

# izolatörlerde Kirlenme ve Atlama Problemi

Yazan :  
Y. Prof. Dr. Ahmet RUMELİ  
Elektrik T. Müh.  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Elektrik Bölümü — ANKARA

## ÖZET :

*Bu makalede izolatörlerin kirlenmesinin sebep olduğu elektriksel problemlerin teknik ve ekonomik yönü incelenmiş ve ilgili bazı çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.*

## SUMMARY:

*in this article the economic and technical importance of flashover of polluted insulator is examined and some information an artificial and natural insulator tests are given.*

### Problemin Teknik ve Ekonomik Yönü :

Elektrik enerjisi üretim ve tüketimi dünyanın bütün memleketlerinde süratle artmaktadır. Türkiye'de 1968 yılında 6968x10<sup>6</sup>kWh olan yıllık enerji üretimi, Keban sisteminin ikmalinden sonra 1973 de hemen hemen iki misline, 12006 x 10<sup>6</sup> kWh değerine yükselecektir (1).

Elektrik enerjisi, ucuz ve kolay üretimi, kolay ve randımanlı nakledilebilmesi her an tüketime hazır beklemesi, kolay ve randımanlı kullanılabilmesi sebepleriyle insan hayatında çok önemli bir unsur olmuştur. Bugün nüfus bağına elektrik tüketimi kalkınma için bir ölçü olarak alınmaktadır.

Artan enerji ihtiyacı, çok büyük miktarlarda elektrik enerjisinin bir bölgeden başka bir bölgeye ve hattâ bir memleketten başka bir memlekete naklini zaruri kılmıştır. Büyük çaptaki enerji nakli birçok enerji istihsal ve nakil problemlerini ortaya koymuştur. Artan ihtiyacı karşılamak için ve keza ekonomik sebepler dolayısıyla enerji nakil hattı uzunlukları, trafo istasyonları sayısı artmakta, müsait bölgelerde yeni yeni santraller kurulmaktadır. Bunlara ilâveten enerji nakil gerilimleri de yükselmektedir.

Randımanlı bir enerji nakli için hat gerilimlerinin yükseltilmesi arzu edilmekle beraber birçok faktörler bu arzuyu sınırlamaktadır. Bunların en önemlilerinden biri de izolasyon problemidir. Porselen ve cam izolatörler yüksek gerilim enerji nakil hatları izolasyonunda çokça kullanılmaktadır. İzolatörler genel olarak mekanik ve elektriksel olmak üzere başlıca iki vazife görürler. Mekanik olarak hattın yükünü taşır ve bu hususta pek müşkülât arzetmezler. Elektriksel olarak yüksek gerilim hattını topraktan izole ederler ve zaman zaman bu fonksiyonlarını

ifâ edemeyip arızalara sebep olurlar. İzolatörlerde meydana gelen ve hattın toprağa kısa devre olması ile sonuçlanan elektriksel arızalar başlıca Uç kısmında toplanabilir :

- 1 — Yıldırımlar ve ağır gerilimler sebebiyle İzolatör boyunca meydana gelen atlamalar (aşırı gerilim atlamaları)
- 2 — İzolatörün elektriksel alan tesiri altında delinmesi (dielektrik delinme)
- 3 — İzolatör yüzeyi boyunca kirlenme ve rutubet tesiri ile meydana gelen deşarj ve atlamalar (kirlenme atlaması)

Aşın gerilim atlamalarının çoğunluğu yıldırımlar sebebiyle olmaktadır. Yıldırımlar sebebiyle hasıl olan arızalar (Yıldırım atlamaları) daha çok izokronik seviyesi yüksek olan memleketlerde bir problem olmaktadır. 1957 -1967 yılları arasında İngiltere yüksek gerilim enerji nakil sisteminde izolatör arızalarının başlıca sebebi yıldırımlar olmuştur. (Tablo 1) Memleketimiz için yıldırım atlamaları ciddi bir problem olmamaktadır. Genellikle, yıldırım atlamaları izolasyon seviyesi artıkça azalmaktadır.

İzolatörün dielektrik delinmesi olayına seyrek rastlanır ve t̄u anza ekseriya hatalı imalat sebebiyle olur. Zincir tip porselen izolatörler de bu tip arıza ekseriya kasket ve pin arasındaki porselen boğaz kısmında meydana gelir.

Kirlenme sebebiyle meydana gelen atlamalar enerji nakil sistemlerinde sık sık rastlanan arızalardır. Kuru ve temiz şartlarda çalışan izolatörler nonnal gerilimlerde herhangi bir müşkülât arzetmezler. Halbuki kirlenmiş izolatörler, rutubet, sis veya çiseleyen yağmur altında arızalanabilir. Rutubet tesiri ile iletken hale gelen kirli izolatör zinciri yüzeyi boyunca akan kaçak

Tablo 1 — İngiltere Yüksek Gerilim (Enerji Nakil Sistemi İzolatörlerin^ meydana gelen Yıldırım ve Kirlenme atlamaları sayılan

	Arızanın Cinsi		
	Yıllık ortalama kirlenme ve Yıldırım atlamaları (sayısı (1957/58-1961/62)	1962-63 kışı kirlenme atlaması sayılan	
		Aralık 1962 Şubat 1963	26-26 Ocak 1963 (2)
a — 275 kV hava hattı izolatörlerinde:	9 (23)	281	89
b — 275 kV Trafo istasyonlarında	7	122	43
c Toplam	16	403	132
d — 132 kV hava hattı izolatörlerinde	35 (95)	363	38
e — 132 kV trafo istasyonlarında	13	9	28
f Toplam :	48	457	66
Toplam	64 (118)*	860 ( )	198 (4)

- 1 — Hava şartları ve izolatörlerin durumu : Şiddetli rüzgâr ve sis. İzolatörler kirlenmiş ve buzla kaplı.
- 2 — Hava şartları ve izolatörlerin durumu : Hava sıcaklığının artması sonucu kirlenmiş ve buzun erimesi
- 3 — Parantez içindeki rakamlar yıldırım, atlaması sayısını gösteriyor.
- 4 — Rakamlar, sistemin devreye sokulması anında meydana gelen arızaların ihtiva etmemektedir. 1962-1963 kışında meydana gelen kısa devre sayısı hakikatte yukarıda verilen değerlerden çok fazladır.

akımlar enerji kaybına çok defa işletme geriliminde izolatör yüzeyinde deşarj teşekkülüne ve kısa devrelere sebebiyet verirler. (2) Bu cins arızaya, kir ve rutubetin bir sonucu olarak meydana geldiğinden, «kirlenme atlaması» denilmiştir.

