmanın deney ve testlerini yaptığım Uğur Türkyurt A.Ş. Fabrikası Müdürü Metalurji Yüksek Mühendisi Sayın Aytuğ HACIOĞLU' na ve tüm fabrika personeline, benden manevi ve maddi olarak yardımlarını esirgemeyen ve her zaman destek olan aileme de teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamın Ülkemize ve bilime yararlı olmasını temenni ederim.

Kasım, 2010

ÖZET

Elektrik sektöründe kullanılan malzemelerin tasarım, üretim ve servis gereksinimlerin karşılanmasında güvenilir ve emniyetli kullanım koşullarının gerçekleştirilmesinde kalite sisteminin duyulan gereksinimi karşılamak için kullanılan standartlar mevcut olup, bu standartlarda ürünün uluslararası kabul görmesi amacıyla üretilmesi önemli bir araştırma konusudur. Üretilen izolatörlerin kalitesini güvence altına almak amacıyla işletme verilerine dayalı uygulamalı bir çalışma planlanmıştır. İşletme koşullarına uygun üretim, yönetim ve kalite sisteminin kurulması, çalıştırılması, gerekli eğitimlerin verilerek işletme personelinin bilgilendirilerek denetime hazırlanması için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Kalite için gerekli denetimler, kalite değişkenleri ve bunların üretim prosesi ile olan ilişkileri analitik olarak belirlenmiştir. Yüksek gerilim izolatörleri için gerekli sistem tasarlanmış, üretimi gerçekleştirilmiş ve kalite için ön görülen Elektrik Dağıtım A.Ş. şartnameleri ve bu şartnamelere veri oluşturan ulusal ve uluslararası standartlara uygun deneyler yapılmıştır. Kütlesi ve ağırlığı mevcutlara göre daha az, yalıtkanlığı yüksek, elektriksel özellikleri iyi ve kayıpları daha az yeni bir izolatörün kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İzolatör, üretim, kalite, yüksek gerilim.

INSULATOR MATERIAL PRODUCTION AND QUALITY CHARACTERIZATION FOR HIGH VOLTAGE LINES

ABSTRACT

Materials used in the electricity sector in design, production and service requirements to meet the conditions for the realization of reliable and safe use of the standards used to meet the need for provision of quality fog is present, the international acceptance of these standards in order to produce the product is an important research aşırma. Insulators produced with the aim of ensuring the quality of business data, a study is planned based on the practical. Business accordance with the terms of production, management and quality system installation, operation, providing the necessary training required for the preparation of operational control personnel informed, have been studied. Necessary for quality audits, quality variables and their relations with the manufacturing process are determined analytically. İzaltörleri system designed for high voltage, production and quality conducted in the Electricity Distribution Company for the pre- specifications and data specifications that have been conducted by national and international standards. Mass and weight less than mevcutlara, high insulation, good electrical properties and the losses were less in the new usage of an insulator.

Keywords: Insulator, manufacturing, quality, high voltage line.

1. GİRİŞ

Günlük yaşantının ayrılmaz bir parçasını oluşturan enerji, ülkelerin sosyo-ekonomik yapıları içerisindeki yerini ve önemini korurken, enerjinin önemli bir bileşenini oluşturan elektrik enerjisi ağırlığını giderek artan bir oranda geliştirmektedir. Çağdaşlığın ve kalkınmanın bir simgesi olan elektrik enerjisinin tüm ülke sathında vatandaşın, sanayi ve tarımın ihtiyaçları için emre amade tutulması, her şeyden önce “Ulusal Elektrik Sistemi” olarak anılıp ülke genelinde yaygın bir yerleşimi ve şebeke ağı olan üretim ve iletim hizmetlerindeki kalite ve devamlılığa bağlı bulunmaktadır.

Ülkemiz 2009 yılı sonu itibariyle, 29333,4 MW’ı termik, 77,2 MW’ı jeotermal, 14553,4 MW’ı hidrolik ve 802,8 MW’ı rüzgar olmak üzere Türkiye toplam kurulu gücü 44766,7 MW’a ulaşmıştır. 2009 yılı sonu itibariyle brüt elektrik enerjisi talebi 193,3 milyar kWh, puant güç talebi ise 29870 MW olarak gerçekleşmiştir. Toplam 194.1 Milyar kWh üretim gerçekleştirilirken 0.8 Milyar kWh ithalat yapılmış, arz edilen toplam elektrik enerjisinden 1,6 Milyar kWh ihracat gerçekleştirilmiştir. 2010 yılında ise elektrik enerjisi talebinin bir önceki yıla göre yaklaşık % 9’luk artışla 202,7milyar kWh olacağı beklenmektedir. Mevcut sistem 2010 yılında, termik santrallardan 195,4milyar kWh, hidrolik ve rüzgar santrallerinden 51,5 milyar kWh olmak üzere toplam 246,9milyar kWh proje üretim kapasitesine sahiptir. Proje üretim kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda sistemin üretim yedeği %25,0 dolayındadır. 2010 yılında 214,7 milyar kWh olacağı hesaplanan toplam güvenilir üretim kapasitesi ile karşılaştırıldığında talebin %5,9 yedekle karşılanabileceği beklenmektedir.

Ülkemiz elektrik enerjisi talebinin sürekli, güvenilir, kaliteli ve ekonomik bir şekilde karşılanabilmesi için elektrik enerjisi üretim ve iletim gelişim planlamaları yapılmaktadır. 10 yıllık üretim kapasite projeksiyonuna bakıldığında, 2010 yılında 202,7 milyar kWh olarak gelişeceği tahmin edilen enerji talebinin, halen işletmede, inşaatı devam eden ve lisans alarak 2010 yılına kadar işletmeye girmesi planlanan yeni üretim tesisleri ile ortalama yağış koşullarının dikkate alındığı proje üretim kapasitelerine göre %25,0 yedekle, kurak yağış koşullarının dikkate alındığı güvenilir üretim kapasitelerine göre ise %5,9 açıkla karşılanabileceği beklenmektedir (Cherny, 1983).

2. TÜRKİYE'DE ENEJİ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI

Son yıllardaki gerçekleşen tüketim değerlerine bakıldığında iki ekonomik kriz ve depremin olduğu yıllarda tüketim artış hızı yavaşlamış olmakla birlikte genellikle büyük oranda bir artış gerçekleşmiştir. Temel parametreler olarak nüfus, sanayi ve ekonomik gelişmeler dikkate alınarak yapılan talep tahmin çalışmaları sonucuna göre önümüzdeki on yıllık dönemde talebin ortalama % 7.5 oranında artması beklenmektedir. Böylece 2010 yılında 202,7 Milyar kWh olması beklenen enerji talebinin 2015 yılında 288,3 Milyar kWh'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Buna karşılık 2010 yılında 31246 MW olması beklenen puant güç talebinin 2015 yılında 44440 MW'a ulaşacağı tahmin edilmektedir.

İletim sistemi üretim tesislerinden itibaren gerilim seviyesi 36 kV üzerindeki hatlar üzerinden elektrik enerjisinin iletiminin gerçekleştirildiği tesisler olup, 380 kV'luk Çok Yüksek Gerilim (ÇYG) ve 154 kV Yüksek Gerilim Hatları, 380/154 kV oto-trafolar ve 154/OG indirici trafoardan oluşan Türkiye iletim sistemi teknik ve ekonomik açıdan avantajları nedeniyle yeterli miktarda seri ve sönt kapasitörlerle donatılmıştır. İletim sistemi gerilim seviyesi 380 kV ve 154 kV ile standartlaştırılmıştır. Gürcistan ve Ermenistan ile olan enterkonneksiyon hatlarımız bu ülkelerdeki gerilim seviyesine uygun olarak 220 kV'tur. TEİAŞ iletim şebekesi, 47.301 km uzunluğunda enerji iletim hattı, 587 iletim trafo merkezi, 1256 adet büyük güç trafosu ve 93.226 MVA trafo gücü, komşu ülkelerle toplam 10 adet enterkonneksiyon hattından oluşmaktadır. TEİAŞ 2010 yılı Mart ayı sonu itibariyle 45.125 MW kurulu gücü, 2009 yılı sonu itibariyle 29.870,0 MW ani puantı, 609,9 milyon kWh maksimum günlük tüketimi, 194,1 milyar kWh yıllık elektrik enerjisi üretimi olan enterkonnekte elektrik sistemini kesintisiz, kaliteli ve güvenilir bir şekilde işletmektedir.

Bilindiği gibi uluslararası enterkonneksiyonlardan maksimum faydanın sağlanabilmesi için hedeflenen yöntem sistemlerin senkron paralel çalışmasıdır. Bölgemizdeki en büyük senkron blok aynı zamanda dünyadaki en büyük senkron sistemlerden biri olan "Avrupa Elektrik iletimi Koordinasyon Birliği", UCTE, Avrupa'nın büyük bölümünü kapsayan sistemdir. UCTE yaklaşık 50 yıldan beri, geliştirdiği teknik kural ve kriterlerle, Birliğe dahil elektrik işletim Sistemlerinin senkron paralel olarak işletilmesi konusunda gerekli koordinasyonu sağlamaktadır. 1 Temmuz 2009 tarihi itibariyle Avrupa iletim Sisteminde teknik standartları belirleyen UCTE ve piyasa kurallarını belirleyen ETSO organizasyonu bütün yetki ve sorumluluklarıyla birlikte ENTSO-E organizasyonu çatısı altına taşınmıştır.

28 Eylül 2005 – 20 Nisan 2007 tarihleri arasında “Türkiye Elektrik iletim Sisteminin UCTE Sistemine Bağlantısı Tamamlayıcı Teknik Çalışmalar” 1.UCTE Projesi, Kuruluşumuz ve UCTE üyesi Elektrik İletim Şirketleri uzmanları tarafınca başarı ile tamamlanmıştır. Ayrıca, Türkiye elektrik sisteminin frekans kontrol performansının iyileştirilmesi amacıyla “Türkiye Elektrik Sisteminin UCTE Sistemi ile Senkron işletilmesi için Frekans Kontrol Performansının iyileştirilmesi” adlı 2. UCTE Projesi geliştirilmiştir (TEDAŞ, 2009).

Türkiye elektrik sisteminin ENTSO-E Avrupa Kıtası Senkron Bölgesi sistemine üyeliğine yönelik çalışmalar kapsamında 18 Aralık 2009 tarihinde TEİAŞ ile ENTSO-E üyesi İletim şirketleri (AMPRION-Almanya, Transpower-Almanya, HTSO-Yunanistan, ESO EADBulgaristan) arasında Taahhüt Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşma ile TEİAŞ ENTSO-E içinde gözlemci statüsü kazanmıştır (TEDAŞ, 2009).

Uluslararası Türkiye elektrik sisteminin ENTSO-E Avrupa Kıtası Senkron Bölgesi sistemi ile senkron paralel işletilmesi konusunda yürütülen teknik çalışmalar kapsamında 11-25 Ocak 2010 tarihlerinde maksimum sistem koşulları, 22 Mart-4 Nisan 2010 tarihlerinde de minimum izole testleri başarıyla tamamlanmıştır (TEDAŞ, 2009).

Haziran 2010 sonunda da senkron paralel işletmenin başlatılması hedeflenmektedir. Bir aylık elektrik enerjisi ticari alışverişlerin olmadığı senkron işletme döneminin tamamlanmasını takiben, elektrik enerjisi ticaretinin başlatılması planlanmaktadır.

Türkiye elektrik sisteminin ENTSO-E sistemine entegrasyonu sürecinde Ulusal elektrik sistemimizin güvenilir olması ve Avrupa elektrik şebekesi (ENTSO-E) ile uyumlu teknik ve ticari yapıda olması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye elektrik sisteminin ENTSO-E sistemine entegrasyonundan sonra Türkiye’nin Avrupa ülkeleri ile Avrupa İç elektrik pazarı kapsamında yapacağı ticaret, halen diğer ülkelerde olduğu gibi, ENTSO-E tarafından koordine edilen teknik kurallar ve piyasa kurallarına göre yürütülmesi gerekmektedir.

2.1 Enerji İletim Sistemleri

İletim Sistemi, üretim tesislerinden itibaren dağıtım sistemine kadar olan ve Yüksek Gerilim (YG) ve Çok Yüksek Gerilim (ÇYG) seviyesinde elektrik enerjisinin iletiminin gerçekleştirildiği tesislerdir. İletim tesislerinin bileşenleri; İletim hatları ve kabloları ve iletim Trafo ve Anahtarlama Merkezleri (indirici trafo merkezleri ve transformatör bulunmayan şalt

sistemleri) olarak tanımlanır.

