

# Yüksek Gerilim Yeraltı Kablolarının Yüksek Vakumda Kurutulması

CEG BERICHTE'den  
özetlenmiştir.

Özetleyen:  
Hüsemettin ATEŞ  
Y. Müh - İller Bankası

## GİRİŞ:

Elektrik enerjisinin elektrik bakımından izole edilmiş nakillerle taşınması keyfiyeti elektrik tesislerinin maliyetine tesir eden en mühim faktördür. Bugün elektrik enerjisi (Elektromagnetik enerji hariç) ya hava hattı veya kablo şebekeleri vasıtası ile nakledilebilmektedir. Bugün henüz üçüncü bir hal tarzı bulunamamıştır. Bu itibarla insanlar bütün araştırma güçlerini bu iki nakil tarzını biraz daha islah etmek, sadeleştirmek ve ucuzlatmak imkânları üzerine teksif etmişlerdir. Enerjinin uzak mesafelere naklinde hava hatlarının kullanıldığı malumdur. Bu tarz enerji naklinde maliyete tesir eden unsurlar, direk, izolatör, iletken malzemelerinin evsafi ile güzergâhın, nakil gerilimi ve iletken kesitinin isabetli olarak seçilmesi keyfiyeti şeklinde hülâsa edilebilir. Enerjinin hava hattı ile naklinin mümkün olmadığı yerlerde, şehirler dahilinde ve endüstriyel tesislerde yeraltı kablosu kullanıldığı bir vakıadır. Memleketimizde elektrolitik bakır tel, izolatör, muhtelif plâstik kablolar imal edilebilmektedir. Fakat henüz memleket çapında yeraltı kablosu imalâtı yoktur. Bu itibarla bu malzemenin teknolojisi hakkındaki bilgi ve görüşlerimizi genişletmek ve çok kullanılan bu malzemenin memleketimizde imali imkânlarını araştırmak hususlarının bilhassa memleket ekonomisi bakımından Elektrik Mühendisliği camiasını çok yakından alâkadar edeceği kanısındayım. Bu yazımız imal edilmiş kabloların evsafını yükseltmeyi hedef tutmuş olmakla beraber esas gayeye de hizmet edeceği inancı ile hazırlanmıştır.

Bilindiği üzere yeraltı kablolarının iki asfî izolasyon maddesi vardır. Biri kâğıt, diğeri yağdır. Bir yeraltı kablosunun evsafının yüksekliği kâğıt ve yağ izolasyon maddelerinin diélektrik kayıp katsayılarının küçük ve izolasyon direncinin yüksek olmasına bağlıdır. Bu iki maddenin yukarıda zikredilen evsafını bozan en mühim faktörde rutubettir. Bu itibarla bir yeraltı kablosunun evsafının iyiliği ihtiva ettiği rutubet miktarı ile değişmektedir. Bu maksatla bu yazımızda imâl edilmiş bir kablunun yüksek vakumda rutubetinin nasıl azaltılabileceği ve kablunun evsaf bakımından nasıl bir değişikliğe maruz kalacağı incelenecektir.

## İzole Kâğıt Maddesinin Yapısı ve Rutubetin Tesiri: /

Bilindiği üzere kâğıt lifli sellülozik bir yapıya maliktir. Kablo izolasyonunda kullanılan kâğıdın menşei — ekseriya — çamdır. Ayrıca Doğu Hindistan'da yetişen ve Manila adı verilen bir bitkinin kökleri de kullanılmaktadır. Yüksek gerilim kablosunda kullanılan kâğıt izolasyon maddesinin kimyevi tesirlerden mutazarrır olmaması gerektiği gibi emme kabiliyetinin ve mekanik mukavemetinin de yüksek olması gerekmektedir. Kâğıdın gevşek ve makromoleküler bir yapıda olduğu ve bünyesinde açık veya kapalı sayısız boşluklar bulunduğu bilinmektedir.

Kablolarda kullanılan kâğıt izolasyon maddesi şiddetli higroskopiktir; bu sebeple kablunun ihtiva ettiği su muhitin bağıl nem derecesine sıkı sıkıya bağlıdır. Bu itibarla kâğıdın nem derecesi muayyen bir müddet sonra muhitin bağıl nem derecesi ile denge haline gelir. Saf sellülozik 0,1 mm. kalınlığında bir kâğıdın bağıl nemi % 50 olan bir ortamda % 9,4 su ihtiva ettiği tespit edilmiştir. Bağıl nem derecesinin % 100 e çıkması halinde su miktarının % 19'a yükseldiği görülmüştür. Kablolarda kullanılan kâğıt izolasyon maddesinin % 3 ilâ % 7 kadar su ihtiva ettiği söylenebilir.

