



İZOLATÖR KAÇAK AKIMLARININ VE YÜZEYSEL ATLAMA GERİLİMLERİNİN ÇEVRESEL FAKTÖRLERE BAĞIMLILIĞI

Muhsin Tunay GENÇOĞLU*, Mehmet CEBECİ

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23279, ELAZIĞ

Halil ALIŞ

TEİAŞ Genel Müdürlüğü, ANKARA

ÖZET

Yüksek gerilim izolatörlerinin, enerji iletim sistemlerinde sürekli ve emniyetli bir yalıtım sağlaması istenir. İzolatörler, kısmi deşarj ve atlamalar sonucu ortaya çıkan elektriksel zorlanmalara, ayrıca açık hava tesislerinde kar, buz ve rüzgarın neden olduğu mekanik zorlanmalara maruz kalırlar. Bu nedenle, izolatörler üzerinde yapılacak testlerle bu özellikler bakımından yeterli nitelikte olup olmadıklarının araştırılması gerekir. Bu çalışmada Türkiye Elektrik Sisteminde yer alan bazı termik santrallerin meydana getirdiği değişik özellikteki kir numuneleri, laboratuvar ortamında izolatör yüzeyine püskürtülerek, yüzeysel atlamalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar ile çevresel şartlar (sıcaklık, nem, kir) arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İzolatör, Kirlenme, Yüzeysel atlama.

DEPENDENCY OF INSULATOR LEAKAGE CURRENTS AND SURFACE FLASHOVER VOLTAGES TO ENVIRONMENTAL FACTORS

ABSTRACT

High voltage insulators are supposed to provide a continuous and safety insulation in energy transmission systems. Insulators are exposing to electrical being forced due to partial discharges and flashovers, and mechanical being forced due to snow, ice and wind in outdoor foundations. Therefore, it is needed to investigate the insulators by doing tests on them weather they have sufficient quality or not with respect to these properties. In this study, the different dirt samples which were created by some thermal power plants in Turkiye Electrical Systems were sprayed to surface of insulator in the laboratory and surface flashovers were investigated. The relations between obtained results and environmental conditions such as temperature, humidity, dirt were determined.

Keywords: Insulator, Pollution, Surface flashover.

*E-posta: mtgencoglu@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

İzolatorler farklı tipte çeşitli doğal kirlenmelere maruz kalırlar.

a) 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.

b) Endüstriyel Kirlenme : Endüstriyel alanlarda kullanılan izolatorlerde oluşan kir tabakasının, çimento tozları, fabrikaların pis kokulu gazları ve dumanların kimyasal bileşenlerinden oluştuğu tespit edilmiştir [1].

c) 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 [2].

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 [3,4].

Bu çalışmada; laboratuvar ortamında, önce temiz bir izolatordeki kapasitif kaçak akım ölçülmüştür. Daha sonra Türkiye 'deki bazı termik santrallerden temin edilen baca tozları, temiz izolator yüzeyine püskürtülmüş ve homojen bir kirlenme sağlanarak, farklı sıcaklık ve nem şartlarında şebeke frekanslı yüksek gerilim uygulanmıştır. Uygulanan gerilim ve sızma aralığı boyunca oluşan rezistif kaçak akım değerleri ölçülerek, sonuçlar ortam şartlarının etkisi bakımından irdelenmiştir.

2. KIRLENME ATLAMASI

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 çiş 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 [5].

Kirlenmiş iletim hattı izolatorlerinde atlama, güç mühendislerinin karşılaştığı büyük bir problemdir. Kirli şartlar altında izolatorlerin performansları, güç iletim hatlarında izolasyonun ölçeklendirilmesinde ve tasarımında kullanılan kılavuz faktörlerden birini teşkil eder [6].

Dünya çapında oldukça kapsamlı saha ve laboratuvar çalışmaları yapılmasına rağmen [7-9], kirlenme olayı ile ilişkili parametrelerin çokluğundan dolayı kirlenme atlamasının temel mekanizması hala tam olarak anlaşılamamıştır. Atlama geriliminin servis şartlarında; gerilimin polaritesine [10-12], kirlenme maddenin tipine, parçacık büyüklüğüne [7,8,12-14], düzensiz ıslatmaya [7,13,15], yüzey iletkenliğine [13], yıkamaya, rüzgara, uzunluğa, yönlendirmeye, izolatorün profiline ve çapına [7,8,13,16] ve daha bir çok parametreye bağlı olduğu gözlenmiştir.

Çok kirli şartlar altında ve izolator yüzeyini kaplayan ıslak kir filmi direncinin çok küçük değerli olması halinde tutuşan ön deşarj, yüksek atlama yoğunluklu ark deşarjı şekline dönüşerek yayılmakta ve atlama yapmaktadır. Sızma akımının değeri ile atlamanın meydana gelip gelmeyeceği arasında kesin bir bağlantı kurmak mümkün değildir [17]. Ancak, izolator yüzeyi boyunca kaçak akım değerinin artması atlama ihtimalini kuvvetlendirmektedir.