380 kV'luk Çok Yüksek Gerilim (ÇYG) ve 154 kV'luk Yüksek Gerilim Hatları, 380/154 kV'luk oto-trafolar ve 154/OG indirici trafoardan oluşan Türkiye iletim sistemi teknik ve ekonomik açıdan avantajları nedeniyle yeterli miktarda seri kompensatörlerle donatılmıştır. İletim sistemi gerilim seviyesi 380 kV ve 154 kV ile standartlaştırılmıştır. Geçmişte tesis edilip kullanıma sunulmuş olan 66 kV seviyesi belli bir program dahilinde kaldırılmaktadır. Gürcistan ve Ermenistan ile olan enterkonneksiyon hattımız bu ülkelerdeki gerilim seviyesine uygun olarak 220 kV tesis edilmiştir (Jolly ve Poake, 1979).

Üretilen elektrik enerjisinin tüketim noktalarına kadar en düşük maliyetle ve en uygun teknoloji ile taşınmasını sağlayan ulusal enterkonnekte iletim sistemi 380 kV, 220 kV, 154 kV ve 66 kV iletim hatları ve trafo merkezlerinden oluşmuştur.

Türkiye üretim ve iletim sistemi, bir Ulusal Yük Tevzi Merkezi (Gölbaşı) ile 7 adet Bölgesel Yük Tevzi Merkezinden (Adapazarı, Çarşamba, Keban, İzmir, Gölbaşı, İkitelli ve Erzurum) gözlenip yönetilmektedir. Güç sistemi işletmesi, sistemin 380 kV trafo merkezlerini ve 50 MW'ın üzerindeki tüm santralleri kapsayan sınırlı bir SCADA ve Enerji İşletim Sistemi Programı (EMS) ile yapılmaktadır. Sistem işletmecisi (yük dağıtım operatörü) bu sistem sayesinde daha kaliteli bir işletme için gerekli olan her tür sistem çalışmasını, günlük işletme programlarını ve yük frekans kontrolünü yapabilecektir. İletim sisteminin mevcut durumu aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye Trafo Adet ve Güçlerinin Primer Gerilimlerine Göre Dağılımı (TEDAŞ, 2009)

İLETİM TRAFOLARI								
YILLAR	380 kV		154 kV		66 kV ve aşağı		TOPLAM	
	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)
2000	106	18160	821	39054	138	1315	1065	58529
2003*	116	20110	893	46240	63	734	1072	67085

2.2 Elektrik Dağıtım Sistemi

Türkiye'deki dağıtım hatlarının uzunlukları toplamı 812399,1 km olup 2002 yılı itibarı ile mevcut durumu aşağıda Çizelge 2.2' de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Dağıtım Hatlarının Uzunlukları (km) (TEDAŞ, 2009)

33 kV	15,8 kV	10,5 kV	6,3 kV	DİĞER	0,4 kV	TOPLAM
284651,0	31796,8	5285,0	7160,5	11,2	483494,6	812399,1

Çizelge 2.3. Dağıtım Trafolarının Adet ve Güçleri (TEDAŞ, 2009)

	33 kV		15,8 kV		10,5 kV		6,3 kV		DİĞER		TOPLAM	
	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)	ADET	GÜÇ (MVA)
15,8 kV	545	4006,6									545	4006,6
10,5kV	229	3552,8									229	3552,8
6,3 kV	450	3261,6	12	20,8							462	3282,4
DİĞER	196	256,6	27	9,3	8	10,5	8	137,9	6	46,1	245	460,4
0,4 kV	201586	49262,5	32480	7954,5	7480	6285,7	7281	3375,6			248827	66878,3
TOPLAM	203006	60340,1	32519	7984,6	7488	6296,2	7289	3513,5	6	46,1	250308	78180,5

2.3 Elektrik Enerji İletim ve Dağıtım Sistemlerinde Sistem Kayıpları

Ülkemizin nüfus yoğunluğu ve coğrafi koşullarına en uygun yüksek dizayn standartlarına sahip olan iletim sistemindeki kayıplar, uluslararası performans düzeylerine uygun olarak %3 civarındadır. Elektrik enerjisi dağıtımındaki kayıplar konusunda “American Public Power Association” (APPA) tarafından kabul edilebilir kayıp oranları Çizelge 2.4 ’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. APPA Kayıp Oranları (TEİAŞ MYD, 2009)

SİSTEM	KAYIP
YG/OG Dönüşümü	% 1
OG Dağıtım	% 3,5
OG / AG Dönüşüm	% 2,5
AG Şebeke ve Bağlantı	% 2
TOPLAM	% 9

1990 yılında % 9 olan Türkiye dağıtım sistemi kaybının 2003 yılında % 15,2’ye yükselerek yakın geçmişte gittikçe daha kötüye gitmiş ve elektrik kayıpları geçen on yılda ikiye katlanmıştır.

2.4 Yüksek Gerilim Hatları ve Genel Özellikleri

Elektriğin uzak mesafelere taşınabilmesi ancak yüksek gerilimle, yani voltajla mümkün olabilir. Bazı hatlarda 400 bin voltu bulan çok yüksek gerilimli elektrik akımı taşıyan bu kablolar, belirli aralıklarla dizilmiş, yükseklikleri bazı yerlerde 50 metreyi bulan, pylon adı verilen çelik kulelerin aralarına gerilirler.

İnsanların çoğu, yüksek gerilim hatlarına doğanın veya yaşadıkları yerlerin görüntüsünü bozduğu için karşıdrlar. Halk arasında erkeklerde kısırlık yapabileceği, hamilelerde bebeği etkileyebileceği konusunda kuşkular vardır. Bazıları da uykusuzluk problemlerini başlarının üstünden geçen hatlara bağlarlar.

Yüksek gerilim hatları ile ilgili en ciddi iddia 1979 yılında yapıldı. Bazı araştırmacılar, havai hatlara yakın yerlerde yaşayan çocukların kan kanserine yakalanma ihtimallerinin diğerlerine göre iki kat daha fazla olabileceğini iddia ettiler.

Konu ile ilgili diğer araştırmacılar, yeterli ölçümleri yapmadan, sadece hesaplamalarla çok ciddi iddialarda bulunup halkı endişeye sürükleyen bu kişileri şiddetle protesto ettiler. Onlara göre bir hastalığın olası başka sebeplerini araştırmadan ve deneyler sonucu elde edilmiş bulgulara dayanmadan, bu hastalığın nedenini sadece yüksek gerilim hatlarından yayılan elektromanyetik alanlara bağlamak bilimsel ve ahlaki değildi.

Zaten kansere tam olarak neyin sebep olduğu da bilinmiyor. Kozmik ışınlardan genlere kadar pek çok şeyin kansere yol açtığı söyleniyor. Ayrıca canlılarda, göçmen kuşlarda olduğu sanılan hariç, manyetik alanlara hassas bir organ da tespit edilebilmiş değil.

Yüksek gerilim hatlarından oluşacak elektrik ve manyetik alanlar o kadar küçüktürler ki değil insan vücudundaki hücre, doku ve organlara zarar vermek, onlara ulaşarak enerji aktarımı yapmaları bile güçtür.

Bir şeyin tehlikesinden bahsedebilmek için önce ondan çıkan enerji biçiminin zararlı olduğunu, sonra insanların maruz kalabilecekleri dozu, bu dozla vücuttaki zararlar arasındaki ilişkiyi, sonra da enerjinin hangi biyolojik mekanizmayla vücuda hasar verdiğini göstermek gerekir. Şimdiye kadar yüksek gerilim hatları ile ilgili bunların hiçbirisi gösterilemediği gibi yakınında oturup düşük frekanslı elektromanyetik alanlara maruz kalanlarda, kısırlık, düşük veya kanser oluşma tehlikesinin varlığı hakkında da kesin hiçbir kanıt bulunamamıştır.

2.5 Yüksek Gerilim Hatlarındaki Arızalar

YG tesislerinde ve havai hatlarda meydana gelen arızaların pek çok nedeni vardır. Bunların başında da aşırı gerilimler gelir. Aşırı gerilimler, iç ve dış aşırı gerilimler olmak üzere ikiye ayrılır. Devre açma ve kapamada toprak ve faz kısa devrelerinde ve rezonans olaylarında meydana gelen aşırı gerilimlere iç aşırı gerilimler, atmosferik etkilerden dolayı meydana gelen aşırı gerilimlere de dış aşırı gerilimler denir.

- **İç Aşırı Gerilimler**

Alternatör yükünün kalkması
Kapasitif devrenin açılması
Toprak teması veya kısa devre arızaları

- **Dış Aşırı Gerilimler**

Yüksek gerilimli hattın koparak altındaki düşük gerilimli hatla teması
Yıldırımın faz hattına düşmesi
Yıldırımın direğe düşmesi
Yıldırımın koruma hattına düşmesi
Etkiyle elektriklenmeyle oluşan aşırı gerilimler

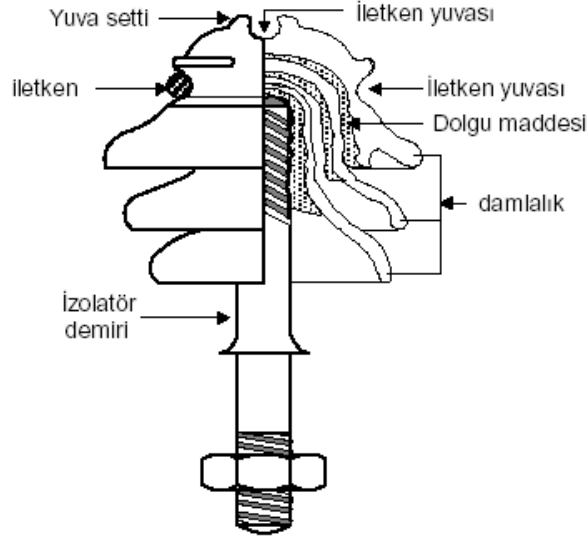
2.6 Yüksek Gerilim Hatlarında Kullanılan İzolatörler

Enerji nakil hatlarını, şalt sahaları ve dağıtım merkezlerinde baraları, tespit edildikleri yerden yalıtın ve taşıyan elemanlara izolatör denir. Enerji iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılan izolatörlerin iki ana görevi vardır: Elektriksel bakımdan iletkenleri topraktan ayırmak, iletken ağırlığını ve iletkenlere gelen ek yükleri karşılamak.

İzolatörler, elektrik akımına karşı büyük direnç gösteren, sıcak ve soğuk hava şartlarına dayanıklı malzemeler olan porselen ve camdan imal edilir. Bunlara ilaveten, silikon ve epoksi reçineli izolatörler de yapılmakta, ancak maliyeti yüksek olduğundan pek kullanılmamaktadır. İzolatörlerin, iletkenlere gelebilecek yükleri emniyetli bir şekilde taşıyabilmeleri için mekaniksel dayanımlarının da iyi olması gerekir. İzolatör başlıca beş kısımdan oluşur (Şekil 2.1):

- **Gövde:** İletkenin ve mesnet demirinin tutturulduğu kısımdır.
- **Tutturma yuvası:** İzolatör demirinin izolatöre tespit edilebilmesi için açılan düz veya vidalı kısımdır.
- **Siper veya etek (damlalık):** İzolatörün elektriksel direncini artırmak için gövdeye yapılmış bir veya birden fazla kanatlardır.

- **İletken yuvası:** İzolatöre bağlanacak olan iletkenlerin yerleştirilmesi için yapılmış yuvalardır.
- **Tutturma demiri (izolatör demiri):** İzolatörü direk veya konsol (travers) üzerine tespit etmeye yarayan demir aksamıdır.



Şekil 2.1 Porselen izolatörlerin genel yapısı (UT Katalog, 2010)

Yüksek gerilim hatların tesisinde kullanılan iletkenlerin, direklere tespitine yarayan ve iletkenleri hem taşımaya hem de toprak ile diğer iletkenlere karşı izole etmeye yarayan şebeke malzemelerine olan izolatörler, elektriksel vasıfları yanında büyük mekaniksel yüklere de dayanması beklenen izolatörler genel olarak porselenden veya camdan yapılırsa da bazen stealit ve özel kompoze malzemelerden de yararlanılmaktadır.