Kirlenme atlaması bilhassa endüstriyel ve sahil bölgelerde önemli bir işletme problemidir. Bu bölgelerdeki izolatörler devamlı anıza kaynağı olmaktadır. Tablo 1 de İngiltere 132 ve 275 kV enerji nakil sistemlerinde 1957-1963 yılları arasında meydana gelen yıldırım ve kirlenme atlamaları durumu gösterilmiştir. Tablo 1 den görüleceği gibi, 1957-1962 arasında kirlenme atlaması sayısı yıldırım atlaması sayısından az iken 1962-1963 kışı kötü hava şartları yüzünden çok sayıda kirlenme atlaması meydana gelmiştir. Sadece bir gece de iki yüze yakın arıza kaydedilmiştir. O tarihten itibaren İngiltere de problemin ciddiyeti idrak edilmiş ve gerekli tedbirler alınmaktadır (3).

İzolatörlerde kirlenme ve sebep olduğu arızalar önemli ve uluslararası çalışmalara konu bir enerji nakil problemidir. Problem, sis. bol, bir endüstri ve sahil memleketi olan İngiltere için özel bir önem taşımaktadır. Sahil boyunca uza-

nan enerji nakil hattı izolatörleri rüzgarlı havalarda tuzlu ve iletken deniz suyunun (etkisine maruz kalırlar. Kirli endüstri bölgelerindeki izolatörlerde, sık sık vukubulan sis ve çiseleyen yağmur anlarında kısa devreler olmaktadır. Bundan başka Almanya, Fransa, Belçika gibi birçok endüstri ve sahil memleketlerinde izolatörler, işletme ve bakım problemleri meydana getirmektedir. Amerika ve Japonya'da kasırga ve Hindistan da siklon zamanlarında kirlenme kısa devreleri sık sık vukubulmaktadır. (4) Türkiye'de kirlenme atlaması henüz ciddi bir problem değildir. Ancak mevzii olarak kimyasal gaz neşredilen endüstri bölgeleri ve çimento fabrikaları civarındaki izolatörlerde arızalar kaydedilmektedir. Sirkeci - Halkalı sahil demiryolu izolatörlerindeki başlangıçta beliren, işletme zorlukları, uygun izolatör koordinasyonu ile giderilmiştir. Bununla, beraber gerek Türkiye ve gerek diğer memleketler için problem istikbalde daha çok ciddiyet arzedecektir. Çünkü, hat gerilimleri süratle arttırılmaktadır. Kolay soğutma suyu temini için sahil bölgelerinde santraller tesis edilmekte, sahil ve endüstri bölgelerinde enerji nakil hatları ve ekonomik oluşu sebebiyle açık trafo istasyonları inşa edilmektedir; Diğer taraftan

endüstrileşmenin bir sonucu olarak kirlenme git-tikçe artmaktadır.

İzolatör kirlenmesi ve sebep olduğu problemler fevkalâde ekonomik bir önemi haizdir. Kirlenme atlaması enerji naklinde kesintilere sebep olarak endüstriyel ve sosyal hayati felce uğratabilir. Bilhassa yüksek gerilimlerde, yani büyük çapta enerji nakledilmesi halinde böyle bir kesintinin büyük mali kayba sebeb olacağı aşikârdır. Eğer arıza büyük bir trafo istasyonu izolatörlerinde meydana gelmiş ve istasyon devre dışı kalmışsa durum gene kritiktir. Enerji kesilmesi elektrik idaresi ve müşteri arasında kanuni meselelere de yol açabilir. Birçok memleketlerde elektrik idaresi tazminat ödemeğe mecbur edilmiştir.

İzolatörler, enerji nakil sisteminin elektriksel ve mekanik olarak en çok zorlanan kısımlarıdır. Uygun seçilmemiş bir izolasyon koordinasyonu, enerji nakil sisteminin emniyetini ve enerji naklinin devamlılığını tahdit eder.

Yüksek gerilimlerde izolatör zinciri boyunca atlama sonucu meydana gelen büyük değerli ark akımı izolatörlere ve ark boynuzlarına zarar verebilir. Eğer izolatör zincirinde koruma halkaları yoksa ve kesicilerin açma süratleri yavaşsa, ark iletkeni bile eritebilir. Bir fazın ark kanalıyla kısa devre edilmesi halinde, tesisin topraklama sistemine ve izolatörlerdeki kir seviyesine bağlı olarak, diğer fazların potansiyellerinin yükselmesi sonucu izolatörler boyunca bir kısa devre zinciri meydana gelebilir.

Kirlenme atlamaları direkt ekonomik kayıplara ilaveten indirekt olarak enerji maliyetine tesir eder. İzolatörlerin kirlenmesi ve bunun sonucu meydana gelebilecek arızaları önlemek veya azaltmak için birçok ilave tedbirlere başvurulmaktadır. Meselâ, aynı gerilim için kirlil ve sahil bölgelerdeki izolasyon seviyesi temiz bölgelere nazaran daha fazla seçilmektedir. Aslında, zincirdeki izolatör adedinin birkaç tane artırılması direkt olarak maliyete pek tesir etmez. Pa-kat uzayan zincir boyu diflek eb'ad'arının büyümesine ve indirekt olarak enerji maliyetine tesir eder. Zira masrafları, toplam enerji nakil hattı maliyetinin önemli bir kesrini teşkil eder. (5) Diğer taraftan yüksek doğru gerilimle enerji nakli hergün biraz daha popüler hale gelmektedir. Aynı gerilim için, doğru gerilim halinde, ortalama % 30 daha fazla izolasyon icabediyor. (5) Bu bakımdan ekstra-izolasyon masrafları doğru gerilimde daha fazla olacaktır.

- İzolatörlerin kirlenmesini ve kısa devreleri önlemek için başka tedbirlere de başvurulmaktadır. Meselâ, kirlenen İzolatörler periyodik olarak veya gerektiğinde elle temizlenir veya yıkanır. Kaçak akımlar, deşarj ve atlamaları önlemek için

çok kirli bölgelerdeki izolatörlerin, yüzeyleri gres nevinden maddelerle kaplanır. Bu tedbirler ilave masrafları ve enerji nakil sisteminin zaman zaman devre dışı kalmasını gerektirir. Bütün bunlar enerji maliyetinin artması ve enerji fiyatının yüksek olmasına sebep olur.