İzolatorlerde kirlenmenin takip edilebilmesi, kirlenme atlamasının en etkin çözümlerinden biridir. Meteorolojik şartlar; kıyasal bölgelerden iç bölgelere doğru geldikçe oldukça değişir. Bu şartlar, kir birikme oranı ve izolatorlerin elektriksel davranışları üzerinde önemli bir rol oynarlar [18,19]. İzolatorlerdeki kirlenme probleminin çevresel şartlara çok bağlı olduğu ve kir kriterleri için bir genelleme yapılamayacağı kanıtlanmıştır [20]. Bir bölge için geçerli kirlilik şiddeti üzerine bazı bilgilere sahip olmadan, o yer için harici izolasyon seviyesinin ve izolator tasarımının belirlenmesi zor bir konudur. Bu nedenle makul ve doğru bir kirlenme şiddeti değerlendirmesi yapmak zorunludur [18].

3. KİR ALTINDA YÜKSEK GERİLİM İZOLATÖR TEST YÖNTEMLERİ

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.

3.1 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, kizelgur-metilen testleri ve tuzlu sis testidir.

Yaşta atlama deneyi olarak da bilinen yağmur testi, hemen hemen bütün standartlarda mecburi test olarak kullanılmaktadır. Teste tabi tutulacak izolatorlar 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 45°'lik açı altında, yatay zincir halinde ise düşey doğrultuda yapılır. Atlama gerilimi ve deşarjın yüzey boyunca gelişmesi, yağmurun şiddetine, iletkenliğine ve izolatorun boyut ve konumuna bağlıdır [21].

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 izolatorun suni kirle homojen olarak kaplanmasıdır.

Kizelgur testinde kullanılan suni kir; damıtık su, kizelgur ve dekstrin karışımından elde edilir. Arzulanan spesifik iletkenlik, karışıma yeterli miktarda sofr tuzu katılarak sağlanır. Metilen yönteminde ise suni kir; damıtık su, metil selüloz, tebeşir tozu katılarak yapılır. İzolator bu karışımla daldırma veya püskürtme yoluyla homojen olarak kaplanır. İstenen kir iletkenliği, tabaka kalınlığı ve tuz miktarı değiştirilerek kolayca sağlanır [21].

Sahil bölgelerindeki kir bileşimi genellikle tuzdan ibarettir. Temiz bir izolator 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 [22]. Bu testte, temizlenmiş izolatorlar sis odasında servis şartlarındaki konumlarına en uygun tarzda düzenlenir. Sis odası tuzluluk derecesi bilinen sisle doludur. Teste tabi tutulan izolatorun yüzey iletkenliği kullanılan tuz çözeltisinin tuzluluk derecesi ile kabaca orantılı olur. Test servis gerilimi altında yapılır. Atlama yapmayan maksimum tuzluluk derecesi izolator davranışı için bir kriter olarak alınır [21].

3.2 Tabii Testler

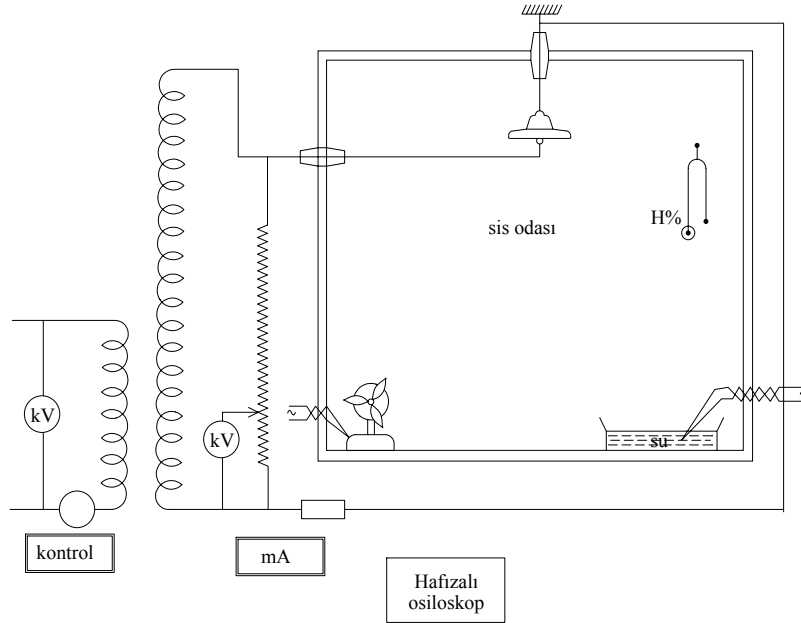
Suni testler kolay ve çabuk sonuç vermelerine karşın servis şartlarını laboratuvarında yeterince temsil edemezler. Suni testler altında başarılı davranışı tespit edilen bir izolator hakkında son karar servis şartları altındaki işleyişine bakılarak verilir. Bu nedenle esas kriter izolatorun belli bir sürede yapacağı atlama sayısıdır. İzolatorun bir bölgedeki davranışını doğrudan belirlemek ve daha emin bir sonuca varmak için tabii test yöntemleri geliştirilmiştir. Tabii testlerin başlıca faydası izolator 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 edilemeyiştir [21].

4. UYGULAMA

Laboratuvar deneylerinde, uygulanan gerilimin değeri [14], güç kaynağının karakteristikleri [7,8,23], sis üretim metodu, kirlenme uygulaması [24] ve laboratuvar boyutları [25] gibi faktörler sonuçları etkileyecektir. Yukarıdaki parametrelerden bazıları diğerlerinden daha önemlidir [26].