2.7 Yapıldığı Malzemenin Cinsine göre İzolatör Çeşitleri

İzolatörler yapıldıkları malzemenin cinsine göre aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

- Porselen izolatörler
- Cam izolatörler
- Epoksi reçineli izolatörler
- Silikon izolatörler

Porselen esas itibarıyla kaolin, feldspat, ve kuarts' dan oluşan bir karışımın yüksek derecede fırınlanmasıyla elde edilen bir malzemedir ve camdan daha mukavimdir. Isı değişikliklerinden az etkilenir. Sert porselenden yapılan izolatörler, %50 kaolin, %25 feldspat ve %25 kuartzdan

meydana gelir. İzolatör imalinde kullanılan porselenin; her türlü yabancı maddeden, çatlak, kabuklanma, hava kabarcığı, benek, leke ve benzeri kusurlara sahip olmayan saf, gözeneksiz, parlak, ince ve sıkı bir yapıda olması istenir. Aksi halde izolatörün dielektrik dayanıklılığı azalır.

Porselen izolatör imalinde, malzemeye gerekli şekil verildikten sonra izolatör kurutulur. İzolatörün tespit yuvası ve pişirilmesi sırasında oturacağı yerler hariç olmak üzere, diğer bütün yüzeyleri püskürtme veya daldırma usulüne göre bir sır tabakasıyla kaplanır. Bundan sonra izolatörler bir fırınlamaya tabi tutulur. Böylece sır tabakası izolatör gövdesine iyice kaynar ve cam gibi bir hal alır. Bu sır tabakası izolatörün iş görmesi ile yakından ilgilidir.

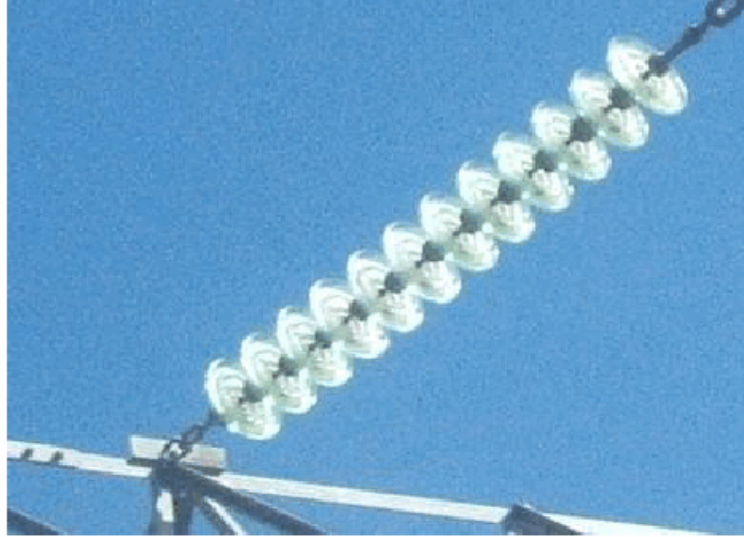
Sırlama, izolatöre, pürüzsüz, düzgün ve çatlakları olmayan cam gibi parlak ve kaygan koruyucu bir yüzey sağlar ve rutubet emdirmeyecek bir özellik kazandırır. Ayrıca sır tabakası, pisliklerin izolatör üzerinde tutunmasına ve dolayısıyla kaçak akımların meydana gelmesine engel olurlar. Ayrıca sır tabakasına, porselenden daha alçak bir uzama katsayısı verilerek soğumayı takiben bu tabakanın basınç altında kalması sağlanabilir. Bu ise, izolatörün çatlamasına engel olur ve çeki gerilmesi ile darbe mukavemetini artırır.



Şekil 2.2 Uygulamada görülen porselen izolatörler

Cam izolatörler ise enerji nakil sisteminde zincir izolatörü olarak büyük bir tatbikat sahası bulmuştur. Cam izolatörler, mekanik kuvvetleri, özellikle mekanik ve ısı darbe mukavemetlerinin düşük olmasına rağmen, mükemmel yüzeysel özellikleri ve ucuz olmaları nedeniyle kullanma sahası bulmuştur. İzolatörler; maruz kalacakları rüzgar, yağmur, kar, sis duman ve toz gibi etkiler ile kirlendiğinde kendi kendine temizlenecek ve işletmede karşılaşılabilecek elektrik ve mekanik zorlamalara dayanabilecek tarzda imal edilirler. Renkleri genel olarak beyaz, kahverengi ve bazen de siyahtır

Yapım malzemesi, cam olan izolatörlerdir. Dielektrik dayanımlarının (140 kV / cm) porselene göre daha fazla, maliyetlerinin ise ucuz olması, kullanım alanlarını artırmıştır. Saydam olduklarından kırık ve çatlakları kolayca görülebilir. Ortam ısısının değişmelerinde üzerlerinde nem toplamaları, atlamalara neden olur. Bu, istenmeyen bir durumdur.



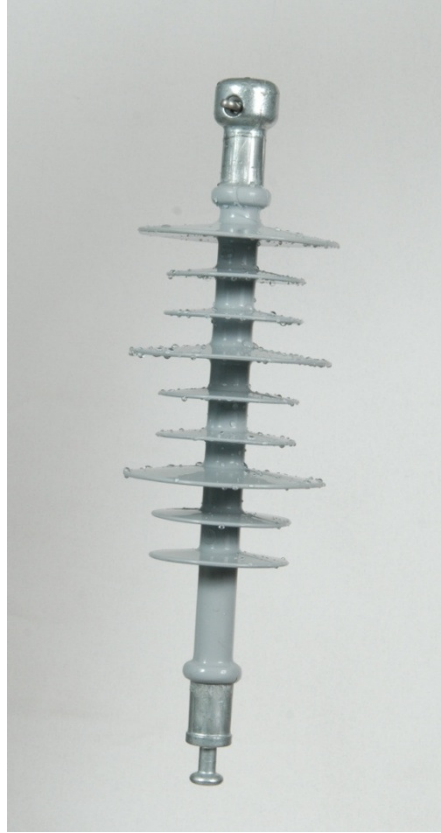
Şekil 2.3 Zincir tipi cam izolatörler

Son yıllarda gelişen teknolojiye bağlı olarak izolatör yapılarında polimer malzemeye dayalı yapıların öne çıkmaya başladığı görülmektedir. Porselen ve cam izolatörün esnek olmayıp, her türlü darbe, basınç ve deprem karşısında kırılabilir olması, tuzlanma, atmosferik ve sanayi kirlenmesinde meyilli olması, ağırlığı dezavantajlarına karşılık polimer izolatörün yüksek elektriksel değerlere sahip olması, her türlü darbe ve basınca karşı esnekliği, su tutmama özelliği, her türlü kirlenmeden kolay etkilenmemesi, hafif olması ve nakliye kolaylığı gibi avantajları bulunmaktadır.

Polimer izolatörler içinde yine son yıllarda öne çıkan izolatör yapıları silikon izolatörlerdir. Silikon izolatörlerin, diğer adıyla kompozit izolatörlerin, cam ve porselen

izolatörlere karşı birçok üstünlükleri olmakla beraber pahalı olmaları dolayısıyla kullanım alanları azdır. Ancak gelişmiş güvenlik ortamı sağlaması sebebiyle yakın gelecekte daha geniş bir kullanım alanı bulacağı kesindir. Silikon izolatörlerin üstünlüklerini şu şekilde sıralayabiliriz. Darbelere karşı dayanıklıdır, hafif olduğundan tesise ek bir yük getirmez. Gerilme vb. kuvvetlere karşı dayanımı çok yüksektir.

Üzerinde yağmur suyu, kar suyu tutunamadığından ark gibi önemli bir elektriksel olumsuzluk olmaz. Çatlama ve kırılma riski çok azdır. Çok soğuk ve çok sıcak havalarda bile özelliğini kaybetmez. Güneşin ultraviyole ışınlarından etkilenmez. Kurulumu kolaydır.



Şekil 2.4 Silikondan yapılmış bir izolatör yapısı

İzolatörler farklı tipte çeşitli doğal kirlenmelere maruz kalırlar:

- **Çöl Kirlenmesi:** Kimyasal analiz sonuçları çöl kirinin çoğunluğu sülfat ve klor olmak üzere, %18 çözünebilir tuz, %10 CaSO₄, %3 NaCl ve %0.5 KCl karışımından oluştuğunu göstermiştir.
- **Endüstriyel Kirlenme:** Endüstriyel alanlarda kullanılan izolatörlerde oluşan kir tabakasının, çimento tozları, fabrikaların pis kokulu gazları ve dumanların kimyasal bileşenlerinden oluştuğu tespit edilmiştir .

- **Deniz Kirlenmesi:** Rüzgar deniz suyu damlacıklarını izolator yüzeyine taşır. Yüksek iletkenlikli tuzlu su damlacıkları izolator yüzeyini kaplar. Kuruma sonucu izolator yüzeyi ince bir film ile kaplanır. Bu işlem birkaç saat içerisinde gerçekleşir. İzolator yüzeyindeki iyileşme süresi ise 8 ile 12 saat arasındadır. Sonuç olarak kirlenme periyotları arasında kısmi bir iyileşme beklenir. Kirlenme periyotları rüzgarın yönüne bağlıdır. Denizden karaya doğru esen rüzgarlar kirliliğe sebep olurlar. Karadan denize doğru esen rüzgarlar veya güneş ışığı ile desteklenen durgun şartlar, kuruma ve iyileşmeye neden olurlar.

İzolatorlerdeki yüzeysel kirlenmeler, yüzeyden kapasitif-rezistif özellikli bir kaçak akım akmasını sağlayarak alan dağılımını bozarlar ve yüksek gerilim izolatorlerinde sık sık kısa devre olaylarına sebep olarak istenmeyen enerji kesintileri ve ekonomik kayıplar meydana getirirler.

Kirlenme, yüksek gerilim izolasyon cihazlarının çalışmasında ve tasarımında dikkate alınması gereken en önemli olaylardan biridir. Çevresel şartlar altında, izolator yüzeyinde bir kir tabakası oluşur. Bu kir tabakası; sis, yağmur veya çiğ tortusundan dolayı nemlendiğinde ıslak iletken bir film tabakasına dönüşür ve bir sızma akımı akmaya başlar. Sızma akımının kesilmesi, yüzeyde arklara sebep olan kuru bandların oluşumunu sağlar. Arklar ıslak yüzey boyunca aniden uzayarak tam bir atlamaya yol açabilir.

Kirli şartlar altında izolator davranışını en iyi şekilde ölçmeyi sağlayacak çeşitli test yöntemlerinin geliştirilmesi için, birçok ülkede yıllardan beri çalışmalar yapılmaktadır. İzolator kirliliği test yöntemleri suni ve tabii olmak üzere ikiye ayrılabilir (Guanz, vd., 1989).

2.8 İzolatorlerin Sınıflandırılması

İzolatorleri, kullandıkları hatların işletme gerilimine göre üç ayrı sınıfa ayırmak mümkündür:

- Alçak gerilim hatlarında kullanılan izolatorler
- Orta gerilim hatlarında kullanılan izolatorler
- Yüksek ve çok yüksek gerilim hatlarında kullanılan izolatorlerdir.

2.8.1 Alçak Gerilim Hatlarında Kullanılan İzolatorler

1000V 'a kadar nominal gerilime sahip hatlarda kullanılmak üzere imal edilen izolatorlerdir. A.G. şebeke hatlarında kullanılan porselen izolatorler , mesnet ve gergi olmak üzere iki esas sınıfa ayrılırlar.

2.8.1.1 Mesnet İzolatörler

İçine geçirilen tespit demiri ile mesnedine tutturulan ve çan şeklinde porselen gövdesi bulunan bir veya bir kaç siperi olan bir izolatör tipidir. İletken yuvası sayısına göre basit (tek), ikili ve üçlü gibi alt tiplere ayrılırlar. N-60 , N-80 ve N-95 olmak üzere üç tipte yapılırlar. A.G şebeke hatlarında genellikle N-80 ve N-95 tipinde olanlar kullanılır.

2.8.1.2 Durdurucu İzolatör

Genel olarak elektrik hatlarının durdurucu direk veya son mesnetlerine konulan ve buralarda rastlanan büyük mekanik gerilmelere dayanabilen bir gergi izolatörüdür. Birden fazla siper ve iletken yuvası bulunur.

2.8.2 Orta Gerilim Hatlarında Kullanılan İzolatörler

İşletme gerilimi (1-35) kV arasında olan enerji nakil hatları, branşman hatları ve bu gerilimlerden herhangi birisi ile yapılan dağıtım şebekelerine ait hatlar ve bu hatlarla ilgili bağlantı tesislerinde kullanılan, porselen izolatörlerdir. O.G hatlarında kullanılan izolatörler genel olarak mesnet ve zincir tipi olarak iki ana gruba ayrılırlar.