Konu ile İlgili Bazı Çalışmalar :

İşletmede çalışan elektrik mühendisleri yönünden izolatör kirlenmesi ve bunun sebep olduğu arızalar endüstrileşmenin menfi neticelerinden biridir. Problem üzerinde, teknik ve ekonomik (ehemmiyetine (binaen, birçok memleketlerde uzun zamandan beri araştırmalar yapılagelmektedir. Bununla beraber genel bir çözüm henüz bulunamamıştır. Gaye kirli şartlarda hiçbir ilave etedbire ihtiyaç göstermeyen ve arızalanmayan bir izolatör tipi geliştirmektir. Böyle bir izolatör henüz imal edilmemiştir. Mamafih, yapılagelen araştırmalar sonucu, kirli atmosferlerde iyi sonuçlar veren izolatör tipleri geliştirilmiş, deşarj ve atlamaların fiziksel karakterleri hakkında faydalı bilgiler elde edilmiştir.

İzolatör kirlenmesi ve sebep olduğu deşarj ve atlama problemi ile ilgili olarak yapılagelen araştırmaları üç genel kısımda toplıyabılırız.

- 1 — İmal edilen bir izolatör tipinin kirli bir atmosferde nasıl davranış göstereceğinin (performansının) ölçülmesi,
- 2 — Problemin fiziksel mekanizmasını aydınlatıcı çalışmalar
- 3 — Kirlenme ve kirlenme atlaması ile pratik mücadele metodları

Bu makalenin birinci bölümünde sadece birinci kısım ile ilgili yapılan çalışmalar kısaca incelenecektir.

İzolatör imalatçıları imal ettikleri yeni bir izolatör tipinin pratik şartlar altında nasıl bir davranış göstereceğini önceden (bilmek isterler. Keza izolasyon koordinasyonunu planlayan mühendisler bölgelerinin atmosferik şartlarına en uygun izolatör tiplerini seçmek isterler. Bu maksatla, Fransa, İngiltere, Almanya, Belçika, Hollanda ve daha bazı memleketlerde izolatör test merkezleri kurulmuş ve birçok test metodları geliştirilmiştir. Meselâ, İngiltere de Croydon ve Brighton'de tesis edilmiş test istasyonlarında izolatörlerin endüstriyel kir ve deniz suyu etkilerine karşı performansları incelenmektedir. Almaya'da Recklinghansen (Ruhr bölgesinde) izolatör test istasyonunda, endüstriyel kir altında izolatörlerin davranışlar? üzerinde çalışılmaktadır. (5)

Kullanılmakta olan izolatör test metodlarını genel olarak ikiye ayırabiliriz. (6)

1 — Tabii testler

2 — Sun'l testler

Birinci halde, teste tabi tutulacak izolatörler seçilen" bir bölgede, normal işletme geriliminde, tecrübi bir hatta veya hakiki hatlar üzerinde, tabii atmosferik şartlar altında uzun süre tetkike tatol tutulur. İSeçilen bir süre içinde, meydana gelen atlama sayısı, meteorolojik durum ve belli değerleri (meselâ 25,50 mA) ağan kaçak akım sayılan kaydedilir. Ayrıca, kaçak akım ve korona kayıpları, kaçak akımın dalga şekli ve faz açısı, İzolatör zincirindeki gerilim dağılımı, izolatörlerin radyo interferens (parazit) seviyeleri gibi ilave ve faydalı ölçmeler yapılabilir. İngiltere de bu metod otuz seneden beri kullanılagelmektedir. (7. 8)

Uzun seneler yapılan tabii testler sonucu kanaate vanimigtır ki, verilen bir izolatörün iyiliğini ölçmek için herşeyden önce belli bir süre içindeki atlama sayısı gözönüne alınmalıdır. Seçilen süro içindeki 25 mA 1 ağan kaçak akım sayısı Standard tip zincir İzolatör ile benzer tip porselen bir İzolatörün mukayesesi için tatminkar bir kriter olarak alınabilir. Fakat farklı izolatör tiplerinin mukayesesi için bu usul pek tatminkâr olamamaktadır. (5) Kaçak akım kayıtlarından izolatörlerin kirlenme seviyesi hakkında fikir edinilebilir.

TabU test bir izolatörün belli bir bölgedeki performansını direkt olarak ölçer. Fakat emin bir sonuca varmak için test uzun seneler devam etmelidir. Tabii Testin diğer bir mahzuru da deney şartlarının tekrarlanamaması ve varılan sonuçların farklı atmosferik şartlan haiz diğer bir bölgeye tatbik edilememesidir. Ayrıca bu metod pahalıdır. (0. 10).

Tabii test uzun sürdüğünden daha çabuk sonuca varmak için sun'i testler geliştirilmiştir. (6, 11, 12). Sun'l testler İzolatör imalatı kontrolü, yeni tipler geliştirmede ve izolatör seçiminde fevkalade önem taşır. Suni testler çabuk ve tekrarlanabilir sonuç verir. Kolay ve ucuzdur. Sun'i testlerin tenkl edilmiş tarafları pratik şartların laboratuvarında sun'i olarak tamamen sağlanamaması ve deneylerin işletme geriliminden farklı gerilimlerde yapılmasıdır (2, 8).

Alternatif gerilimde ve yağmur altında izolatör deneyi birçok memleketlerde standard deney olarak uzun senelerden beri kullanıla gelmektedir. Araştırmacılar bugün artık yağmur deneyinin servis şartlarını temsil edemediği kanaatindedirler. Yağmur deneyi altında çok iyi sonuç gösterecek tarzda İmal edilen bir izolatörün servis şartlarında zayıf sonuç gösterdiği ifade edilmektedir. Umumi kanaat şudur ki 50 Hz. alternatif gerilim yağmur deneyinden artık vazgeçilmelidir. (6, 13, 14, 15).