Kirliliğin izolatorlar üzerindeki etkilerini görmek amacıyla 14 adet termik santralden (TS) baca tozları temin edilmiştir. Bu santraller Kangal, Afşin, Çayırhan, Soma A, Soma B, Yatağan, Yeniköy, Orhaneli, Aliağa, Ambarlı,

Seyitömer, Hamitabat, Hopa ve Çatalağzı termik santralleridir. Kül örnekleri, santrallerin kir tutma sistemi olan elektrofiltrelerin orta kısmından, ortalama 200 °C sıcaklıkta alınmıştır. Açık havada soğutulduktan sonraki nemden korumak amacıyla plastik kaplarda muhafaza edilmiştir. Deneyler için; 80 kV a.a. ve 120 kV d.a. gerilim üreten bir test cihazı, Türkiye Elektrik Sistemi 'nde kullanılan cam izolatörler, ortamın nemini ölçmede kullanılan hidrometre, ortamı sis odası haline getirmek üzere ısıtıcı klima ve vantilatör, ortam sıcaklığını ölçen termometre, kronometre ve hafızalı osiloskop vs. gibi cihazların bulunduğu bir yüksek gerilim test laboratuvarı kullanılmıştır. Test laboratuvarının ve test devresinin prensip yapısı Şekil 1 'de gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan izolatörler 34.5 kV 'luk dağıtım sisteminde kullanılan VT-40 tipi cam izolatörlerdir.



Şekil 1. Deneysel çalışma için düzenlenen sis odası ve test devresi.

4.1 Kir Numunelerinin Özellikleri

Kül, genellikle çimentodan daha koyu gri renkte, oldukça küçük tanecek boyutuna sahip ve elle dokunulduğunda yumuşak hissi veren bir malzemedir. Küllerin tane çaplarının 0.5-200 mikron arasında olduğu söylenebilir. Külün ana bileşenleri silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksitleri ile bunların değişik karışımlarıdır. Kül içerisinde kömürden gelen yanmamış karbon da bulunabilir. Külün özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biri, kömürün bileşimi ve yapısıdır. Bunun yanında kömürün öğütüldüğü incelik, yanma atmosferi, sıcaklığı ve hızı, külün soğuma hızı, kazanın yük durumu, kömürü yakma ve külü tutma sistemleri de etkili olmaktadır [27].

4.2 Temiz İzolatör Testleri

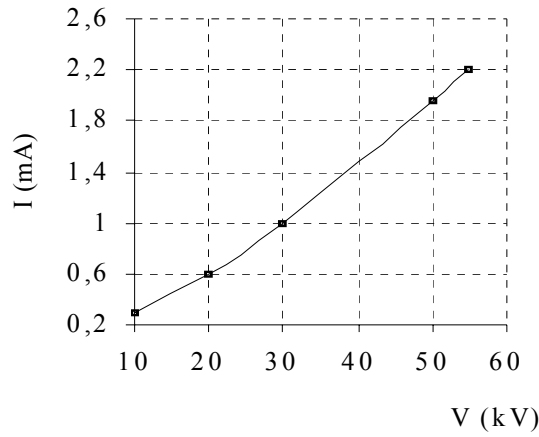
Test için seçilen izolatörlere, laboratuvarında şebeke frekanslı gerilim tatbik edilmiştir. 4 °C 'lık sıcaklık ve % 70 neme sahip ortamda gerilim 0 'dan itibaren atlama meydana gelinceye kadar artırılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 1 'de gösterilmiştir.

Örnek olarak seçilen 34.5 kV 'luk izolatörlerin, aynı ortam şartlarında yapılan tüm test sonuçları tamamen birbirine benzerdir. Bu testler sonucunda uygulanan gerilim ile meydana gelen yüzeysel kaçak akım arasındaki ilişki Şekil 2 'de gösterilmiştir .

İzolatörlere tatbik edilen şebeke frekanslı gerilimin yükseltilmesi ile birlikte 40 kV 'dan sonra pilot ön deşarjlar oluşmakta ve 59 kV 'luk gerilim seviyesinde izolatörde yüzeysel atlama meydana gelmektedir. Bu değerler, üzerinde kirlilik deneyi yapılan cam izolatörün karakteristik değerleridir.

Tablo 1. Temiz izolatlörlere ait test sonuçları.

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

**Şekil 2.** Aynı ortam şartlarında akım - gerilim karakteristiği.

Karşılaştırma bakımından aynı deneyler, yüzeyi temizlenmiş porselen izolatlörlere de uygulanmış, cam izolatlörlere göre daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ancak kir testleri sadece cam izolatlörlere üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3 İzolatörlere Kir Testleri

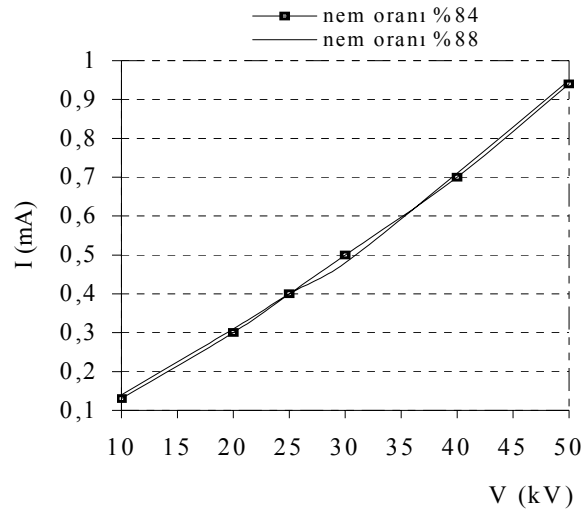
Numune kirlerle yapılacak testler için, örnek izolatlörlere etil alkol ve saf su ile temizce yıkanarak kurutulmuştur. Daha sonra izolatlörlere, içinde saf su bulunan bir kaba daldırılarak ıslatılmış ve aynı miktarda kir örnekleri izolatlörlere üzerine düzgün bir şekilde püskürtülerek, 14 °C ortam sıcaklığında kurumaya bırakılmışlardır. 12 saat boyunca bu ortamda kuruyan kirle kaplı izolatlörlere, sis odasında farklı sıcaklık ve nem şartları sağlanarak testler uygulanmıştır. Testlerle ilgili ön çalışmalar esnasında, iletkenlik ve atlama bakımından benzer özellikler gösteren kül gruplandırılarak, oluşan 4 gruptan birer kül numunesi ile deneyler yapılmıştır. Bu testlerde izolatlörlere 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.