Kâğıdın tamamen kuru haldeki ağırlığına nazaran ihtiva ettiği su miktarı (W), muhit sıcaklığı (t) ve su buharı kısmi basıncı (P) ise

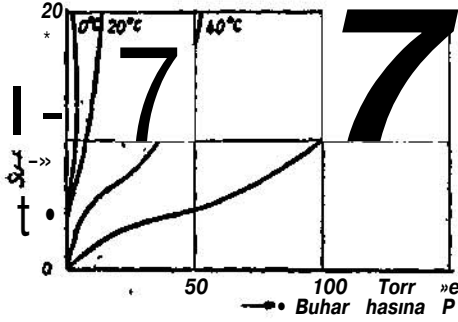
$$W = f(P, t)$$

şeklinde umumi bir münasebet tesis etmek kabildir.

Su miktarı absise, basınç ordinata taşınmak sureti ile ve (t) sıcaklığı parametre olmak üzere (Şekil: 1) deki eğrileri teşkil etmek mümkündür:

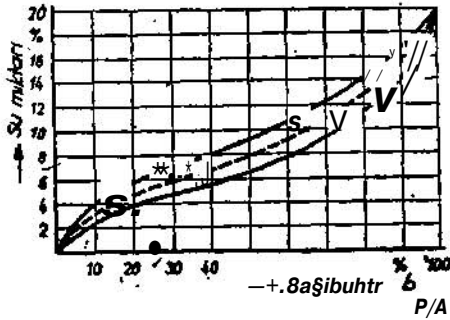
Şekil 1 de de görüleceği üzere sıcaklık sabit kalmak şartı ile buhar basıncının değişmesi halinde kâğıdın ihtiva ettiği su miktarı sür'atle azalmaktadır.

Kısmi buhar basıncı P, doymuş buhar basıncı P<sub>0</sub> olduğu takdirde,  $W = f(P/P_0)$  şeklinde ikinci bir münasebetin de tesisi mümkündür.



(Şekil 1) Kağıt izolasyon maddesinin ihtiva ettiği su miktarının buhar basıncına göre değişimi.

(P/P<sub>0</sub>) bağıl buhar basıncıdır. Bu takdirde W absise, P/P<sub>0</sub> ordinata taşınmak\* suretiyle (Şekil : 2) deki eğri elde edilir



(Şekil 2) Kağıt izolasyon maddesinin ihtiva ettiği su miktarının bağıl buhar basıncına göre değişimi

Görülüyor ki bağıl buhar basıncı yükseldikçe su miktarı da artmaktadır. Bağıl buhar basıncı sıfırdan % 10'e yükseltilirken teşkil edilen  $W = j (P/P_0)$  eğrisi ile bağıl buhar basıncının azaltılması sureti ile teşkil edilen  $W = / (P/P_0)$  eğrisinin üst üste gelmemesi dikkate değer. Bu durum elektromagnetik olaylardaki histeresis eğrisini hatırlatır. Kablolarda kurutulması mevzuunda başka çalışmalar da mevcut olmakla beraber burada bahsedilmeyecektir.

#### Kâğıdın Kurutulması :

Yukarda görüldüğü üzere kâğıdın ihtiva ettiği su miktarı muhitin bağıl buhar basıncına bağlıdır ve bağıl buhar basıncı düştükçe kâğıdın ihtiva ettiği su miktarı azalmaktadır. Ayrıca muhit sıcaklığının yükselmesi halinde su moleküllerinin hareket kabiliyetlerinin arttığı bir vakıdır. Bu suretle kâğıdın bünyesindeki suyun su molekülü veya buhar (gaz) şeklinde difüzyon yolu ile tahliyesi de mümkündür. Bu hâdiselerin ışığı altında kâğıdın bünyesindeki suyun tahliyesi maksadı ile kullanılabilir bir cihazın imal edilmesi imkân dahiline girer.

Kâğıdın yüksek vakumda kurutulması halinde yüzeyindeki buhar basıncı düşürülebilir. Bu su-

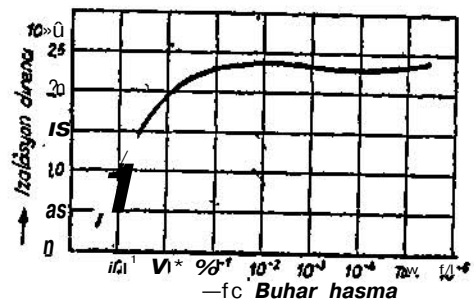
retle husule gelen basınç farkı tesiri ile kâğıdın bünyesindeki difüzyon hâdisesi hızlandırılır ve bünyesindeki su dışarı atılır.