Geliştirilmiş diğer sun'i testler arasında iki tanesi bilhassa dikkati çekmiştir. Birisi CIGRE 5 numaralı izolatör çalışma gurubu tarafından sahil bölgelerde deniz tuzu etkisi altında çalışacak izolatör davranışını ölçmek için kabul edilen «tuzlu sis» deneyidir. Bu deney İngiliz elektrik idaresi (CEGB) araştırma laboratuvarları (CERL.) ve Fransız Elektrik İdaresi (EdF) nin Fontenay araştırma İlaboratuvarlarında yapılan çalışmalar sonucu geliştirilmiştir. (16, 17) Bu deneyde, dikkatle temizlenmiş izolatör zinciri normal işletme gerilimi altında ve servisteki tarzda sis odasına yerleştirilir. Sis odası tuzluluk derecesi bilinen sis İle doldurulur. Bir saat içinde atlamaya sebep olmyan maxlmum tuzluluk derecesi İzolatör performansı için bir kriter olarak almır. Yukarıda belirtildiği gibi, bu deney sahil bölgelerde kullanılacak izolatörlerin seçimi için elverişlidir. İngiliz elektrik İdaresi «tuzlu sis» deneyinin yağmur deneyi yerine Btandard deney olarak kabul edilmesi için gerekli spesifikasyonu hazırlayarak İngiliz standartlar Enstitüsüne takdim etmiştir. Memleketimiz içinde bu yönde bir teşebbüste bulunulması faydalı olacaktır.

«Kizelgur deneyi» diye bilinen ikinci sun'l deney endüstriyel kirlere maruz izolatörlerinin performanslarını ölçmede kullanılmaktadır. Kizelgur deneyinin iki çeşidi Almanya'da Studien-gesellchoft für Höchstspannungsanlagen (SfH) ve Siemens Schuckert Werke (SWW) tarafından geliştirilmiş ve 1963 dan beri Alman Normlarına (VDE 0448/1-63) dahil edilmiştir (18, 19) Her iki metotta sun'i kir: kizelgur, tuz ve dekstrin karışımıdır. SWW methodunda izolatöre önce kir solüsyonu homojen olarak püskürtülür ve kurumaya bırakılır. Soğutulan izolatör daha sonra nemli ve daha yüksek sıcaklıkta bir odaya getirilerek kondanse suretiyle rutubetlenirilirken kir tabakasının iletkenliği ölçülür. Majdum iletkenlik erişildikten sonra istenen değerdeki sabit bir alternatif gerilim izolatöre tatbik edilerek atlama olup olmadığı tesblt edilir. SfH methodunda ise nominal gerilim ekseriya rutubetlendirme başlamadan veya rutubetlendirme esnasında tatbik edilir. Her iki dayanma gerilimini ölçmekte kullanılmaktadır (18).

Son zamanlarda AEG tarafından geliştirilen diğer bir Alman suni test methoduna «Metilen Metodu» adı verilmektedir. (12) Bu metotta: Metil sellüloz, tuz ve ince tebeşir tozu karışımından hazırlanan suni bir solüsyonu izolatör yüzeyine homojen olarak püskürtülmektedir. Tuz, solüsyona iletkenlik, tebeşir tozuda renk vermek için kullanılıyor. Arzu edilen İletkenlik, izolatör yüzeyine püskürtülen kir tabakasının kalınlığı ile de ayarlanabilir Seçilen deney gerilimi, izolatör iletkenliği ölçüldükten sonra, ila-

ve bir soğutma ve rutubetlendirme yapmaksızın İzolatöre tatbik «dilir. Bu metod izolatörün kirlenme seviyesi-dayanma gerilimi münasebetini ölçmekte kullanılır. Kizelgur ve Metilen metodları ölçmeleri arasında mutabakat sağlanmıştır. Metilen metodu daha çabuk kolay ve ilâve soğutma rutubetlendirmeye lüzum göstermediğinden daha az araca ihtiyaç gösterir.

Pek tutunmayan diğer bir metod da İse izolatörler serviste /bir müddet bekletilip tabii olarak kirlendirildikten sonra, dikkatle laboratuvara taşınarak rutubetlendirilerek gerilim tatbik edilir. Tabii ve sun'l metodun bir kombinasyonu olan bu metod, kir teşekkülü için zaman icabettirdiğinden mahzurlu, kir tabakası servisteki tarzda teşekkül ettiği için faydalıdır.

Tuzlu sis ve Kizelgur metodları en faydalı iki sun'i izolatör deneyleridir. Aynı cins izolatörler üzerinde Almanya'da yapılan kizelgur deneyleri ile İngiltere'de yapılan tabii deneyler arasında mutabık sonuçlara varılmıştır (18). Türkiye'miz de bu mevzu ile ilgili müesseselerin yukarıdaki test metodlarını incelemeleri faydalı olacaktır.

#### İZOLATÖRLERDE ATLAMADA ÇEŞİTLİ SAFHALAR:

İzolatörlerde kirlenme ve bunun sebep olduğu deşarj ve atlamalar yüksek gerilim enerjisi naklinde fevkalade teknik ve ekonomik bir önemi (haizdir (1). Bir izolatör yüzeyinde kirlenme sebebiyle bir atlama meydana gelebilmesi için başlıca üç safha gereklidir.

1 — İzolatör yüzeyinde iletken bir kir filminin teşekkülü,

2 — Kuru kir bandlarının teşekkülü ve elektriksel deşarjların tutuşması,

3 — Elektriksel deşarjların yayılması ve kısa devre.

İşletme şartlarında birinci ve ikinci safhaların sık sık meydana gelmesin'e rağmen üçüncü safha, yani kısa devre olayı her zaman meydana gelmez. Bu makalede problemin birinci ve ikinci «afhası ile izolatör yüzeyinde teşekkül eden elektriksel deşarj tipleri kısaca incelenecektir.

#### İzolatörlerin Kirlenmesi :

İzolatör yüzeyinde iletken bir kir filminin teşekkülü için,

1 — İzolatör yüzeyinin bir kir tabakası ile kaplanması,

2 — Bu kir tabakasının rutubetlenerek iletken hale gelmesi gereklidir.