4.3.1 Aliğa Termik Santral Kir Numunesi ile Yapılan Testler

Yüzeyi, Aliğa TS baca tozları ile kaplanan izolatlörlere üzerinde yapılan testler için; sabit sıcaklık-değişken nem ve sabit nem-değişken sıcaklık durumlarına ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 3 'de, bu sonuçlara ilişkin akım-gerilim grafikleri ise Şekil 3 ve Şekil 4 'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Aliğa T.S. kir numunesiyle yapılan testin sonuçları.
(Yüzeysel iletkenliği = $1.0 \cdot 10^{-3} \mu\text{S}$, $t = 14^\circ\text{C}$)

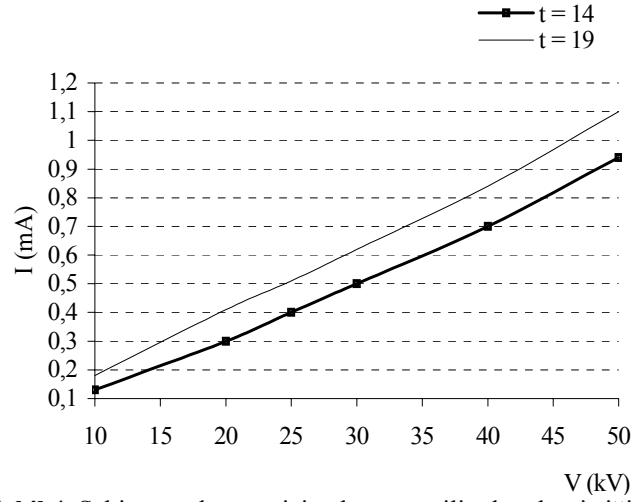
| Uygulanan gerilim (kV) | %84 nem oranı için yüzeysel kaçak akımı (mA) | %88 nem oranı için yüzeysel kaçak akımı (mA) |
|------------------------|--|--|
| 10 | 0.13 | 0.14 |
| 20 | 0.30 | 0.31 |
| 25 | 0.40 | 0.40 |
| 30 | 0.50 | 0.48 |
| 40 | 0.70 | 0.71 |
| 50 | 0.94 | 0.95 |
| 60 | Atlama | |



Şekil 3. Sabit sıcaklık durumu için akım – gerilim karakteristiği.

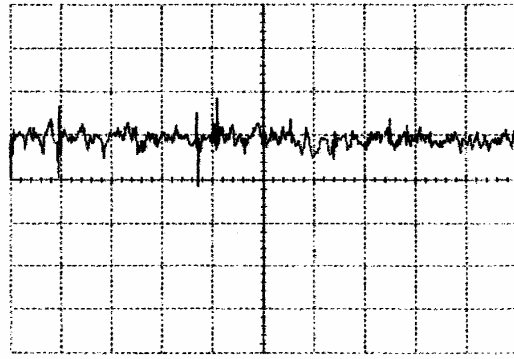
Tablo 3. Aliğa T.S. kir numunesiyle yapılan testin sonuçları.
(Yüzeysel iletkenliği = $1.0 \cdot 10^{-3} \mu\text{S}$, nem oranı = %84)

| Uygulanan gerilim (kV) | $t=14^\circ\text{C}$ için yüzeysel kaçak akımı (mA) | $t=19^\circ\text{C}$ için yüzeysel kaçak akımı (mA) |
|------------------------|---|---|
| 10 | 0.13 | 0.18 |
| 20 | 0.30 | 0.41 |
| 25 | 0.40 | 0.51 |
| 30 | 0.50 | 0.62 |
| 40 | 0.70 | 0.84 |
| 50 | 0.94 | 1.1 |
| 52 | - | Atlama |
| 60 | Atlama | - |

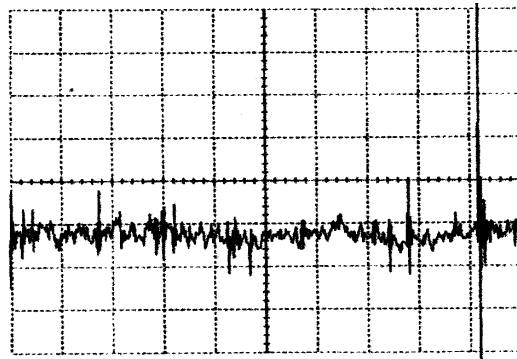


Şekil 4. Sabit nem durumu için akım – gerilim karakteristiği.