Bu maksatla geliştirilmiş cihazlar mevcut bulunmaktadır. Misal olarak bir vakum kazanı ile bir ön vakum pompası ve bir yağ difüzyon pompasından müteşekkil bulunan Leybolt OT 400 tipi yüksek vakum cihazı zikredilebilir. Böyle bir cihaz ile 10<sup>-5</sup> Torr'a) kadar düşük basınç elde etmek kabil olmaktadır. Vakum basıncını ölçmek için iyonizasyon manometresi veya McLeod Vakummetresi kullanılır. McLeod vakummetresi ile çok düşük basınçlar doğru olarak ölçülememekle beraber ortam ısıtılmak sureti ile buhar basıncının yükseltilmesi cihetine gidildiği takdirde kullanılması mümkün olur. İzolasyon direnci akım, gerilim ölçümü yolu ile, kayıp açısı Schering köprüsü ile tayin edilir.

Muhtelif Muhit Sıcaklıklarında İzolasyon Direnci ile Buhar Basıncı Münasebeti :

Yukarda kâğıdın izolasyon direncinin muhitin buhar basıncına bağlı olduğu söylenmişti. Başka bir deyişle kâğıdın izolasyon direnci ihtiva ettiği su miktarına ve dolayısı ile ortamın muhtelif sıcaklıklardaki buhar basıncına bağlıdır. İmal edilmiş 20 ve 30 Kv. luk kablolar üzerinde bu mevzuda muhtelif denemeler yapılmıştır. Kablonun deneme esnasında kazandığı özelliklerin geometrik ölçülerine bağlı olmadığı müşahade edilmiştir. (Şekil: 3) te 20 Kv. luk bir kablo üzerinde 36 saat müddetle yapılan yüksek vakumda kurutma ameliyesinde buhar basıncına tâbi olarak izolasyon direncinin değişimi görülmektedir.

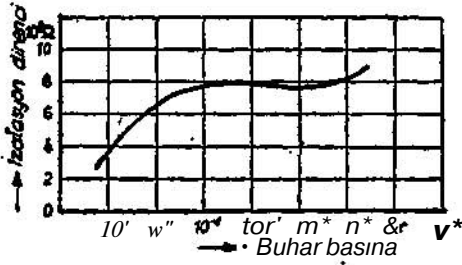
Şekil 3 de görüldüğü veçhile izolasyon direnci basınç düştükçe hızla yükselmekte ve 10<sup>-1</sup> - 10<sup>-2</sup> Torr. da makimum değere erişmektedir. Basıncın düşürülmesine devam edildiği takdirde dahi izolasyon direnci yükselmeyip takriben sabit kalmaktadır.



(Şekil 3) Kablo izolasyon direncinin buhar basıncına bağlı olarak değişimi

Kablo gerilimi = 20 Kv  
Kablo uzunluğu = 20 m  
Ortam sıcaklığı = 90°C  
İşlem süresi = 36 saat (beher basınç kademesinde)

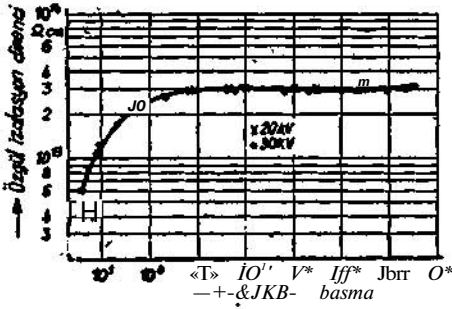
(1) 1 Torr = 1 mm. oiva basıncı



(Şekil : 4) Kablo izolasyon direncinin buhar basıncına bağlı olarak değişimi.

Kablo gerilimi = 30 Kv.  
Kablo uzunluğu = 8,25 m.  
Ortam sıcaklığı = 116°  
İşlem süresi = 2 saat (beher basınç kademesinde)

Şekil 3 ve (Şekil: 4) de elde edilen neticeler mukayese edildiğinde beher basınç kademesindeki işlem süresinin de izolasyon direncinin değişmesine bariz bir tesir icra etmediği görülmektedir. İkinci işlemde de  $10^1$  ve  $10^2$  Torr civarında kablunun en büyük izolasyon direncine eriştiği müşahade edilmektedir.