İzolatör demiri aracılığıyla ile mesnedine oturtulan, gövdesi çan şeklinde olan ve bir veya bir kaç siperi bulunan izolatörlerdir. Bu tip izolatörler, tek parça halinde yapılabileceği gibi, tek parça haline getirilmiş iki veya daha fazla kısımdan da yapılmış olabilirler. Yani bu tip izolatörler, kullanılma imkan ve şartlarına göre tek izolatör halinde kullanılan basit tipler şeklinde veya birkaç izolatörün birbiri ile tek parça haline getirilmek üzere yapıştirilabilmesini veya bağlanabilmesini mümkün kılan bir düzen ile tutturularak kullanılan birleşik tipler şeklinde de yapılabilirler. Bundan başka izolatörlerin çalıştırılacağı atmosfer şartlarına göre özel şekilde imal edilen sis ve takviyeli tipler de mevcuttur.

2.8.3 Yüksek ve çok yüksek gerilim hatlarında kullanılan izolatörler

Gövdesini, benzeri başka izolatörün gövdesine, izolatör demirine veya kolonlara bağlayabilme düzeni bulunan izolatörlere zincir tipi izolatörler veya zincir izolatörü elemanları adı verilir. Bunlara zincir tipi denmesinin sebebi, mafsallı olarak birbirlerine bağlandıklarında bir nevi zincir meydana getirmeleridir.

O.G. li hatlar ile Y.G. hatlarında kullanılacak zincir izolatörü eleman sayısı ve tipi, hattın gerilimine ve kullanma maksadına göre değişir. Bu duruma göre, zincir izolatör elemanı, tek

başına kullanılabileceği gibi 2, 3, 4, 5, 6 veya daha fazla sayıda zincir izolatörü elemanının uygun şekilde birleştirilerek kullanılması da mümkündür. Böyle birden fazla sayıda zincir izolatör elemanının mafsallı olarak birbirlerine bağlanması ile meydana getirilen diziye izolatör zinciri adı verilir.

İzolatör zincirlerini de, kullanım amaçlarına göre ikiye ayırmak mümkündür. Bunlardan; taşıyıcı olarak (düz hatta taşıyıcı direkte) kullanılanlara tek askı tertibatlı takım, durdurucu olarak kullanılanlara da (durdurucu, nihayet, branşman direkleri gibi) tek gergi tertibatlı takım adı verilir.

Her zincirde kullanılacak zincir izolatörü eleman sayısı ve tipi, hattın gerilimine ve zincirin kullanılacağı amaca göre belirlenir. Hatlardaki kuvvetlerin, bir izolatör zinciri tarafından karşılanamayacağı durumlarda, birbirine uygun şekilde paralel bağlanmış izolatör zincirleri kullanılır ve bunlara izolatör zincir takımı adı verilir.

İzolatör zincir takımı genellikle iki izolatör zincirinin uygun şekilde paralel bağlanmasıyla oluşturulur. Oluşturulan bu izolatör zincir takımlarını da kullanım amaçlarına göre ikiye ayırmak mümkündür. Bunlardan; taşıyıcı olarak kullanılanlara çift askı tertibatlı takım, durdurucu olarak kullanılanlara ise çift gergi tertibatlı takım adı verilir.

2.9 Yüksek Gerilim hatlarının Topraklama Arızaları

Gergi ve askı takımlarındaki, hırdavat malzemedan herhangi birinin kopması halinde tel yere ya da direğin konsoluna düşebilir. Bu halde meydana gelecek arıza, daha önce tel kopması biçiminde meydana gelen arızayla aynıdır. Gerilimli olan telin toprakla temas etmesi halinde hat röleleri hattı anında servis dışı bırakır.

Direk açıklığı büyüdükçe tellerin salınımı da artmaktadır. Eğer enerji nakil hattının altındaki ağaçlar, bu salınım seviyeleri dikkate alınarak yeteri kadar, kesilmemişse rüzgârın etkisiyle faz telleri civarındaki ağaç vs. ye yaklaşır veya değerkler, bu yaklaşma ve değme geçici faz toprak arızalarına neden olurlar, bu tip arızalar rüzgâr estiği sürece tekrarlanabileceği gibi, telin ağaca temas ettiği noktadan, elektrik arkının etkisiyle eriyip kapabilir ve kalıcı bir arızaya dönüşebilir

Kuşların direklerin konsollarına konarak mesnet izolatörleri civarında faz teli ile toprak arasında kalmaları esnasında enerji nakil hattı faz-toprak arızasına açmaktadır. Bu esnada kuşun öterek yere düşmesi veya oradan uçarak uzaklaşması nedeniyle arıza

kendiliğinden temizlenir ve hat tekrar servise sokulur. Ancak ölen kuş konsoldan aşağı düşmeyebilir. Ya da arkın etkisiyle izolatör patlayabilir ve hatta tel dahi kopabilir ve geçici arıza kalıcı arızaya dönüşebilir.



Şekil 2.5 Kuş işgaline maruz kalmış bir enerji nakil hattı (TEİAŞ, 2010)

Kuş pisliği iletim hatları için istenmeyen bir durumdur. Kuş pislikleri iletkenle direk arasında bağlantı oluşturur ve arıza olmasına neden olabilirler. Bunu önleyebilmek için polikarbon esaslı kuşkovarlar enerji iletim hatlarına monte edilerek kuşların direklere yuva yapmasının önüne geçilebilmektedir.



Şekil 2.6 Kuş yuvası haline gelmiş bir enerji nakil hattı direği

Her ne kadar enerji nakil hatlarımız toprak telleriyle yıldırımlara karşı korunmuşsalar da, zaman zaman enerji nakil hatlarındaki faz tellerine yıldırım isabet etmektedir. Faz tellerine isabet eden bu yıldırım faz tellerinde aşırı gerilimler oluşturmaktadır. Bu aşırı gerilimin etkisiyle izolatorler zorlanmakta ve izolasyonun zayıf olduğu bir yerden direğe boşalmaktadır. Bu deşarj enerji nakil hatlarında geçici faz-toprak arızası meydana getirmektedir. İzolatörler üzerinden meydana gelen bu deşarjın etkisiyle izolatorler hasar almakta ve kalıcı arızalara neden olmaktadır.



Şekil 2.7 Ark meydana gelmiş bir enerji nakil hattı direği

Enerji nakil hatlarının, elektrik yüküyle yüklü bulutlar nedeniyle karşı endüksiyon olayına neden olmaktadır. Bu da toprak ve faz tellerinde aşırı gerilimler oluşturmakta ve geçici arızalar yaratmaktadır.



Şekil 2.8 Faz geçişnin enerji nakil hattı direklerindeki duruşu

2.10 Yüksek Gerilim Hatlarının Çevreye Etkisinin İncelenmesi

Elektromanyetik radyasyon yayan yüksek gerilim hatları, insanları olduğu kadar bitkileri de olumsuz etkiliyor. Yapılan bir çalışmada, yüksek gerilim hatlarına yakın mesafede yetişen bitkilerin DNA yapılarında bozulma meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada 380 kilovoltluk yüksek gerilim hatlarının tam altına yerden yatay olarak 10, 25 ve 50 metre aralıklarla soğan ekildi. Kontrol grubu olarak hattın geçtiği noktanın 100 metreden daha uzağına da aynı bitki ekilerek üç gün süreyle çimlenmeye bırakıldı. Aynı bölgede tarımı yapılan buğdaydan da tohumlar toplanarak laboratuvarda çimlendirildi. Çimlendirilen soğan ve buğday ile yüksek gerilim hattının geçtiği bölgelerde yetişen ve aynı mesafelerden toplanan çeşitli bitkilere ait yaprakların DNA yapılarına bakıldı. Örneklerin alındığı 10 ayrı bitkinin her birinden bin hücre olmak üzere 10 bin hücre incelendi, toplam 100 bin hücre de gözden geçirildi.

Araştırma sonucunda, 380 kilovoltluk yüksek gerilim hatlarına 10 metre mesafede ekilen soğan ve buğdayın kromozom yapılarında bozulma yaşandığı kaydedildi. 25 metre mesafede ise bitki hücre bölünmelerinde artışların yaşandığı tespit edildi. Her iki değerlendirme ölçütleri birden göz önüne alındığında, elektromanyetik radyasyonun 50 metre mesafeden sonra etkisini yitirdiği belirlendi. Elektromanyetik radyasyona uzun süre maruz kalan bitkilerdeki bozulmaların daha fazla olduğu gözlemlendi.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada yüksek gerilim hatlarında kullanılan izolatörler baz alınarak bunların malzemeleri ve kalite parametreleri ele alınmıştır.

Genel olarak Türk Standartları Enstitüsü' nün 6 Ocak 1987 tarihli TS 5007 kararına göre Potansiyel farklarının etkisi altında bulunan malzeme ya da iletkenlerin elektriksel yalıtımını sağlamak ve mekanik olarak tespiti için kullanılması amaçlanan düzendir.

Havai hatların tesisinde kullanılan iletkenlerin, direklere tespitine yarayan ve iletkenleri hem taşımaya hem de toprak ile diğer iletkenlere karşı izole etmeye yarayan şebeke malzemelerine izolatör denilmektedir.

Yüksek gerilim güç sistemlerinde kullanılan açık hava izolatörleri şebeke frekansında normal işletme gerilimi ile sistemde meydana gelen dahili aşırı gerilimlere dayanabilmelidir. Elektriksel vasıfları yanında büyük mekaniksel yüklere de dayanması beklenen izolatörlerde aranan bir diğer özellik de korona sebebi ile fazla miktarda yüksek frekanslı parazitler hasıl etmemesidir. Çünkü bu parazitler radyo ve televizyon alıcılarında respesiyona etki ederler.

İzolatörler genel olarak porselenden veya camdan yapılsa da bazen stealit ve özel kompoze malzemelerden de yararlanılmaktadır.

Porselen esas itibariyle kaolin, feldspat, ve kuarts 'dan oluşan bir karışımın yüksek derecede fırınlanmasıyla elde edilen bir malzemedir ve camdan daha mukavimdir. Isı değişikliklerinden az etkilenir. Sert porselenden yapılan izolatörler, %50 kaolin , %25 feldspat ve %25 kuartsdan meydana gelir. İzolatör imalinde kullanılan porselenin ; her türlü yabancı maddeden, çatlak, kabuklanma, hava kabarcığı, benek, leke ve benzeri kusurlara sahip olmayan saf, gözeneksiz, parlak, ince ve sıkı bir yapıda olması istenir. Aksi halde izolatörün dielektrik dayanıklılığı azalır (Shunggy, 1995).

Porselen higroskopiktir. Buna engel olmak için porselen izolatör imalinde, malzemeye gerekli şekil verildikten sonra izolatör kurutulur. İzolatörün tespit yuvası ve pişirilmesi sırasında oturacağı yerler hariç olmak üzere, diğer bütün yüzeyleri püskürtme veya daldırma usulüne göre bir sır tabakasıyla kaplanır. Bundan sonra izolatörler bir fırınlamaya tabi tutulur. Böylece

sır tabakası izolatör gövdesine iyice kaynar ve cam gibi bir hal alır. Bu sır tabakası izolatörün iş görmesi ile yakından ilgilidir.

Sırlama, izolatöre, pürüzsüz, düzgün ve çatlakları olmayan cam gibi parlak ve kaygan koruyucu bir yüzey sağlar ve rutubet emdirmeyecek bir özellik kazandırır. Ayrıca sır tabakası pisliklerin izolatör üzerinde tutunmasına ve dolayısıyla kaçak akımların meydana gelmesine engel olurlar. Ayrıca sır tabakasına, porselenden daha alçak bir uzama katsayısı verilerek soğumayı takiben bu tabakanın basınç altında kalması sağlanabilir. Bu ise, izolatörün çatlamasına engel olur ve çeki gerilmesi ile darbe mukavemetini artırır.

Cam izolatörler ise enerji nakil sisteminde zincir izolatörü olarak büyük bir tatbikat sahası bulmuştur. Cam izolatörler, mekanik kuvvetleri, özellikle mekanik ve ısı darbe mukavemetlerinin düşük olmasına rağmen, mükemmel yüzeysel özellikleri ve ucuz olmaları nedeniyle kullanma sahası bulmuştur.

3.2 İzolatör ile ilgili Terim Açıklamaları

İzolatörlerin anlatımı sırasında kullanılacak bazı terimlerin basit açıklamaları, Türk Standartları Enstitüsü'nce yayımlanan "Elektroteknikte Kullanılan Terimler ve Tarifler-İzolatörler (TS 5007, 1987) alınarak aşağıda verilmiştir.

Ark: Elektriğin sürekli olarak sıvı veya gaz içerisinden atlayarak akmasıdır.