Aliğa TS kir numunesi için; kuru band öncesi yüzey akımının zamana bağlı değişimi Şekil 5 ‘de, atlama öncesi yüzey akımının zamana bağlı değişimi ise Şekil 6 ‘da görölmektedir. (Osiloskop kademesi: 2 mV, 5 μ s)



Şekil 5. Aliğa TS kir numunesi için kuru band öncesi yüzey akımı.
(30 kV, 10 $^{\circ}$ C, %80 nem, $1,6 \cdot 10^{-3}$ μ S iletkenlik)



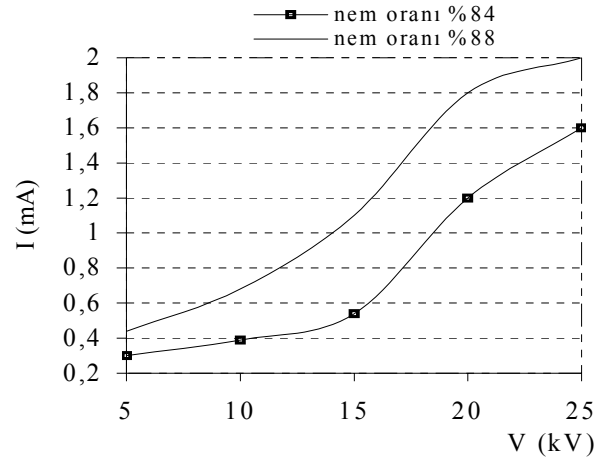
Şekil 6. Aliğa TS kir numunesi için atlama öncesi yüzey akımı.
(40 kV, 10 $^{\circ}$ C, %80 nem, $1,6 \cdot 10^{-3}$ μ S iletkenlik)

4.3.2 Seyitömer Termik Santral Kır Numunesi İle Yapılan Testler

Yüzeysel, Seyitömer TS baca tozları ile kaplanan izolatörler üzerinde yapılan testler için, sabit sıcaklık-değişken nem durumuna ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 4 'de ve bu sonuçlara ilişkin akım-gerilim grafiği ise Şekil 7 'de gösterilmiştir.

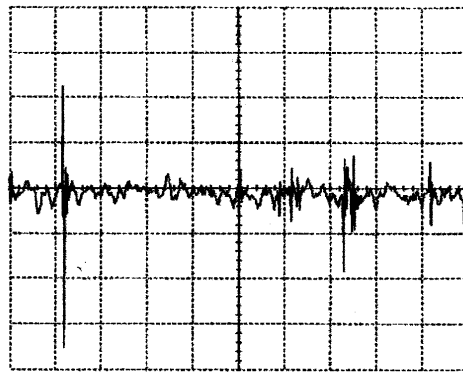
Tablo 4. Seyitömer T.S. kır numunesiyle yapılan testin sonuçları.
(Yüzeysel iletkenliği = 0.5 μ S, t = 14 $^{\circ}$ C)

| Uygulanan gerilim (kV) | %84 nem oranı için yüzeysel kaçak akımı (mA) | %88 nem oranı için yüzeysel kaçak akımı (mA) |
|------------------------|--|--|
| 5 | - | 0.44 |
| 10 | 0.39 | 0.68 |
| 15 | 0.54 | 1.10 |
| 20 | 1.20 | 1.80 |
| 25 | - | 2.00 |
| 26 | Atlama | - |
| 30 | - | 3.00 |
| 35 | - | Atlama |

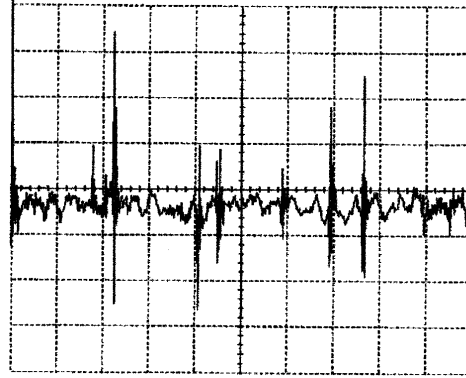


Şekil 7. Sabit sıcaklık durumu için akım – gerilim karakteristiği.

Seyitömer TS kır numunesi için; kuru band öncesi yüzeysel akımının zamana bağlı değişimi Şekil 8 'de, atlama öncesi yüzeysel akımının zamana bağlı değişimi ise Şekil 9 'da görülmektedir. (Osiloskop kademesi: 2 mV, 5 μ s)



Şekil 8. Seyitömer TS kır numunesi için kuru band öncesi yüzeysel akımı.
(20 kV, 10 $^{\circ}$ C, %80 nem, $2 \cdot 10^{-2}$ μ S iletkenlik)



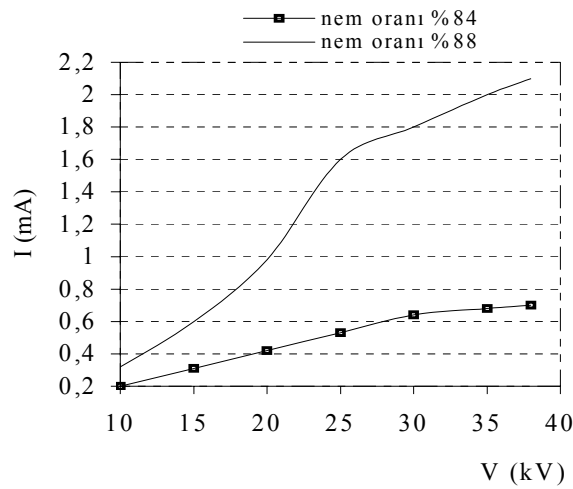
Şekil 9. Seyitömer TS kir numunesi için atlama öncesi yüzey akımı.
(30 kV, 10 °C, %80 nem, $2 \cdot 10^{-2}$ µS iletkenlik)

4.3.3 Hamitabat Termik Santral Kır Numunesi İle Yapılan Testler

Yüzeyi, Hamitabat TS baca tozları ile kaplanan izolatörler üzerinde yapılan testler için, sabit sıcaklık-değişken nem durumuna ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 5 'de ve bu sonuçlara ilişkin akım-gerilim grafiği ise Şekil 10 'da gösterilmiştir.