İzolatörlerin kirlenmesi problemin ilk ve önemli kısmını teşkil eder. Arızalara sebep olan kir cinsleri çok çeşitlidir. Bunları menşei itibarıyla (a) sahil veya deniz kirlenmesi (b) endüstriyel kir olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Sahil bölgelerindeki izolatörler rüzgârlı havalarda tuzlu deniz suyunun etkisine maruz kalarak arızalanırlar. Sahil kirlenmesi ile ilgili tuzlu deniz suyundan ibarettir. Meselâ İngiltere'de bu tip arıza toplam kirlenme arızalarının % 10 i60 m teşkil eder. (2,3). Keza Japonya ve Amerika'da tayfun zamanlarında bu cins arızalar sık sık kaydedilir (4). Bu cins arızalar ekseriya fırtına zamanlarında ve rüzgârın denizden sahile doğru estiği anlarda meydana gelir.

Arızanın ne zaman meydana gelebileceği önceden kestirilemez. Çok temiz izolatörlerde bile aniden meydana gelen bir fırtınada atlamalar olabilir.

Sahilden uzak ve endüstri bölgelerindeki izolatörler ise endüstriyel kirlere maruz kalırlar. Endüstriyel kirlenme tipleri ve bileşimleri bir bölgeden, diğer bir bölgeye çok fark eder. Endüstriyel kirlenme henüz standard bir sınıflamaya tabi tutulmamışlardır. Bununla beraber Revery endüstriyel kirlenme Üç grupta toplamıştır (5).

1 — Meskûn bölgelerdeki kirlenme (toz, duman v.s.),

2 — Endüstriyel bölgelerdeki kuru kirlenme: meselâ, kül, is, kömür, çimento tozları, oksitler, tuzlar v.s.,

3 — Kimyasal artıklar, meselâ klor, flor, kükürt ve bunların oksijen hidrojen bileşikleri.

İkinci ve üçüncü tip kirlenme rutubetle beraber müşkülât arzederler. Bilhassa kimyasal artıklar rutubet olmaksızın bile İzolatör yüzeyinde oldukça iletken bir kir filmi teşekkül ettirebilirler. Kimyasal artıklar ayrıca İzolatörlerin demir aksamını korozyona uğratabilir ve sır tabakasına etki edebilirler. Tablo 2 sahil ve endüstriyel kirlenme ölçümlerine göre sınıflamaktadır(6).

Bir bölgede birim yüzeyde birim zamanda biriken katı kir miktarı ağırlığı ile o bölgedeki havanın birim hacimdeki artıklar gaz (Bilhassa kükürt oksit oranı), o bölgedeki kirlenme (şiddeti) derecesi için bir kriter olarak alınmaktadır. İngilterede Croydon İzolatör test merkezinde aylık katı kir birikme oranı 4-40 ton/km<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Yüksek birikme oranı kış aylarında tesadüf etmektedir. Aynı bölgede 1951-53 kışlarında çökertme usulü ile ölçülen havadaki kükürt trioksit miktarı 100 cm<sup>3</sup> de 2,4 mg dlr (7). İngiliz standardı BS. 137.1960 a göre yılda kilometre karede 36 ton kir biriken bir bölge orta derecede kirlenmiş bir bölge olarak

Tablo 1 — Sahil ve [Endüstriyel Kirlerin özgül dirençlerine göre sınıflandırılması

Kirlilik derecesi	özgül iletkenlik (ohm. cm)	Yer (mahal)
Tehlikesiz kirler	1200	Kırlar, temiz köyler
Az tehlikeli kirler	600-1200	Kasaba civarları.
Tehlikeli kirler	300-600	Endüstrileşmiş kasaba civarları, buharlı trenler.
Çok tehlikeli kirler	300 den az	Sahil bölgeler, termik santral civarları, kimyasal tesisler, çimento fab. civarı ve endüstrileşmiş bölgeler.

telakki edilir. Aynı standarda göre ağır derecede kirlili bir bölge için bu rakkam 100-240 ton dur (8).

Fransanın çok kirlenen endüstri bölgelerinde yıllık kir birikme oranı için 300 ton/km<sup>2</sup> ve havadaki kirlilik derecesi için 1 mg/m<sup>3</sup> değerleri ölçülmüştür (9). Tablo 2, Almanya'da kirlenmeye ait bazı bilgiler vermektedir. Alınan bütün tedbirlere rağmen, artan endüstrileşme yüzünden kirlenme hızla artmaktadır (10).

(Endüstri)	Toz miktarı ton olarak
Kömür ve linyit tesisleri	188000
Demir endüstrisi	48000
Termik Santraller	1430000 (Bunun H50000 tonu sadece Ruhr bölgesindeki santrallerden)

İzolator kirlenmesi ve atlama yönünden kirliliğin bileşimi önemli bir faktördür. Bilhassa rutubette çözülebilir iletken kir tipleri atlama yönünden tehlikelidirler. Demiryolu tesislerinde, endüstriyel kir ve deniz tuzuna ilaveten lokomotiflerin hasıl ettikleri duman ve buhar izolatorlere etki ederler. Termik santraller ve soğutma kuleleri keza kir ve arıza kaynaklarıdır (Tablo 2 ye bakınız). Rüzgarın esiş istikametine tâbi olarak soğutma kulelerinden yükselen buhar, kül ve tozlarla karışarak ekseriya santrale yakın muhavile merkezi izolatorlerinde hayli iletken bir kir tabakası teşekkülüne ve atlamalara sebep olur. Hidrolik santraller böyle bir müşkülât arzemezler. Çimento fabrikaları civarındaki izolatorler zamanla ve giderilmesi zor sert bir kir tabakası ile kaplanırlar (11) İzolatorlerin temiz buz ve karla kaplanması bir problem teşkil etmez. Ancak kirliliği

ve buzun erimesi anında tehlikeli bir durum meydana gelebilir. Bu hal, İngiltere de 1962-1963 kışında meydana gelen çok sayıdaki atlamaların başlıca sebebi olmuştur (1, 3, 12).

İzolator üzerinde kir tabakası teşekkülüne bir çok faktörler tesir eder. Bunlar içinde izolatorün profili en önemli rolü oynar. Çünkü rüzgâr ve yağmurun İzolator üzerindeki yıkama tesiri izolatorün şekline bağlıdır.

Porselen izolatorler normal sır veya az iletken ve «stabilize sır» denilen bir tabaka ile kaplanırlar. Parlak ve kaygan olan sır tabakası izolator yüzeyine kir yapışmasını azaltır. «Stabilize sır»ın esas fonksiyonu izolator yüzeyi boyunca potansiyel dağılımını düzenlemektedir. Bununla beraber stabilize sır az bir iletkenliği haiz olduğundan izolator yüzeyi boyunca küçük değerlerde (1-2 mA) devamlı bir akımın akmasına ve böylece izolator yüzeyinin kuru kalması daha az kir yapışmasına ayrıca yardım eder. Porselen izolator yüzeyini kaplayan sır tabakası bir nevi cam olduğundan cam izolatorler de porselen izolatorler gibi aynı yüzeyel karakteristikleri gösterirler.