Atlama: Bir izolatörün dışında normal olarak gerilim bulunan bölümleri arasında meydana gelen zarar verici boşalmadır. Atlama terimi , hem izolatör yüzeyi boyunca oluşan atlama hem de izolatör etrafındaki havada atlamayla oluşan zarar verici boşalmaları kapsar.

Ark Atlama Gerilimi: İzolatörün taşıdığı ve yalıtığı iletkenlerdeki normal frekanslı elektrik geriliminin atlamayı meydana getiren değeridir. Kuru ve yaş şartlar altında değişiklik gösterir.

Delinme: Bir izolatörün porselen ya da cam gibi yalıtkan aksamından geçen zarar verici boşalma olayıdır.



Şekil 3.1 Delinmeye Maruz Kalmış Bir Silikon İzolatör

Delinme Gerilimi: Belirli test koşullarında bir zincir izolatör ünitesi ya da bir mesnet izolatöründe delinmeyi meydana getiren gerilimdir.

Gövde: Dıştan elektrik hatlarının , içten mesnet demirinin tespit edildiği porselen izolatörün montaj ve çalışma sırasında mekanik ve elektriksel etkilere karşı dayanıklılığını sağlayan ve genel olarak izolatörün siper , tespit yuvası gibi kısımlarını içeren porselen ya da camdan parçadır.

İletken Yuvası: İzolatörün tepesinde ve yanlarında bulunur. İzolatöre bağlanacak iletkenlerin yerleştirilmesine yarayan yerdir.

Kırılma Yüğü: İzolatörün kullanılamaz derecede hasara uğramasını meydana getiren mekanik yüküdür.

Kuruda Darbe Gerilimi: Belirli test koşullarında bir izolatörün zarar görmeden kuruda dayandığı gerilimdir.

Siper: İzolatörün, elektrik gerilimi atlama direncini arttırmak amacıyla özel olarak şekillendirilip bir veya birkaç katlı yapılan etek kısmıdır.

Standart Atmosfer Şartları: Çevre sıcaklığı 20 derece , baro metrik basınç 760mm cıva , rutubet %63 olma halidir.

Tespit Demiri: İzolatörün direk veya başka mesnede tespitine yarayan ve tespit yuvasına

giren bir ucunda yivi veya kertikleri , diğ er ucunda da direk veya baş ka mesnetlere tespitine yarayan dü zeneğ i bulunan dü z veya diğ er ş ekilleri olan demirdir.

Tespit Yuvası: İzolatörlerin birbirlerine bağ lanmasına veya mesnet demirlerine tutturulmasına yarayan ve yerine göre (durdurma izolatörlerinde oldu ğ u gibi) dü z veya yivli olarak yapılan delik veya kanallardır.

3.3 Yöntem

3.3.1 İzolatör Testleri

Test için seç ilen izolatörlere, laboratuvar da ş ebeke frekanslı gerilim tatbik edilmi ş tir. 40C 'lik sıcaklık ve % 70 neme sahip ortamda gerilim 0 'dan itibaren atlama meydana gelinceye kadar artırılmı ş , elde edilen sonuç lar a ş ağı da gösterilmi ş tir.

Çizelge 3.1 Temiz izolatörlerde yapılan test sonuç ları (TEDAŞ, 2009)

Uygulanan gerilim (kV)	Yüzey kaç ak akımı (mA)
10	0.30
20	0.60
30	1.00
50	1.95
55	2.20
59	Atlama

Örnek olarak seç ilen 34.5 kV 'luk izolatörlerin, aynı ortam ş artlarında yapılan tüm test sonuç ları tamamen birbirine benzerdir. Bu testler sonucunda uygulanan gerilim ile meydana gelen yüzeysel kaç ak akım arasındaki iliş ki oluş maktadır.

İzolatörlere tatbik edilen ş ebeke frekanslı gerilimin yüks eltilmesi ile birlikte 40 kV 'dan sonra pilot ön deş arjlar oluş makta ve 59 kV 'luk gerilim seviyesinde izolatörde yüzeysel atlama meydana gelmektedir. Bu değ erler, üzerinde kirlilik deneyi yapılan cam izolatörün karakteristik değ erleridir.

3.3.2 İzolatör Kirlenme Testleri

Numune kirlerle yapılacak testler için, örnek izolatörler etil alkol ve saf su ile temizce yıkanarak kurutulmuştur. Daha sonra izolatörler, içinde saf su bulunan bir kaba daldırılarak ıslatılmış ve aynı miktarda kir örnekleri izolatörlerin üzerine düzgün bir şekilde püskürtülerek, 14 °C ortam sıcaklığında kurumaya bırakılmışlardır. 12 saat boyunca bu ortamda kuruyan kirle kaplı izolatörlere, sis odasında farklı sıcaklık ve nem şartları sağlanarak testler uygulanmıştır. Testlerle ilgili ön çalışmalar esnasında, iletkenlik ve atlama bakımından benzer özellikler gösteren küller gruplandırılarak, oluşan 4 gruptan birer kül numunesi ile deneyler yapılmıştır. Bu testlerde izolatörlerin yüzeyinden akan akımların dalga şekilleri hafızalı bir osiloskop yardımıyla belirlenmiştir. Dört farklı kir numunesi için kuru band oluşmadan önce ve atlamaya yakın bir andaki akım dalga şekilleri, çeşitli sıcaklık ve nem durumlarında kaydedilmiştir (Rumeli, 1973).

3.3.3 Suni Kir Kaplama Test Yöntemleri

Laboratuvar testleri olarak da bilinen bu testlerin başlıca faydaları ucuz, kısa sürede yapılabilir ve tekrarlanabilir olmalarıdır. Dezavantajları ise, servis şartlarının laboratuvarlarda yeterince temsil edilemeyişi ve test geriliminin bazı hallerde servis geriliminden farklı olmasıdır. Suni test yöntemlerinin en yaygın olanları yağmur testi, kizel gurmetilen testleri ve tuzlu sis testidir.

Yaşta atlama deneyi olarak da bilinen yağmur testi, hemen hemen bütün standartlarda mecburi test olarak kullanılmaktadır. Teste tabi tutulacak izolatörler önce yıkanır, kurulanır ve standartlara uygun şekilde servis şartlarına en uygun tarzda düzenlenir. Bu şekilde düzenlenen izolatöre homojen tarzda ince yağmur püskürtülür. Püskürtme, düşey zincir halinde 450 'lik açı altında, yatay zincir halinde ise düşey doğrultuda yapılır. Atlama gerilimi ve deşarjın yüzey boyunca gelişmesi, yağmurun şiddetine, iletkenliğine ve izolatörün boyut ve konumuna bağlıdır.

Kirlenme atlamalarının ciddi bir işletme problemi olarak belirmesi ve yağmur testinin tatminkar sonuç vermemesi karşısında daha uygun test yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında en çok ilgi toplayan, Kizelgur ve Metilen yöntemleri aşağıda incelenmiştir. Her iki yöntemin ortak tarafı izolatörün suni kirle homojen olarak kaplanmasıdır. Kizelgur testinde kullanılan suni kir; damıtık su, kizelgur ve dekstrin karışımından elde edilir. Arzulanan spesifik iletkenlik, karışıma yeterli miktarda sofra tuzu katılarak sağlanır. Metilen yönteminde

ise suni kir; damıtık su, metil selüloz, tebeşir tozu katılarak yapılır. İzolatör bu karışımla daldırma veya püskürtme yoluyla homojen olarak kaplanır. İstenen kir iletkenliği, tabaka kalınlığı ve tuz miktarı değiştirilerek kolayca sağlanır.

Sahil bölgelerindeki kir bileşimi genellikle tuzdan ibarettir. Temiz bir izolatör sis veya fırtına anında denizden esen rüzgarın etkisiyle iletken tuz çözeltisi ile kaplanarak atlama yapabilir. Bu tür atlamaları en iyi şekilde temsil etmek üzere tuzlu sis testi geliştirilmiştir .Bu testte, temizlenmiş izolatörler sis odasında servis şartlarındaki konumlarına en uygun tarzda düzenlenir. Sis odası tuzluluk derecesi bilinen sisle doludur. Teste tabi tutulan izolatörün yüzeysel iletkenliği kullanılan tuz çözeltisinin tuzluluk derecesi ile kabaca orantılı olur. Test servis gerilimi altında yapılır. Atlama yapmayan maksimum tuzluluk derecesi izolatör davranışı için bir kriter olarak alınır.

3.3.4 Tabii Testler

Suni testler kolay ve çabuk sonuç vermelerine karşın servis şartlarını laboratuvarında yeterince temsil edemezler. Suni testler altında başarılı davranışı tespit edilen bir izolatör hakkında son karar servis şartları altındaki işleyişine bakılarak verilir. Bu nedenle esas kriter izolatörün belli bir sürede yapacağı atlama sayısıdır. İzolatörün bir bölgedeki davranışını doğrudan belirlemek ve daha emin bir sonuca varmak için tabii test yöntemleri geliştirilmiştir.

Tabii testlerin başlıca faydası izolatör davranışının işletme şartları altında ve daha doğru olarak tespitine imkan vermesidir. Mahzurları ise testin pahalı oluşu, uzun sürmesi, deney şartlarının tekrarlanamaması ve varılan sonuçların farklı atmosferik ve kirlenme şartlarına sahip başka bir bölgeye tatbik edilemeyeşidir.

İzolatörün bir bölgedeki davranışını direkt olarak ölçmek daha emin bir sonuca varmak için tabii test metotları geliştirilmiştir. Tabii testler suni testlerin geçerliliğini tespit bakımından da gereklidir. Bu nedenle muhtelif ülkelerde yıllardan beri faaliyette bulunan test merkezleri kurulmuştur. Bunlar içinde en önemlileri İngiltere'deki Graydon ve Brighton ile Almanya'daki Friesenheimer Insel ve Ickern test merkezleridir. Tabii testlerin başlıca avantajları izolatör davranışının işletme şartları altında ve daha doğru olarak tespitine imkan vermesi dezavantajları ise testlerin pahalı oluşu ,uzun sürmesi deney şartlarının tekrarlanmaması ve varılan sonuçların farklı atmosferik kirlenme şartlarına haiz başka bir bölgeye tatbik edilemeyeşidir (Ahmad, vd., 2004).

Otuz yılı aşkın bir zamandan beri İngiltere’de kullanılan tabii test metodunda, davranışı ölçülmek istenen izolatorler seçilen bir bölgede, işletme gerilimi altında tecrübe veya gerçek enerji nakil hatları üzerinde incelemeye tabii tutulmaktadır . Belirli bir süre içinde meydana gelen atlama sayısı izolatorün iyilik derecesini belirlemede esas kriter olarak alınmaktadır. Ayrıca meteorolojik durum, genliği belli değerleri aşan (25, 50 ve 150 mA)kaçak akım sayıları kaydedilir. Kaçak akım sayıları izolator davranışını ölçmede yeterli bir kriter olmadan ziyade, izolatorün kirlenme derecesini belirlemede faydalı olmaktadır. Bunlar ilaveten, korona kayıpları kaçak akımların dalga şekli ve faz açısı, izolator boyunca potansiyel dağılımı, radyo ve televizyon interferens (parazit) seviyeleri gibi faydalı ölçmeler yapılabilir.

Almanya’da Ludwigshafen on Rhein yakınındaki Insel test merkezinde izolatorlerin ağır endüstriyel kir ve sis altında davranışları incelenmektedir. Belirli bir sürede daha fazla sayıda atlama olmasını sağlamak için test gerilimi normal servis geriliminden daha yüksek seçilmelidir. Mesela 110 kV’luk bir izolator 125kV de denenmektedir. Test gerilimin işletme geriliminden farklı olması atlama sayılarını etkilemekle beraber, izolatorlerin istatistiksel değerlendirilmesi ve birbirileri ile mukayesesi bakımından engel teşkil etmez. Değerlendirme kriteri, bir izolatordeki atlama sayısının bütün izolatordeki toplam atlama sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

Reverey ve Verma tarafından geliştirilen bu metotta izolatorler yukarıdaki şekildeki gibi düzenlenmektedir. Herhangi bir test izolatoründe atlama olması durumunda ilgili sigorta atacak askı izolatorü seri devreye sokulmakta ve zincir boyu %30 kadar arttırılmaktadır. Atlamayı takiben gerilim otomatik olarak 3 dakika süre ile kesilir ve bu süre içinde izolator dirençleri ölçülür. Her atlama ve atlama zamanı kaydedilir. 3 dakika sonra gerilim 45 kV den başlayarak 125 kV ye kadar otomatik olarak arttırılır. Atlamanın meydana geldiği izolator boyu %30 arttırılmış olduğundan bu izolatore tekrar atlama olmaz. Yanan sigortalar periyodik olarak değiştirilerek atlama yapan izolatorler tekrar deneylere dahil edilmiş olurlar.