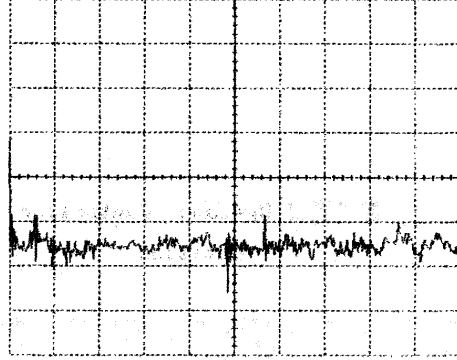
Tablo 5. Hamitabat T.S. kır numunesiyle yapılan testin sonuçları.
(Yüzey iletkenliği = $5 \cdot 10^{-3}$ µS, $t = 14$ °C)

| Uygulanan gerilim (kV) | %84 nem oranı için yüzey kaçak akımı (mA) | %88 nem oranı için yüzey kaçak akımı (mA) |
|------------------------|---|---|
| 10 | 0.20 | 0.32 |
| 15 | 0.31 | 0.60 |
| 20 | 0.42 | 0.98 |
| 25 | 0.53 | 1.60 |
| 30 | 0.64 | 1.80 |
| 35 | - | 2.00 |
| 38 | 0.70 | - |
| 40 | Atlama | 2.20 |
| 48 | | Atlama |

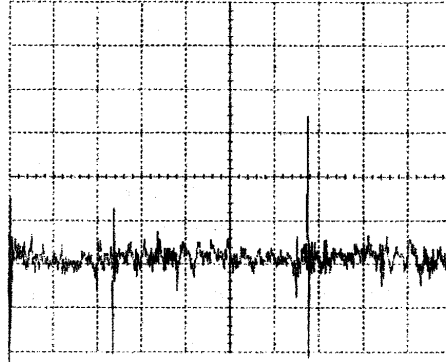


Şekil 10. Sabit sıcaklık durumu için akım – gerilim karakteristiği.

Hamitabat TS kir numunesi için; kuru band öncesi yüzey akımının zamana bağlı değişimi Şekil 11 'de, atlama öncesi yüzey akımının zamana bağlı değişimi ise Şekil 12 'de görülmektedir. (Osiloskop kademesi: 2 mV, 5 μ s)



Şekil 11. Hamitabat TS kir numunesi için kuru band öncesi yüzey akımı.
(40 kV, 10 $^{\circ}$ C, %80 nem, 0.5 μ S iletkenlik)



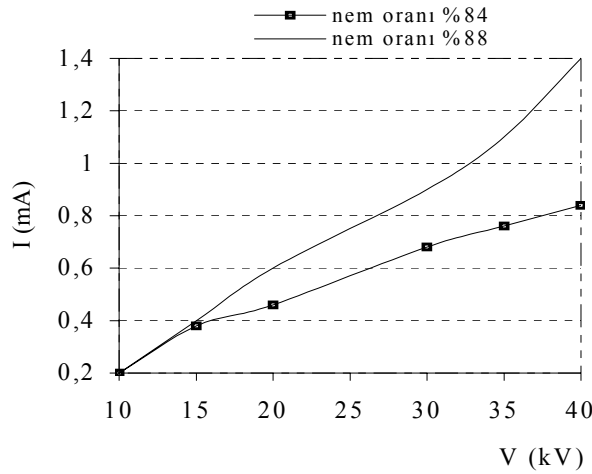
Şekil 12. Hamitabat TS kir numunesi için atlama öncesi yüzey akımı
(50 kV, 10 $^{\circ}$ C, %80 nem, 0.5 μ S iletkenlik)

4.3.4 Çatalağzı Termik Santral Kir Numunesi İle Yapılan Testler

Yüzeysel, Çatalağzı TS baca tozları ile kaplanan izolatörler üzerinde yapılan testler için, sabit sıcaklık-değişken nem durumuna ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 6 'da ve bu sonuçlara ilişkin akım-gerilim grafiği ise Şekil 13 'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Çatalağzı T.S. kir numunesiyle yapılan testin sonuçları.
(Yüzey iletkenliği = $5 \cdot 10^{-3}$ μ S, t = 14 $^{\circ}$ C)

| Uygulanan gerilim (kV) | %84 nem oranı için yüzey kaçak akımı (mA) | %88 nem oranı için yüzey kaçak akımı (ma) |
|------------------------|---|---|
| 10 | 0.20 | 0.20 |
| 15 | 0.38 | - |
| 20 | 0.46 | 0.60 |
| 30 | 0.68 | 0.90 |
| 35 | 0.76 | 1.10 |
| 40 | 0.84 | 1.40 |
| 42 | Atlama | - |
| 52 | | Atlama |



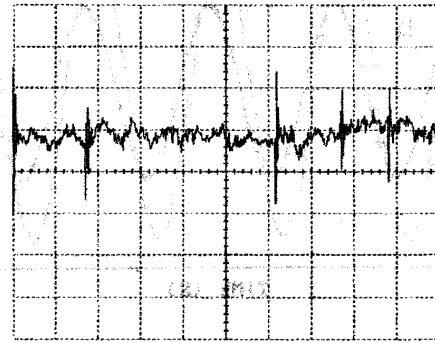
Şekil 13. Sabit sıcaklık durumu için akım – gerilim karakteristiği.