İzolator yüzeyi polytetraflouretylene (ptfe) denen sentetik bir madde ile kaplanırsa, bu madde çok düşük sürtünme katsayısını haiz olduğundan izolator yüzeyinde kir birikmesi çok azalır. Fakat ptfе pratik şartlara ve elektriksel deşarjlara pek dayanıklı değildir (13). Muhtelif kir tiplerinin yapışma dereceleri farklı olmakla beraber rutubetli zamanlarda ve bilhassa sis zamanlarında izolator- yüzeyi çabucak bir kir tabakası ile kaplanır (11).

İzolatorün gerilim altında olup olmaması kir birikmesine tesir eder. Gerilim altındaki izolatorler elektriksel alan tesiriyle daha çabuk kir toplarlar. Doğru gerilim altında kir toplama oranı alternatif gerilime nazaran daha fazladır. İzolatorlerin demir aksami civarında korona te-

gekkülün bu kısımlarda kir birikmesini hızlandırdığı müşahede edilmiştir (9, 14, 15).

İzolator zincirinin konumu hem kir birikmesine, hem de atlamaya çok tesir eder. Mesela İngiltere de 1962-1963 kışında yatay konumlu izolator zincirlerinde 327 atlamaya mukabil, düşey konumlu izolatorlerde 444 atlama meydana gelmiştir (12). Aynı İki izolator zincirinden yatay konumlu zincir, elemanlarının kir ve yağmura benzer tarzda maruz kalması sebebiyle daha homogen olarak kirlenir ve temizlenir. Düşey konumlu bir zincirde ise bir üst eleman altındaki elemanın kirlenme ve temizlenmesine etki eder. Yağmursuz ve çok kirli bir bölgede uzun zaman serviste kalan düşey konumlu bir izolator zincirinde elemanların üst yüzeyleri alt yüzeylerine nazaran daha kalın bir kir tabakası ile kaplanır. Bu halde izolatorler, yağmur veya sis devresi gelmeden önce temizlenmezse, enerji nakil sisteminin emniyeti için çok tehlikeli bir durum arzedebilirler. Kirli ve yağmurlu bölgelerde ise izolatorlerin alt kısımları üst kısımlarına nazaran daha fazla kirlenir (16).

Mekaniki yüklerin büyük olması halinde iki veya daha fazla sayıda izolator zinciri paralel olarak kullanılır. Böyle bir durumda zincirler birbirlerinin kirlenme ve temizlenmesine etki ederler.

Yukarıda izah edilen sebeplerden izolator yüzeyinde teşekkül eden kir tabakası hiç bir şekilde homogen dağılımı olmayacaktır. Bu düzensiz dağılımlı kir tabakası izolator performansına çok tesir eder ve atlama probleminin kantitatif analizini son derece zorlaştırır.

#### **Rutubetin tesiri :**

İzolator yüzeyinde teşekkül eden kuru kir tabakası izolator zinciri boyunca potansiyel dağılımını biraz bozabilir. Kir tabakası kuru kaldığı müddetçe İzolatorün performansında kayda değer bir değişiklik olmaz. Fakat nem tesiri altında kir tabakasındaki çözünbilir iletken maddeler, bilhassa tuzlar, izolator yüzeyinde sürekli ve iletken bir film teşkil ederek yüzey boyunca akım sızmalarına sebep olur.

İzolatorlerin ıslanması farklı şekillerde olur. Sağnak halindeki yağmur izolator yüzeyinde çözünür, kirleri kolayca yıkar. Ancak İlk anda hasılolan kirli su, iletkeni direğe jırsa devre edebilir. Uzunca kurak geçen bir kirlenme devresini müteakip aniden bir sis teşekkülü çok tehlikeli olur. Bihassa endüstriyel bölgelerde teşekkül eden kirli sis ile, çiseleyen yağmur, çığ ve kırağı, izolator üzerindeki kiri yıkamadan yüzeyde iletken bir film kolayca meydana getirir. Yağmur ve sis olmaksızın gece ve gündüz

sıcaklık farkından dolayı teşekkül eden çığ sebebiyle atlamalar kaydedilmiştir (6).

İzolator profilinin de ıslanmaya etkisi önemlidir. Sis altında izolator daha homogen olarak ıslanır. Genel olarak izolatorün açık yüzeyleri korunmuş yüzeylerine nazaran daha fazla nem etkisine maruz kalırlar. Neticede, izolator yüzeyi İletkenliği noktadan, noktaya değişen ve düzensiz dağılımlı iletken bir film tabakası ile kaplanır.

#### **Kuru Bandların Teşekkülü Ve Elektriksel Deşarjın Tutuşması :**

Kiril ve rutubetli hallerde izolator yüzeylerinde deşarjlar tutuştuğu ve bunlar sonucu kısa devreler meydana geldiği bilinen gerçeklerdendir. Bilindiği gibi havada bir elektriksel deşarj başlatmak için ortalama 30 kV/cm İlk bir alan şiddeti gereklidir. Nominal gerilimde ve kuru şartlarda bir izolator zinciri boyunca gerilim dağılımı pek düzensiz olmayıp ortalama 500 V/cm kadardır. Kir ve rutubet altında izolator yüzeyinde bazı noktalarda deşarjların tutuşması, bu noktalardaki elektrik alanının havanın dielektrik dayanımını aşması sebebiyledir.

İzolator yüzeyinde böyle aşırı zorlanan kısımların teşekkülü şu şekilde olmaktadır. Yüzeyde iletken film tabakasının teşekkülünden sonra akan kaçak akımlar enerji kaybına sebep olur. Açığa çıkan bu enerji iletken filminin iletkenliğine iki yönde tesir eder. Başlangıçta, kir tabakasının sıcaklığını arttırarak daha çok çözünür kirlerin çözülmesini sağlar ve toplam film iletkenliğini arttırır. Diğer taraftan, kaçak enerji iletken filmin rutubetini buharlaştırarak iletkenliği azaltıcı yönde tesir eder. Bu İki zıt tesir altında toplam iletkenlik doymaya erişilene kadar pek değişmez, erişildikten sonra buharlaşma daha etkili olur ve toplam kir filmi direnci süratle artarak kaçak akımı şuurlar.