Hebert ve Causse tabii şartlar altında ve servis geriliminde tutulan izolatorlerin gerilimlerini atlama oluncaya kadar yavaş yavaş yükselterek (takriben 6 dakika) atlama gerilimini tayin ediyorlar. Bu şekilde izolatorlerin birbirileri ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu metot orta gerilim için geçerli olabilir. Metodun başlıca mahzurları sık sık tekrarlanan atlama nedeniyle kir tabakasının bozulması ve sürekli olarak ayarlanabilir bir gerilim kaynağını gerektirmesidir

Templaar benzer bir usul kullanmaktadır. 100 kV servis gerilimi altında bulunan izolatorlerin gerilimini her 10 dakikada kademe kademe 165 kV’a kadar yükseltirken sızma akımına ve

atlama sayılarını tespit edilmektedir. Bu metodun gayesi, bir faz toprak arızası halinde izolatörlerin davranışlarını ölçmektir (Abdel-Salam, vd., 2002).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1 İzolatör Yapım Malzemelerine Göre Karşılaştırma

4.1.1 Cam ve Porselen İzolatörlerin Karşılaştırması

Cam İzolatörlerin Avantajları:

- Cam, basit izolatör şekilleri için porselene göre daha ucuzdur ve iyi tavlandığı takdirde porselene göre daha yüksek öz dirence ve dielektrik mukavemetine sahiptir.
- Camın şeffaf olması nedeniyle çatlakların, gözeneklerin ve diğer bozuklukların gözle görülerek tespit edilmesi mümkün ve kolaydır.
- Cam izolatör, bir ark veya mekanik bir dış etki nedeniyle arızalandığında parçalanır ve etrafa dağılır. Bu da cam izolatörün aşağıdan görülerek tespitini kolaylaştırır. Buna karşılık porselen izolatörlerde delinme olduğu halde yalnız çatlak meydana gelir ve parçalar etrafa dağılmaz. Bu da arızalı izolatörün tespitini güçleştirir.
- Cam daha düşük termik genişlemeye sahip olduğundan ortam sıcaklıklarının değişmesi ile meydana gelen gerilmeler ve servis esnasında kırılma ihtimalleri daha azdır.
- Cam izolatörler ışığı geçirdikleri için güneş ışığından dolayı daha az ısınırlar.
- Cam ; 25kV'a kadar olan gerilimlerde mesnet tipi izolatörler için uygun bir malzemedir ve yine uygun iklim şartları altında daha da yüksek gerilimler için kullanılabilir.

İzolatörler; maruz kalacakları rüzgar, yağmur, kar, sis, duman ve toz gibi etkiler ile kirlendiğinde kendi kendine temizlenecek ve işletmede karşılaşılabilecek elektrik ve mekanik zorlamalara dayanabilecek tarzda imal edilirler. Renkleri genel olarak beyaz, kahverengi ve bazen de siyahtır (TEİAŞ, 2009).

Cam İzolatörlerin Dezavantajları :

- Rutubet, cam üzerinde sırlanmış porselene nazaran daha çabuk yoğunlaşır. Bu da pisliklerin toplanmasını kolaylaştırır ve kaçak akımların meydana gelmesine sebep olur.
- Cam, muntazam olmayan şekiller için porselene nazaran daha az müsaittir. Buna sebep, döküldükten sonra soğumanın her tarafta eşit şekilde olmaması ve bundan dolayı camda iç gerilimlerin meydana gelmesidir. Bu nedenle camdan ancak yekpare gövdeli ve az şekilli mesnet tipi izolatörler yapılabilmekte fakat buna karşılık zincir tipi izolatörler için geniş kullanılma sahası bulunmaktadır.

İzolatörlerin yüzeyleri aşınma ve karbonlaşma ile çabuk bozulmaya meyillidir. Son zamanlarda karbonlaşmayan böylece açık havada kullanılabilen cycloaliphatic epoxy resin

gibi maddeler geliştirilmiştir. Bu maddenin yüksek mekanik mukavemeti, cam elyafı ile takviye edildiğinde aynı mekanik yük için izolatör ağırlığında %30'a varan bir azalma olmaktadır. Ayrıca bu maddeye porselenden daha kolay istenilen profil verilebilmektedir.

4.1.2 Silikon İzolatörlerin Özellikleri ve Deney Sonuçları

Aşağıda TEDAŞ tarafından hazırlanan silikon izolatörler ile ilgili teknik şartname verilmiştir. Bu şartname 36 kV hava hatlarında kullanılmak üzere satın alınacak kompozit silikon tipi askı ve gergi izolatörlerin teknik özelliklerini ve deneylerini kapsar.

4.1.2.1 Standartlar

Bu şartname kapsamındaki kompozit silikon tipi askı ve gergi izolatörleri aşağıda yazılı standartların yürürlükteki en son baskılarına uygun olarak tasarımlanacak, imal edilecek ve deneyden geçirilecektir.

Çizelge 4.1 TEDAŞ ve TEİAŞ Şartnamesinin atıfta bulunduğu standartlar

Standart Numarası	Standart Adı
TS IEC 61109 (IEC 61109)	Kompozit İzolatörler - Beyan gerilimi 1000 V'dan daha büyük olan a.a hava hatları için - Terimler, Deney metotları ve kabul kriterleri (Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V; definitions, test methods and acceptance criteria.)
TS 5277 HD 474 S1 (IEC 60120)	Zincir izolâtör ünitelerinin top ve yuva bağlantı ölçüleri. (Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units.)
TS 914 EN ISO 1461 (EN ISO 1461)	Demir ve Çelikten Yapılmış Malzemeler Üzerine Sıcak Daldırılmış Galvaniz Kaplamalar - Özellikler ve Deney Metotları. (Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - specification and test methods.)
TS 6080 EN 60437 (IEC 60437)	Yüksek gerilim izolâtörlerinde radyo girişim deneyi. (Radio interference test on high-voltage insulators.)
TS IEC 815	Kirlenme Şartlarına Göre İzolatörlerin Seçilme Kuralları Kılavuzu

Eşdeğer başka standartlar kabul edilebilir. Bu durumda, teklif sahipleri anılan standardın yürürlükteki en son baskısının Türkçe ve İngilizce kopyasını teklifleriyle birlikte verecektir.

4.1.2.2 Yönetmelikler

İzolatörlerin tasarım ve imalatında Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'nin yürürlükteki en son baskısının ilgili hükümlerine uyulacaktır.

4.1.2.3 Çalışma Koşulları

Malzeme Listesinde aksi belirtilmedikçe sipariş konusu kompozit silikon tipi askı ve gergi izolatörleri aşağıda belirtilen harici çalışma koşullarında kullanılmaya uygun olacaktır.

Çizelge 4.2 İzolatörlerin Çalışma Koşulları (TEİAŞ, 2009)

Yükselti	2000 metrenin üzerinde
Ortam Sıcaklığı	
En yüksek	+45 °C
En düşük	- 40 °C
24 saatlik ortalama	+35 °C
Ortam Hava Kirliliği	Düzy III (Ağır Kirlili)
Buzlanma	Sınıf 10, 10 mm
Rüzgar Basıncı	70 kg/m ² yuvarlak yüzeyde 120 kg/m ² düz yüzeyde
En Yüksek Güneş Işınımı	1000 W/m ²
24 Saat İçinde Ortalama Nem	En çok %95

Aşağıda belirtilen özel ortam sıcaklığı aralıkları Malzeme Listesinde belirtilmesi halinde geçerli olacaktır.

- Çok soğuk iklimler için: - 50 °C ve + 40 °C
- Çok sıcak iklimler için : - 5 °C ve + 50 °C

5. SİLİKON İZOLATÖRLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

5.1 İzolatör Tipleri

Kompozit silikon izolatörler yapısal olarak aşağıdaki tiplerde olacaktır.

- Mekanik kopma yüküne göre Askı Tipi ve Gergi Tipi.
- Nominal yüzeysel kaçak yolu uzunluğuna göre Normal Tip ve Sis Tipi.

5.2 Elektriksel ve Mekanik Özellikler

Malzeme Listesinde aksi belirtilmedikçe kompozit silikon izolatörler aşağıda belirtilen özelliklerde olacaktır.

- En yüksek sistem gerilimi (kV) : 36
- Minimum mekanik kopma yükü (kN)
 - Beyan edilen mekanik yük (SML) : 70/100
 - Rutin deney yükü (RTL) : 35/50
- Minimum nominal yüzeysel kaçak yolu uzunluğu (mm)
 - Normal Tip : 720
 - Sis Tipi : 900
- Pim Topu ve Yuva Ucu'nun Boyut Gösterimi : 11/16
- Kuruda yıldırım darbe dayanma gerilimi (kV-tepe) : 170
- Yaşta güç frekanslı dayanma gerilimi (kV) : 70

5.3 Yapısal Özellikler

Kompozit silikon izolatörler; gerek normal işletme koşullarında gerekse sistemde aşırı gerilimlerin meydana geldiği durumlarda, üzerine etki eden burulma kuvvetlerine, kısa devre akımları, deprem ve diğer titreşimler ve atmosferik koşullar sebebiyle meydana gelen kuvvetlere dayanacak şekilde imal edilmiş olacaktır.

5.4 İzolatör Çekirdeği

İzolatör çekirdeği, maksimum çekme mukavemetini elde etmek için elektriksel kalitede (E-type), epoksi esaslı, matriks bir yapıda konumlandırılmış güçlendirilmiş fiberglas olacaktır. Çekirdek, elektriksel korozyona, asit korozyonuna ve hidrolize karşı dayanıklı olacaktır.

5.5 İzolatörün Mahfazası ve Etekleri

İzolatörün mahfazası ve etekleri silikon kauçuk malzemeden olacaktır. Mahfaza ve etekleri EPM, EPDM, CE, ve polytetrafluroethylene (PTFE veya Teflon) malzemeden yapılmış izolatörler kesinlikle kabul edilmeyecektir. Baz polimer, takviye edici dolgu maddelerinin ilavesinden önce %100 silikon kauçuk olacaktır. İzolatörün mahfaza ve etekleri, aleve, çevresel etkilere, UV ışımalara ve harici kirlilik ve neme karşı dayanıklı ve hidrofobik (su tutmayan) özellikte olacaktır.

5.6 İzolatörün Metal Tutturma Elemanları (Uç Parçaları)

İzolatörün metal tutturma elemanları olan pim topu ve yuva; çelik malzemeden imal edilecek ve çapaksız, keskin köşesiz, pürüzsüz ve birbirine takılan kısımların kolaylıkla takılıp çıkarılabilmesi için düzgün yüzeyli olacaktır. Pim topu ve yuva TS 5277 HD 474 S1 (IEC 60120) standardına uygun olacak ve sıcaklık değişimleri, mekanik zorlamalar ve çevresel etkiler nedeniyle izolatör çekirdeğinden ayrılmayacak şekilde tespit edilecektir.

Kopilyalar (kilitleme elemanı); paslanmaz çelik, pirinç ya da bronzdan imal edilecek ve izolatör ile birlikte verilecektir.

İzolatörün metal tutturma elemanları TS 914 EN ISO 1461 (EN ISO 1461) standardına uygun olarak sıcak daldırma yöntemi ile galvanizlenecektir. Galvanizleme işlemi eğme, kesme, delme, puntolama, işaretleme v.b. işlemleri tamamlandıktan ve yüzeyler üzerindeki pas ve yağlar kumlama, kimyasal temizleme v.b. yöntemlerle iyice temizlendikten sonra yapılacaktır.

5.7 Boyutlar

Kompozit silikon izolatörler; şartname ekinde yer alan EK'de belirtilen boyutlara uygun imal edilecektir. Pim topu ve yuva'nın boyutları TS 5277 HD 474 S1 (IEC 60120) standardına uygun olacaktır. Kopilyaların (kilitleme elemanı) boyutları TS 5275 EN 60372 (IEC 60372) standardına uygun olacaktır.

5.8 Toleranslar

Kompozit silikon izolatörler için aşağıdaki toleranslar uygulanır.

d: mm olarak alınan boyut olmak üzere;

$\pm (0,04 \times d : 1,5) \text{ mm}$ $d \leq 300 \text{ mm}$ olduğunda;

$\pm (0,025 \times d : 6) \text{ mm}$ $d > 300 \text{ mm}$ olduğunda, maksimum 50 mm ile.