Çatalağzı TS kir numunesi için; kuru band öncesi yüzey akımının zamana bağlı değişimi Şekil 14 'de, atlama öncesi yüzey akımının zamana bağlı değişimi ise Şekil 15 'de görülmektedir. (Osiloskop kademesi: 2 mV, 5 μ s)

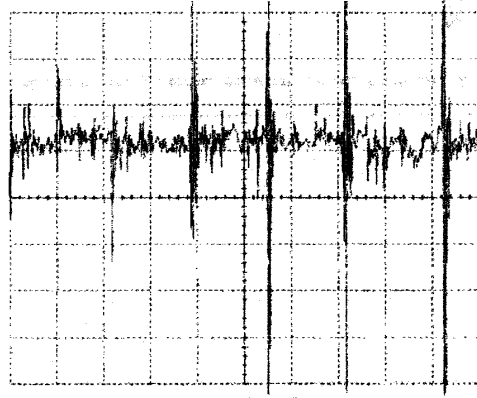
4.4 Değerlendirme

Termik santrallerden alınan baca tozları kullanılarak yapılan tüm deneyler, önce sabit sıcaklıkta nem oranı değiştirilerek, daha sonra sabit nemde sıcaklık miktarı değiştirilerek tekrarlanmıştır. Ancak 4 örnekte de aynı sonuca ulaşıldığı için, sabit nem-farklı sıcaklık durumuna ait, uygulanan gerilimle sızma akımı arasındaki ilişki ve akım-gerilim karakteristiği sadece Aliğa TS kir numunesiyle yapılan testler için verilmiştir.

Aliğa, Seyitömer, Hamitabat ve Çatalağzı TS 'ne ait baca tozlarının (kir numunelerinin) yüksek gerilim izolatorleri üzerindeki olumsuz etkileri elde edilen grafiklerden kolayca görülmektedir. Ayrıca Seyitömer kir numunesinin, izolator yüzeyinde oldukça yüksek iletkenlik sağladığı ve izolator performansını daha çok düşürdüğü gözlenmektedir.



Şekil 14. Çatalağzı TS kir numunesi için kuru band öncesi yüzey akımı.
(10 kV, 10 $^{\circ}$ C, %80 nem, 1.33 μ S iletkenlik)



Şekil 15. Çatalağzı TS kir numunesi için atlama öncesi yüzey akımı.
(20 kV, 10 °C, %80 nem, 1.33 µS iletkenlik)

Sabit sıcaklıkta ortamdaki nemin artması, izolatör yüzeyinden akan kaçak akımın artmasına neden olmaktadır. Ancak yüksek nemde kuru band bölgelerinin oluşumu daha uzun süre alacağından, yüzeysel atlama daha büyük gerilimlerde meydana gelmektedir.

Sabit nemde ortam sıcaklığının artması, izolatör yüzeyinde yalıtımın zayıflamasına ve sızma akımının artmasına neden olmaktadır. Böylece izolatörün özellikle dar kısımlarında daha çok görülen kuru band bölgeleri, daha fazla akımın geçmesi ve bu bölgeleri daha fazla ısıtması sonucu daha çabuk kururlar. Bu nedenle sıcaklığın artması atlama gerilimini düşürmektedir.

Osiloskop kayıtları, özellikle pilot ön deşarjlar anındaki yüksek darbe akımlarını ve ark frekansını göstermektedir. Yüksek frekanslı ark akımları bir anda izolatörün birçok bölgesinde kısmi deşarjlar meydana getirmektedir. Çeşitli etkenlerle izolatör yüzeyinde oluşan kuru kir tabakası, izolasyonun bozulmasına tek başına büyük bir etki yapmamaktadır. Deneyler sırasında; yüzeyi temizlenmiş bir izolatör ile, yüzeyi kuru kir tabakası ile kaplı izolatörün yalıtım seviyelerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ancak kirle kaplı bir izolatörün, nemi ve sıcaklığı değişen bir ortamda yalıtım özelliğinin de değiştiği görülmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada; yüksek gerilim izolatörlerindeki kaçak akımların ve yüzeysel atlama gerilimlerinin çevresel faktörlere bağımlılığı laboratuvar şartlarında incelenmiştir.

Yüksek gerilim izolatörlerinde çevresel kirlenmelerin meydana getirdiği yüzeysel atlamalar, işletme bakımından çok büyük problemleri beraberinde getirmektedir. Sanayinin gelişmesi ile oluşan kirlilikler, termik santrallerin baca tozları, deniz tuzu gibi dış etkenler izolatör yüzeyinde önemli derecede iletkenlik oluşturmakta ve izolatörün en önemli fonksiyonu olan elektriksel izolasyon görevini yerine getirmesine engel olmaktadır.

Deneyler esnasında karşılaşılabilecek bazı zorluklar; izolatör yüzey iletkenliğinin hassas olarak belirlenebilmesi, belirli miktardaki kir numunesinin her defasında eşit oranda ve homojen bir şekilde izolatör yüzeyine püskürtülebilmesi ve izolatörün yeterli bir süre deneyin yapılacağı ortam şartlarında tutulması gerekliliğinden dolayı, deneylerin uzun zaman almasıdır.