İzolator şeklinin ve izolator yüzeyinde teşekkül eden gayri muntazam dağılımlı kir tabakasının bir sonucu olarak açığa çıkan kaçak enerji yoğunluğu yüzeyde her noktada aynı değildir. Bu sebepten izolator yüzeyinde çözülme ve buharlaşma her noktada farklı olur. Bazı çabuk kururken, diğer ıktımlar ıslak kalır. Bu şekilde izolator yüzeyinde meydana gelen kuru bir kir bölgesine «kuru band» adı verilmektedir. Farklı bir izolator zincirinde stabil olmayan bir durum meydana getirebilir. Şöyle ki, kirlenmiş bir zincirdeki elemanlardan birinin direnci biraz fazlalaşsa, diğer elemanlara nazaran mevzu bahis elemana düşen gerilim, dolayısıyla bu elemandaki kayıp (kaçak) enerji artacağından, kuruma ve dolayısıyla direncinde artma dahada fazlalaşacaktır. Neticede zinciri boyunca çok düzensiz bir potansiyel dağılımı hasıl olacaktır.

Pratikte kuru bandların izolatörlerde ekseriya yarıçapın en küçük olduğu bölgelerde, meselâ bir zincir izolatöründe kapak ve sap civarında, meydana geldiği müşahade edilmiştir. Kuru bandların teşekkülü yönünden zincir jve çubuk İzolatörü göz önüne alınırsa çubuk İzolatör, dar kısım çapının daha büyük oluşundan, daha müsait bir durum arzeder. Bir zincirde aynı zamanda birçok elemanlarda kuru bandlar teşekkül edebilir. İzolatör yüzeyinde çepçevre bir kuru band teşekkül edince kaçak akım kesilir ve toplam gerilimin büyük bir kesri bu kuru band boyunca düşer. Bu esnada diğer ıslak bölgelere rutubet toplam direnci azaltır ve kuru banddaki gerilim düşümünü artırır. Kuru band boyunca alan şiddeti havanın dayanımını aşmca teşekkül eden deşarj kuru bandı kısa devre ederek zincir boyunca diğer kuru bandlar ucundaki gerilim düşümlerinde artışa ve böyle izolatör zinciri boyunca zincirleme bir deşarj tutuşmasına sebep olur. Bu mekanizma İle İzolatör zincirinde kısa zamanda bir çok deşarj belirir.

Stabilize izolatörlerde aynı tarzda kuru band teşekkül eder. Fakat kuru bandla (paralel konumdaki yarı iletken sır tabakası kuru band ucunda aşın gerilim düşmelerini önler.

Kirli bir izolatör yüzeyinde kuru band teşekkülü yüzeye yapışık kir tabakasında açığa çıkan kaçak enerjinin bir sonucudur. Suni yağmur altındaki bir izolatör yüzeyinde kuru bana teşekkülü zordur. Akan yağmur suyu izolatör yüzeyinde açığa çıkan ısıyı yaklaştırarak kurumaya zorlaştırdığından, yağmur altında atlama daha yüksek bir gerilimi icabettirir. Bu sebepten yağmur deneyi izolatörün pratikte kirli şartlar altında göstereceği performans için bir ölçü olamaz.

**Kirli İzolatör Yüzeylerinde Müşahade Edilen Deşarj Türleri :**

İzolatörlerde atlama olayında izolatör yüzeyinde deşarj teşekkülü problemin son ve karışık safhasını teşkil eder. Birçok faktörler tutuşan deşarjın' tür ve karakteristiğini kontrol eder. Başlıca üç deşarj türü müşahade edilmiştir (17, 18, 19).

1 — Glim (Işıltılı) Deşarj: Buna «flament» veya «diffuse glow» deşarjda denilmektedir. Kuru band boyunca mavi renkli, yaygın, ışılı bir çok paralel kısa deşarj bölgeleri teşekkül eder. Bu tip deşarj az bir akım yoğunluğu ve yüksekçe bir gradyanı (bir kaç kV/cm) haiz olup yükselen bir volt-amper karakteristiği gösterir.

2 — Hareketli Glim Deşarj : (Çiseleme deşarjı) Bu tip deşarj evvelkine nazaran daha az yaygındır. Bir deşarj kanalı teşekkül etmiştir.

Akım (yoğunluğu pek yüksek değildir. Deşarj kökleri kirli ıslak yüzeyde şuraya buraya rastgele hareket eder. Deşarj uçlarındaki yüksek akım yoğunluğu temas noktalarındaki kir tabakasının rutubetini buharlaştırır. Akım akışının devamı için, deşarj uçları arkalarında kuru izler bırakarak daha iletken ıslak kısımlara doğru rastgele hareket ederler. Artan kuru band genişliği deşarj boyunun yavaşça uzanmasına yardım eder. Işıltılı deşarj gibi, bu tür de yükselen bir volt - amper karakteristiğini haizdir. Bu iki tür deşarja «kuruyan deşarjlar» denilmektedir. Çünkü kir tabakası direncinin kuruma sebebiyle artması sonucu bu deşarjlar ekseriya herhangi bir kısa devreye sebep 'olmadan sönerler.

3 — Süratle Yayılan Ark Deşarjı: Bu tip deşarj, kirli izolatör yüzeylerinde kısa devrelere sebep olmaktadır. Yüksek değerde bir akım yoğunluğu, düşük bir alan şiddeti ve düşen bir volt-amper karakteristiğini haizdir. Akım yoğunluğu ve alan şiddeti kirli yüzeye temas eden ark uçlarında maksimum değerdedir. Ark kökleri ekseriya en kısa akım çizgisi boyunca süratle ilerleyerek kısa devre meydana getirirler. Deşarj tutuşmasını müteakip kısa devre bazan o kadar ani olurkl, deşarj kökleri temas ettiği yüzeyde buharlaşma yapmadan ve kum iz bırakmaksızın süratle hareket eder. Bu durum, gerilimin yüksek olması veya deşarj tutuşması ânında kir tabakası direncinin küçük olması hallerinde müşahade (edilir) (19).