Kompozit silikon izolatörlerin pim topu ve yuva bağlantılarının ölçüleri için TS 5277 HD 474 S1 (IEC 60120) standardında belirtilen toleranslar uygulanır.

Kompozit silikon izolatörlerin pim topu ve yuva bağlantılarının kilitleme elemanı (kopilyalar) ölçüleri için TS 5275 EN 60372 (IEC 60372) standardında belirtilen toleranslar uygulanır.

5.9 İşaretleme

İzolatörün metal tutturma elemanları üzerine aşağıda yazılı bilgiler okunaklı ve silinmez bir şekilde kabartma yazı ile basılacaktır.

- İmalatçının adı veya ticari markası,
- İmalat tarihi,
- Mekanik kopma yükü (SML),
- Anma gerilimi,
- Nominal yüzeysel kaçak yolu uzunluğu.
- Pim Topu ve Yuva Ucu'nun Boyut Gösterimi

5.10 İzolatör Rengi

Kompozit silikon izolatörler açık gri renkte olacaktır.

5.11 Deneyler

Kompozit silikon izolatörlerin aşağıda yazılı;

- Tasarım deneyleri,
- Tip deneyleri,
- Numune alma deneyleri,
- Rutin deneyleri,

IEC 61109 standardının yürürlükteki son baskısına uygun olarak yapılacaktır.

5.11.1 Tasarım Deneyleri

- Metal Tutturma Elemanlarının Bağlantıları ve Arayüzlere Ait Deneyler,
- Bir Araya Getirilmiş Nüve Yük-Zaman Deneyi,
- Mahfaza Deneyi: İz (iz oluşumu) ve Erozyon Deneyi,
- Nüve Malzemesi İçin Deneyler,
- Alevlenebilirlik Deneyi.

5.11.2 Tip Deneyleri

- Kuruda Yıldırım Darbe Dayanma Gerilim Deneyi,
- Yaşta Güç Frekanslı Deney,
- Yaşta Anahtarlama Darbe Dayanma Gerilim Deneyi,
- Uç Tutturma Elemanları ve İzolatör Mahfazaları Arasındaki Arayüzün Sızdırmazlık Deneyi ve Mekanik Yük-Zaman Deneyi,
- Radyo Girişim Deneyi.

5.11.3 Numune Alma Deneyleri

- Boyutların Doğrulanması Deneyi,
- Kilitleme Sisteminin Doğrulanması Deneyi,
- Beyan Edilen Mekanik Yük SML ve İzolatör Mahfazası ile Uç Tutturma Elemanları Arasındaki Arayüzün Sızdırmazlığının Doğrulanması Deneyi,
- Galvanizleme Deneyi

5.11.4 Rutin Deneyler

- İşaretlemenin kontrolü,
- Gözle Muayene,
- Mekanik Rutin Deney

5.12 Numune Alma

Her teslimatta kabul deneylerine sunulan izolatörlerin aynı tip ve karakteristikte olanları bir parti sayılır. Numuneler teslimat kapsamında yer alan partilerden rasgele seçilir. Numune deneyleri için teslimat kapsamındaki her bir partiden alınacak numune sayısı aşağıdaki çizelgeye göre tespit edilecektir.

Numune alma deneyleri şunlardır:

- Boyutların Doğrulanması,
- Şartname eki EK-3 de yer alan boyutlar.
- TS 5277 HD 474 S1 (IEC 60120) standardına göre top ve yuva bağlantı ölçüleri.
- Kilitleme Sisteminin Doğrulanması (E2)
- Beyan Edilen Mekanik Yük SML (E1) ve İzolatör Mahfazası ile Uç Tutturma

- Elemanları Arasındaki Arayüzün Sızdırmazlığının Doğrulanması (E2),
- Galvanizleme Deneyi,

Çizelge 5.1 Test ve kabul işlemleri için numune alma kriteri (IEC61109)

Partideki İzolatör Sayısı (N)	Alınacak numune sayısı	
	E1	E2
$N \leq 300$	3	2
$300 < N \leq 2000$	4	3
$2000 < N \leq 5000$	8	4
$5000 < N \leq 10000$	12	6

Partideki izolatör sayısının 10000'den fazla olması durumunda, bunlar 2000 ila 10000 arasını kapsayan optimum sayıda partilere ayrılacak ve deney sonuçları ayırma sonucunda oluşan partiler için ayrı ayrı değerlendirilecektir.

Numune alma deneylerinin gerçekleştirilmesi sırasında numunenin arızalanması durumunda, IEC 61109 standardında yer alan “Tekrar Deneyi Prosedürü” uygulanır.

5.13 Kabul Kriterleri

i. Tip deneyleri için kabul kriterleri

Belirtilen bütün tip deneylerinden olumlu sonuç alınmış olacaktır, tip deneylerinden herhangi birinin olumsuz sonuçlanması halinde, izolatörlerin çalışma güvenilirliğinin kaybolacağı kanısına varırsa siparişteki aynı tip izolatörlerin tamamını reddedebilecektir. Karar tamamen kendisine ait olmak üzere, İmalatçının, makul bir süre içinde izolatörlerin tasarımında değişiklik yapma ve şartnamede belirtilen bütün tip deneylerini, giderleri İmalatçı/Yükleniciye ait olmak üzere, tekrar etme isteğini kabul edebilir.

ii. Numune alma deneyleri için kabul kriterleri

Bütün numune alma deneylerinden olumlu sonuç alınmış olacaktır. Numune alma deneylerine uygunluk için yalnızca bir adet izolatör veya metal bölümü deneyi geçemezse; deneyden geçirilen numune sayısının iki katına eşit yeni numune tekrar deneyine maruz bırakılır. Tekrar deneyi arızanın meydana geldiği deneyi kapsamalıdır.

İki veya daha fazla sayıda izolatör veya metal bölümleri herhangi bir numune alma deneyinde başarısız olursa veya tekrar deneyi sırasında herhangi bir arıza olması durumunda; partinin tamamı red edilir.

5.14 Kabul Deneylerine İlişkin Genel Kurallar

- i. Kabul Deneyleri kapsamında yapılması öngörülen Tip Deneyleri, akredite edilmiş bir laboratuvar da ya da temsilcisi/temsilcilerinin gözetiminde kabul edilmesi koşuluyla akredite olmamış başka bir laboratuvar da yapılacaktır. Tip deneylerine ait başarılı deney raporların sunulmadan, diğer kabul deneylerine başlanmayacaktır. Tip deneylerinin akredite bir laboratuvar da yapılması halinde temsilcisinin/temsilcilerinin deneylerde bulunması zorunlu değildir.
- ii. Kabul deneyleri kapsamında yer alan Numune Alma Deneylerinin İmalatçı tesislerinde yapılması esastır. Numune alma deneyleri temsilcisi/temsilcilerinin gözetiminde yapılacaktır.
- iii. Yüklenici; sözleşmenin imzalanmasından sonra deneylerin adını, yapılacağı yeri ve başlama tarihi gibi bilgileri içeren bir Deney Programını, yurtdışında yapılacak deneyler için en az 20 (yirmi) gün, yurtiçinde yapılacak deneyler için ise en az 7 (yedi) gün öncesinden bildirecektir.
- iv. Yükleniciye zamanında haber vererek deneylerde bulunamayacağını bildirebilir. Bu durumda, Yüklenici İmalatçı ile birlikte deneyleri yapacak ve sonuçlarını bildirecektir. Yüklenici ve İmalatçı tarafından birlikte hazırlanan ve imzalanan Deney Raporları, incelenmesi ve onaylanması için 2 (iki) takım olarak gönderilecektir. Deney raporlarının onaylanması durumunda, sevkiyat için Sevk Emri verilecek, onaylı 1(bir) takım Deney Raporu Yükleniciye geri gönderilecektir.
- v. Tesis şartlarından kaynaklanan nedenler (Belirtilen tarihte deney mahallinde bulunamama, deney sonuçları hakkında karar verememe, v.b) hariç olmak üzere, kabul deneylerinin tamamlanamaması nedeniyle teslimatta olabilecek gecikmeler için yükleniciye süre uzatımı verilmeyecektir.
- vi. Kabul Deneyleri sonuçlanıncaya kadar yüklenici hiçbir ödeme yapılmayacaktır.
- vii. Deney raporlarında; deneye alınan numune(ler)in seri numaraları ve karakteristikleri ile deney sonuçlarının uygunluğu ya da uygunsuzluğu açıkça belirtilecek ve karşılıklı olarak imza edilecektir. Deney sonuçları ile varsa sözleşmede belirtilen diğer hususların da uygun olması halinde temsilcisi/temsilcileri, ilgili malzeme partisinin sevkine izin vereceklerdir.

5.15 Kabul Deneyleri Dışındaki İnceleme ve Deneyler

- i. İzolatörlerin temsilcisi/ temsilcileri tarafından incelenmiş, deneyden geçirilmiş ve kabul edilmiş olmaları, izolatörlerin son teslim yerinde yeniden inceleme, deney yapma ve gerektiğinde reddetme hakkını kısıtlamaz ya da yok etmez.

- ii. Karar tamamıyla kendisine ait olmak üzere tip deneylerin tümünün ya da bir bölümünün akredite laboratuarlarda ya da temsilcisi/temsilcilerinin gözetiminde kabul edilmesi koşuluyla akredite olmamış başka bir laboratuarda, numune alma deneylerinin ise tümünün ya da bir bölümünün İmalatçı tesislerinde ya da yurtiçinde veya yurtdışında uygun göreceği bir laboratuarda sözleşme süresi içerisinde tekrarlanmasına karar verilir.

Bu durumda numuneler, temsilcileri tarafından seçilecek ve karşılıklı olarak mühürlenecektir.

Aynı tip ve karakteristikte olan izolatörlerde yapılacak deneylerin tümünün sonucunun olumlu çıkması durumunda, tüm masraflar ödenecektir.

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1 Göz ve Boyut Kontrolü

E1 ve E2' den numune olarak seçilen toplam 7 adet silikon izolatör, ilgili teknik resimleri dahilinde göz ve boyut kontrolüne tutulmuş olup, izolatörün IEC61109 standardında belirtilen toleranslar dahilinde imal edildiği tespit edilmiştir.

6.2 Kitleme Sistemi Kontrolü

E2' den numune olarak seçilen 3 adet izolatör IEC120/16 standardına göre kitleme sistemi kontrolüne tabii tutulmuştur. İzolatöre ait tij ve yuva aksamının ilgili standarda uygun olduğu tespit edilmiştir.