KAYNAKLAR

1. Gouda, O.E., Influence of Pollution on H.V. Insulators, Conference Record of the 1990. IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Toronto, Canada. 195-198, 1990.
2. Gubanski, S.M., Vlastos, A.E., Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators, IEEE Transaction on Power Delivery, 3: 1527-1535, 1990.
3. Rumeli, A., Kirli İzole Yüzeylerde Deşarjların Yayılımı ve Atlama, Elektrik Mühendisliği, 199: 419-427, 1973.

4. Rumeli, A., Yüksek Gerilim İzolatörlerinin Kirlenme Atlama Gerilimlerinin Hesaplanması, Tübitak Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No: Mag-294, Ankara, 1973.
5. Dhahbi-Megrache, N., Beroual, A., Flashover Dynamic Model of Polluted Insulators Under AC Voltage, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 7 (2): 283-289, 2000.
6. Dhahbi-Megrache, N., Beroual, A., Krahenbühl, L., A new proposal model for flashover of polluted insulators, J.Phys. D:Appl. Phys. 30 (5): 889-894, 1997.
7. Zaffanella, L.E., Schneider, H.M., Dunlop, J.H., Performance of Contaminated Insulators for HVDC Lines, CIGRE, Paper No: 33-05, 1986.
8. Pignini, A., Perin, D., Zagliani, F., Ramamoorthy, M., Lakshminarasimha, C.S., Rammohan, V.B., Performance of Insulators for EHVDC Systems under Polluted Conditions, CIGRE, Paper No: 33-11, 1988.
9. Cheng, T.C., Wu, C.T., HVDC Insulators under Contaminated Conditions, IEEE Trans. EI, 15 (3): 270-284, 1980.
10. Jolly, D.C., Poole, C.D., Flashover of Contaminated Insulators with Cylindrical Symmetry under DC Conditions, IEEE Trans. EI, 14 (2): 77-84, 1979.
11. Guan, Z., Warren, L., Bagdahdi, A.J., Goulsbra, D.R., The Polarity Effect of Discharge on Polluted Insulators, Sixth International Symposium on HV Engineering, Paper No: 30.03, 1989.
12. Williams, L.J., Kim, J.H., Kim, Y.B., Arai, N., Shimoda, O., Holte, K.C., Contaminated Insulators-Chemical Dependence of Flashover voltages and Salt Migration, IEEE Trans, PAS, 93: 1572-1580, 1974.
13. Lambeth, P.J., Effect of Pollution on HV Outdoor Insulators, Proc. IEE, IEE Reviews, 118 (9R): 1107-1130, 1974.
14. Rizk, F.A.M., Assaad, A.A., Flashover Tests on Dust-Contaminated Insulators, IEEE Trans. PAS, 91 (1): 328-334, 1972.
15. Rashwan, M.M., McDermid, W., DC Wall Bushings on the Nelson River HVDC System, IEEE Canadian Review, 12-14, 1989.
16. Kimoto, I., Fujimura, T., Naito, K., Performance of Insulators for Direct Current Transmission Line under Polluted Condition, IEEE Trans. PAS, 92: 943-949, 1973.
17. Rumeli, A., Kirli İzole Yüzeylerde Deşarjların Yayılımı ve Atlama, Elektrik Mühendisliği, 199: 419-427, 1973.
18. Ahmad, S.A., Ghosh, P.S., Ahmed, S.S., Aljunid, S.A.K., Assessment of ESDD on High-Voltage Insulators Using Artificial Neural Network, Electric Power Systems Research, 72, 2(1) : 131-136, 2004.
19. Abdel-Salam, H.A.H., Abdelgawad, N.M.K., Arafa, B.A., Effect of Desert Environmental Conditions on the Flashover Voltage of Insulators, Energy Conversion and Management, 43, 17, 2437-2442, 2002.
20. Li, Q., Wang, L., Su, Z., Liu, Y., Morita, K., Matsuoka, R., Ito, S., 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, 350-353, Japan, 1991.
21. Rumeli, A., Kir Altında İzolatör Testleri, Elektrik Mühendisliği, 185, 87-100, 1972.
22. Kawai, M., Milone, D.M., Flashover Tests at Project UHV on Salt-Contaminated Insulators, IEEE Trans. 1970 PAS-89, 755-761, 1970.
23. Beausejour, Y., Rizk, F.A.M., Feed Back-Controlled Cascade Rectifier Source for HV Testing of Contaminated Insulators, IEEE Trans, PAS, 100 (7): 3525-3534, 1981.
24. Hasegawa, Y., Naito, K., Arakawa, K., Schneider, H.M., Zaffanella, L.F., A Comparative Program on HVDC Contamination Tests, IEEE PES Summer Meet., P.No: 87 SM 557-2, 1987.
25. Cherney, E.A.(Working Group), The AC Clean-Fog Test for Contaminated Insulators, IEEE Trans. PAS, 102 (3): 604-612, 1983.
26. Sundararajan, R., Gorur, R.S., Dynamic Arc Modeling of Pollution Flashover of Insulators Under DC Voltage, IEEE Transactions on Electrical Insulation, 28 (2): 209-218, 1993.
27. Ormanođlu, Y., Türkiye Uçucu Küllerinin Magnetik Fraksiyonlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1991.