Kirli izolatör yüzeyinde müşahade edilen türü ile kaçak akım arasında kabaca bir bağıntı zikredilmiştir (20). Meselâ izolatör yüzeyinde mavimsi kıvılcım şeklinde deşarj görülüyor ve çatırdama sesi duyuluyorsa kaçak akım 2 mA dan azdır. Deşarj sarımsı renkli kanalize olmuş ve tıslama şeklinde bir ses duyuluyorsa kaçak akımın maksimum değeri 25 mA kadar olabilir. Daha yüksek değerdeki akımlarda meselâ 100-150 mA, deşarj ark tipinde olup kısa devre ihtimali fazla demektedir.

Yukarda izah edilen üç deşarj türünden hangisinin meydana geleceğini, kuru bandın deşarjla örtülmesi anında akabilecek kaçak akımın değeri tayin eder. Pratikte gerilim sabittir. Dolayısıyla tutuşan deşarja seri olan ıslak kir tabakası direnci çok küçükse kaçak akım büyük değerli ve deşarj ark karakterinde olur. Denebilirki, deşarjın tutuştuğu andaki kir tabakası direnci, tutuşan deşarjın türüne ve kısa devrenin meydana gelmesine tesir eden en önemli faktördür.

**Referanslar:**

- 1 — «Yıllık Elektrik Enerjisi İstihali» E.I.B.I. 1967, Ankara.

- 2 — FORREST, J. S. : «The performance of h. v. insulators in polluted atmospheres». *Electrotechnik*, 35, 448-456, 1957.
- 3 — CASSON, W., HOWARD, P. R. : «The performance of the outdoor insulation of the transmission systems in England and Wales during the winter of 1962-1963».
- 4 — YAMAMOTO, M., CHASKI, K. : «Salt contamination of external insulation of h.v. apparatus and its countermeasures». *Trans. A.I.E.E.*, 80, 380, 1961.
- 5 — FORREST, J. S., LAMBETH, P. J., OAKESHOTT, D. F. : «Research and performance of h.v. insulators in polluted atmosphere». *Proc. IEE*, 107, 172-195 ve 574 - 579, 1960.
- 6 — GILLAM, G. H. : «Report on the activities of study committee No : 5 Insulator». *Proc. CIGRE*, No : 234, 1960.
- 7 — FORREST, J. S. : «The characteristics and performance in service of h.v. porcelain insulators», *J.I.E.E.*, 89, 60-92, 1942.
- 8 — FORREST, J. S. : «The electrical characteristics of 132-kV lines insulators under various weather conditions», *J.I.E.E.*, 75, 111, 1934.
- 9 — LEROY, M. G. : «Problems set by pollution of insulators and remedies applied», *Bull. Soc. Franç. Elect.*, 8, 600, 1958.
- 10 — JAMES, A. G. : «Review of the problem of polluted insulation», *S.Q.J. (IEE)*, 35, 140 - 146, 1965.
- 11 — JOSSE, H. : «Test on contaminated and wet insulators», *Bull. Soc. Franc. Elect.*, 8, 517, 1958.
- 12 — VESTENDORF, K. : «A new method of investigating the effect of contamination on h.v. insulators», *E.T.Z.*, 83, 662, 1962.
- 13 — CLARK, C. H. W. : «Wet tests on h.v. insulators», *Electrical Review*, 754, 19 November 1965.
- 15 — VARRARA, G., ZAFANELLA, L. : «Investigation on power frequency wet flashover tests», *Proc., CIGRE*, No : 33. Ap
- 16 — ELY, C. H. A., LAMBETH, P. T. : «An artificial pollution test for h.v. outdoor insulators». *Proc. IEE*, 111, 991, 991, 1964.
- 17 — GILLAM, H. H. : «Report on the work of study committee No : 5, Insulator», *Proc. CIGRE*, No : 212, Appendixes I, II, 16.
- 18 — REVEREY, G. : «Insulation under the effect of pollution and rain», *E.T.Z.-A*, 87, 46, 1966.
- 19 — REVEREY, G., STOLTE, E. : «Tests on insulators under natural conditions of contamination», *Proc. CIGRE*, No : 10, 1960.
- 20 — LANTZ, A. D. : «A review of the surface leakage problem», *Proc. 9 the Annual Power conference*, Texas University, 1956.
- 21 — I.E.E. PUBLICATION : «Discussion on flashover of polluted insulation» *Proc. I.E.E.*, 111, 1589, 1964.
- 22 — LAMBETH, P. J. : «Preventing pollution flashover», *Electrical Review*, Vol. 174, 662-666, 1 May 1964.
- 23 — REVEREY - G. : «Flashover at service voltage due to extraneous films on insulators», *E.T.Z.-A*, 76, 36, 1955.
- 24 — British Standard Specification, B. S. 137. 1960.
- 25 — STOLTE, H. : «Reduction of insulation effectiveness by contaminating layers on h. V. insulators», *Technical Report*, Hanover Conference, 1954.
- 26 — CASSON, W. - HOWARD, P. R. : «The performance of the outdoor insulation of the transmission systems in England and Wales during the winter 1962 - 1963», *CIGRE*, No: 420, 1964.
- 27 — TOMS, J. E. - SUTTIE, A. B. : «Insulator surface treatments», *Electrical Review*, vol, 177, 412-415, 17 September 1965.
- 28 — KORBUT, E. V. - MERKHALEV, S. F. - STANKEVICH, G. S. : «Investigation of the flashover characteristics of dirty insulators», *Elektrichestvo*, 3, 76 - 81, 1962.
- 29 — VON CRON, H. - ESTORFF, W. - LAPPLE, H. : «The insulating ability of high tension insulators under various surface conditions», *CIGRE*, No : 218, 1954.
- 30 — NASSER, E. : «Behaviour of insulators with an unevenly distributed pollution layer», *E.T.Z. - A*, 84, 353, 1963.
- 31 — VON CRON, H. : «Flashover due to extraneous films on insulators», *Siemens Zeits.* 29, 427-434, 1955.
- 32 — VON CRON, H. - ESTORFF, W. : «The h.v. insulators as a problem of extraneous films», *E.T.Z.*, 73, 57 - 62, 1952.
- 33 — VON CRON, H. - DORSCH, H. : «Proportioning transmission system insulation to service frequency over voltages and switching surges with due to consideration for loss of insulation through foreign body surface layers», *CIGRE*, No: 402, 1958.