6.3 Spesifik Mekanik Yük Testi (SML)

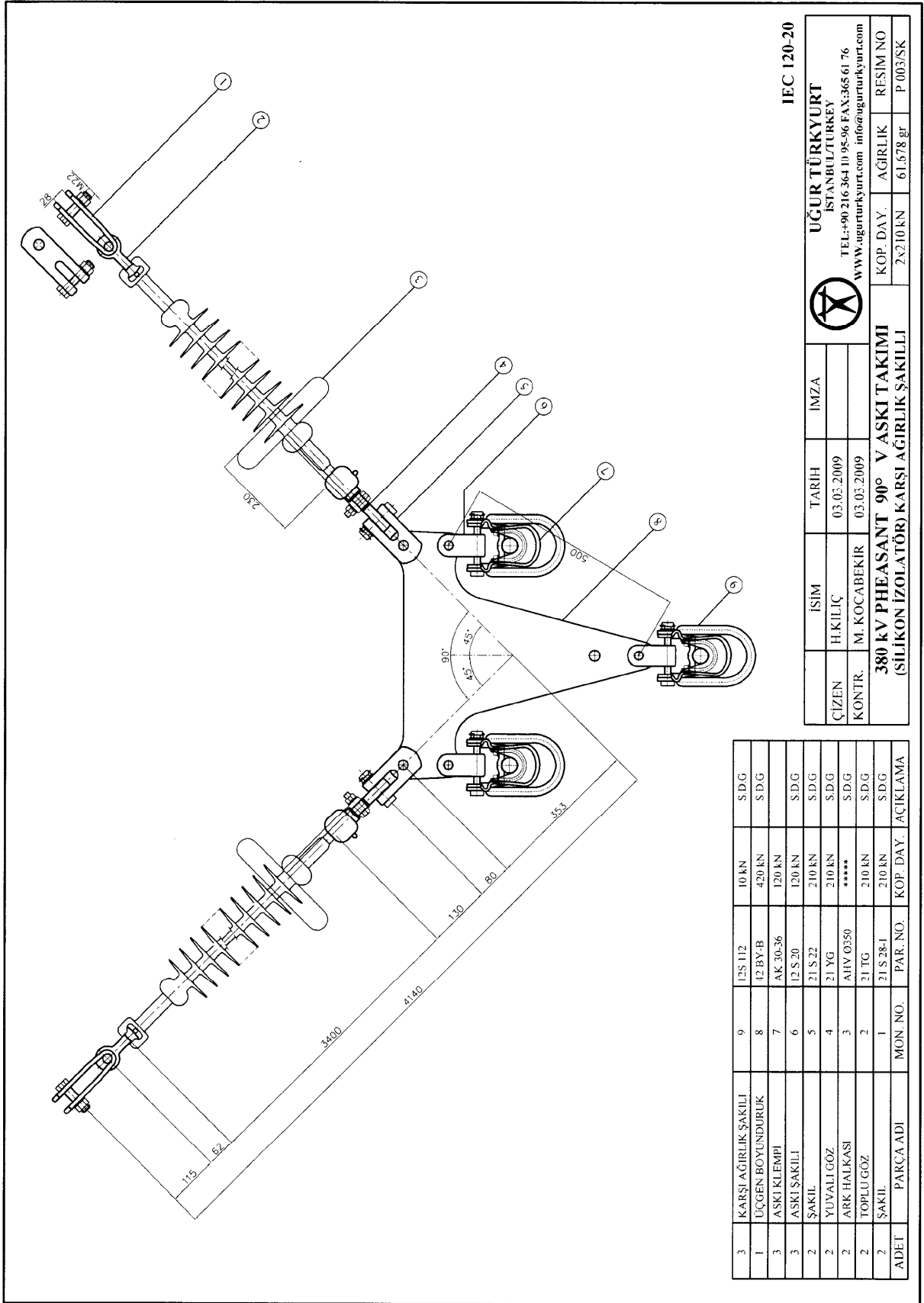
E1' den numune olarak seçilen 4 adet izolatör yatay çekme test makinasına seri olarak bağlanmış olup, test düzeneği hazırlanmıştır. İzolatörler önce çekme dayançlarının %75' i olan 7500 kg değerine kadar çekilmiş ve bu değerde 90 sn bekletilmiştir. Süre bitiminde çekme dayançlarının %100 değeri olan 10000 kg değerine çıkılmış ve izolatörde herhangi bir deformasyon ve sıyrma gözlenmemiş olup, izolatörün IEC61109 standardına uygun olarak imal edildiği tespit edilmiştir.

6.4 Penetrasyon ve Arayüz Deneyi

E2' den numune olarak alınan 3 adet izolatör, yatay çekme test makinasına seri olarak bağlanmış olup, test düzeneği hazırlanmıştır. İzolatörler önce çekme dayançlarının %70' i olan 7000 kg' a kadar çekilmiş ve test makinasından çıkartılmak suretiyle penetrasyon sıvısı sürülmüştür. 20 dk bekleme neticesinde penetrasyon sıvısı sürülen yüzeye developer uygulaması yapılmış olup, metal fittings ve izolatör bağlantı yerlerinde herhangi bir kusura rastlanmamıştır.

6.5 İzlenebilirlik

Numune olarak seçilen izolatörlerin üzerinde imalatçı işareti görünmüş olup, izolatör üzerindeki barkodlar sayesinde ham maddeye kadar izolatörün takibi yapılmıştır.



IEC 120-20

UĞUR TÜRKYURT İSTANBUL/TÜRKİYE TEL:+90 216 364 10 95-96 FAX:365 61 76 WWW.ugurturkyurt.com info@ugurturkyurt.com		İSİM		TARİH		İMZA	
ÇİZEN	H.KILIÇ	03.03.2009					
KONTR.	M. KOCABEKİR	03.03.2009					
380 kV PHEASANT 90° V ASKI TAKIMI (SİLİKON İZOLATÖR) KARŞI AĞIRLIK ŞAKILLI				KOP. DAY.			
				2x210 kN			
				AĞIRLIK			
				61.578 gr			
				RESİM NO			
				P 003/SK			

3	KARŞI AĞIRLIK ŞAKILLI	9	İ2S 112	10 kN	S.D.G
1	UÇGEN BOYUNDURUK	8	42 BY-B	420 kN	S.D.G
3	ASKI KLEMPLİ	7	AK 30-36	120 kN	S.D.G
3	ASKI ŞAKILLI	6	İ2 S 20	120 kN	S.D.G
2	ŞAKIL	5	21 S 22	210 kN	S.D.G
2	YUVALLI GÖZ	4	21 YG	210 kN	S.D.G
2	ARK HALKASI	3	AHV 0350	*****	S.D.G
2	TOPLU GÖZ	2	21 TG	210 kN	S.D.G
2	ŞAKIL	1	21 S 28-1	210 kN	S.D.G
ADET	PARÇA ADI	MON. NO.	PAR. NO.	KOP. DAY.	AÇIKLAMA

Şekil 6.1 Deney tabi tabi tutulan izolatörün takıma bağlantı şekli (UT, 2010)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atmosfer koşullarında kullanılan ve çevresel etkiler nedeniyle özelliklerinde önemli değişimler olan, cam, seramik ve benzeri malzemelerden yapılan izolatörler beklenen kalite koşullarını yeterince sağlayamamaktadır. Karşılaşılan kullanım ve işletme zorlukları ortadan kaldırılamamakta olup, sorunların çözümüne yönelik üretici firmalar araştırmalar yapmaktadır. Yeni bir malzeme olarak tasarlanan ve üretimi gerçekleştirilen silikon izolatörler IEC61109, IEC 120/16, IEC61109, penetrasyon ara yüzey ve izlenebilirlik deneylerine tabi tutulmuştur. Bu deneysel çalışma sonucunda;

1. Karşı ağırlık şakılı, üçgen boyunduruk, askı klemp, askı şakılı, askı, yuvalı göz, ark halkası ve toplu göz IEC61109 standardının kalite koşullarını sağlamıştır.
2. İzolatör kilitlemeyi mükemmel gerçekleştirerek, tij ve yuva aksamının IEC61109'e uygunluğu tespit edilmiştir.
3. Uygulanan mekanik yük deneyi sonucu 100.000 N kuvvete dayanmıştır.
4. Malzeme yüzeylerine kuvvet uygulanmasıyla çatlak oluşumu penetrasyon deneyi ile belirlenmiş ve kusur olmadığı saptanmıştır.
5. Üretimin her evresinde yapılan işlem, deney ve kontrol oluşturulan barkod yazılımıyla gerçekleştirilerek kalitesizliğe neden olacak işlemlerin önlenmesi sağlanmıştır.

Bu deneylerin dışında, yağmur, kar, fırtına v.b. çevresel değişkenlerin neden olduğu yüzeysel kayıp (flashover) geleneksel izolatörlerde sökülüp, temizlenip yeniden montaj gerektirmektedir. Seramik ve cam yüzeylerin temizliği doğal yollardan kendi kendini temizleyen bir özellikte olmadığı için kayıplar artmaktadır. Bunu önlemeye yönelik yeni malzemelerin geliştirilmesine enerji verimliliği için gereksinim her geçen gün artmaktadır. Silikon izolatörler bu gün için bu sorunu önemli ölçüde çözmektedir.

Bu konuda yapılması önerilen çalışmalar;

- Enerji kaybı,
- İşletme koşullarında kullanılabilirlik,
- Üretilebilirlik,
- Emniyet ve güvenlik,
- Maliyet,
- Uygulanabilirlik.

Mevcut izalatörlere alternatif olarak geliştirilen ve uygulamalarının yaygınlaşması beklenen silikon esaslı malzemeden yapılan ürün, kalite ve kullanım koşullarını sağlamıştır. Kullanım sırasında ortaya çıkacak olumsuzlukların giderilmesine yönelik de çalışmaların lisans üstü düzeylerde yapılması gerekebilecektir.

KAYNAKLAR

Abdel-Salam, H.A.H., Abdelgawad, N.M.K., ve Arafa, B.A.(2002), Effect of Desert Environmental Conditions on the Flashover Voltage of Insulators, Energy Conversion and Management, 43 (17): 2437-2442.

Ahmad, S.A., Ghosh, P.S., Ahmed, S.S. ve Aljunid, S.A.K., (2004), Assessment of ESDD on High-Voltage Insulators Using Artificial Neural Network, Electric Power Systems Research, 72, 2(1) : 131-136.

Beausejour, Y., Rizk, F.A.M., (1981), Feed Back-Controlled Cascade Rectifier Source for HV Testing of Contaminated Insulators, IEEE Trans, PAS, 100 (7): 3525-3534.

Cheng, T.C., Wu, C.T., (1980), HVDC Insulators under Contaminated Conditions, IEEE Trans. EI, 15 (3): 270-284,

Cherney, E.A, (1983), The AC Clean-Fog Test for Contaminated Insulators, IEEE Trans. PAS, 102 (3): 604-612,

Dhahbi-Megriche, ve N., Beroual, A.,(2002), Flashover Dynamic Model of Polluted Insulators Under AC Voltage, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 7 (2): 283-289.

Dhahbi-Megriche, N., Beroual, ve A., Krahenbühl,(1997), new proposal model for flashover of polluted insulators, J.Phys. D:Appl. Phys. 30 (5): 889-894.

Uçku, K. (1974),Enerji Dağıtım ve Projesi, Ankara

Dengiz, H.H., (2001), Enerji Hatları Mühendisliği, Ankara

Gouda, O.E., (1990), Influence of Pollution on H.V. Insulators, Conference Record of the IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Toronto, Canada. 195-198.

Guan, Z., Warren, L., Bagdahdi, A.J. ve Goulsbra, D.R., (1989), The Polarity Effect of Discharge on Polluted Insulators, Sixth International Symposium on HV Engineering, Paper No: 30.03.

Gubanski, S.M., ve Vlastos, A.E., (1990), Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators, IEEE Transaction on Power Delivery, 3: 1527-1535.

Shugg, W. (1995), Handbook of Electrical and Electronic Insulating Materials.

Hasegawa, Y., Naito, K., Arakawa, K., Schneider, H.M. ve Zaffanella, L.F., (2002), A Comparative Program on HVDC Contamination Tests, IEEE PES Summer Meet.,

Jolly, D.C.ve Poole, C.D., (1979), Flashover of Contaminated Insulators with Cylindrical Symmetry under DC Conditions, IEEE Trans. EI, 14 (2): 77-84.

Kawai, M. ve Milone, D.M., (1970), Flashover Tests at Project UHV on Salt-Contaminated Insulators, IEEE Trans, 89 (3):755-761.

Kimoto, I., Fujimura, T. ve Naito, K., (1973), Performance of Insulators for Direct Current Transmission Line under Polluted Condition, IEEE Trans. PAS, 92: 943-949

Lambeth, P.J., (1974) Effect of Pollution on HV Outdoor Insulators, Proc. IEE, IEE Reviews, 118 (9R): 1107-1130.

Li, Q., Wang, L., Su, Z., Liu, Y., Morita, K., Matsuoka, R.ve Ito, S., (1991), Natural Contamination Test Results of Various Insulators under DC Voltage in an Inland Area in China, Proceedings of the Third International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials.

Pigini, A., Perin, D., Zagliani, F., Ramamoorthy, M., Lakshminarasimha, C.S.ve Rammohan, V.B., (2002), Performance of Insulators for EHVDC Systems under Polluted Conditions, CIGRE, Paper No: 33-11

Rashwan, M.M., McDermid, W.ve DC Wall, (1991), Bushings on the Nelson River HVDC System, IEEE Canadian Review, 12-14.

Rizk, F.A.M. ve Assaad, A.A., (1972), Flashover Tests on Dust-Contaminated Insulators, IEEE Trans. PAS, 91 (1): 328-334.

Rumeli, A., (1973), Yüksek Gerilim İzolatörlerinin Kirlenme Atlama Gerilimlerinin Hesaplanması, Tübitak Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No: Mag-294, Ankara.

Sundararajan, R. ve Gorur, R.S., (2003), Dynamic Arc Modeling of Pollution Flashover of Insulators

TEDAŞ Şartnameleri, 2009

TEİAŞ MYD, 2009

TSE , (1987) , TS 5007 Standartı

Uğur Türkyurt Fabrikası İzolatör Kataloğu, 2010

Zaffanella, L.E., Schneider, H.M., Dunlop, J.H., (1986), Performance of Contaminated Insulators for HVDC Lines, CIGRE, Paper No: 33-05.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02.08.1974

Doğum yeri İstanbul

Lise 1986-1992 Kadıköy Anadolu Lisesi

Lisans 1992-1997 Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fak.
Metalurji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2008-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum

1993-Halen Uğur Türkyurt A.Ş.
Genel Müdür