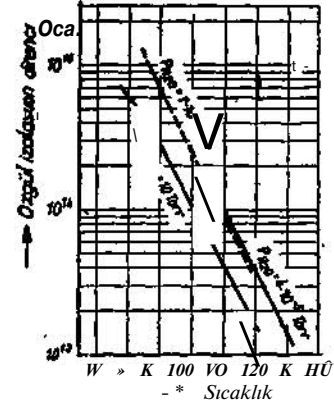


(Şekil: 5) 30 ve 20 Kv. luk kablolarda özgül izolasyon direncinin buhar basıncına tâbi olarak değişmesi

Muhtelif gerilimli kablolar üzerinde yapılan deneylerden elde edilen neticelere göre (Şekil: 5) teki grafik elde edilmiştir. Özgül izolasyon direncinin buhar basıncına bağlılığının aynı oluşu dikkate değer. Daha yüksek gerilimde kullanılan kablolarda (Meselâ: 132 Kv.) yapılan deneylerde dahi benzer neticeler elde edilmiştir. Ayrıca kablo özgül izolasyon direncinin sabit buhar basıncı altında sıcaklığa bağlı olarak değişimi incelenmiş ve bulunan neticeler (Şekil: 6) da gösterilmiştir. Özgül izolasyon direncinin sıcaklık değişimine bağlılığı diğer izole maddelerde olduğu gibi üstel bir fonksiyona göre değişmektedir.

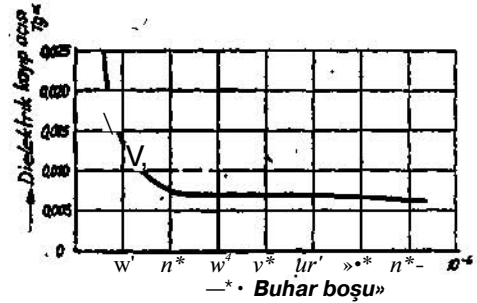
Dielektrik Kayıp Katsayısının Buhar Basıncına Bağlılığı:

Kablo izolasyon maddesinin 50 Hz. de ve ortam sıcaklığı sabit tutulmak sureti ile muh-



(Şekil 6) 30 Kv luk bir kabloda sabit buhar basıncında özgül izolasyon direncinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi

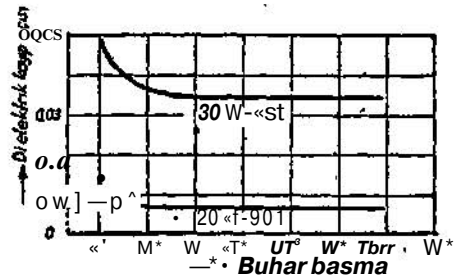
telif buhar basınçlarında kayıp katsayısı deneysel olarak ölçülmek sureti ile (Şekil: 7) ve (Şekil: 8) deki eğriler elde edilmiştir.



(Şekil . 7) Kayıp açısının buhar basıncına tâbi olarak değişimi

Kablo gerilimi = 20 Kv.  
Frekans = 50 Hz.  
Ortam sıcaklığı = 90° C  
Deney müddeti = Uzun

Şekildende görüleceği üzere  $10^1$  ilâ  $10^2$  Torr civarında kayıp açısı hızla azalmaktadır.  $10^{11}$  Torr-dan itibaren de takriben sabit kalmaktadır.



(Şekil . 8) Kayıp açısının buhar basıncına bağlı olarak değişimi.

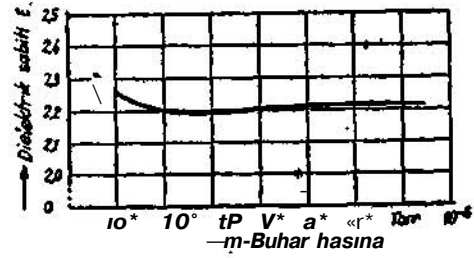
Kablo gerilimi = 20 Kv  
Frekans = 50 Hz.  
Ortam sıcaklığı = 90° C ve 116° C  
Deney müddeti = Kısa

Kısa süreli deney ile uzun süreli deney neticesinde elde edilen değerlerin birbirine uygunluğu dikkate değer. Buda ortamın buhar basıncı ile izolasyon maddesinin ihtiva ettiği su miktarının kısa zaman zarfında denge haline geldiğine delâlet etmektedir.

Dielektrik Sabitin Ortamın Buhar Basıncına Bağlı Olarak Değişimi :

Ortamın buhar basıncının izolasyon maddesinin dielektrik sabitine etkisi (Şekil: 9) da gösterilmiştir. Dielektrik sabitin 1 Torr. dan itibaren takriben sabit kaldığı görülmektedir.

Netice olarak görülüyor ki takriben  $10^{-1}$  ve  $10^{-2}$  Torr. civarında izolasyon maddesinin ihtiva ettiği rutubet miktarı ile ortamın buhar basıncı (rutubet minimum olacak tarzda) denge halinde bulunmaktadır. Bu sebeple izolasyon kabiliyetinin ıslâhı hususunda yapılan işlemin uzatılmasına ve basıncın daha çok düşürülmesine pratik olarak lüzum kalmamaktadır. Ayrıca bu ame-



Şekil 9) Dielektrik sabitin buhar basıncına göre değişimi

Kablo genliği = 20 Kv.  
Frekans = 50 Hz  
Deney süresi = Devamlı

liye neticesinde yağın bünyesindeki artık gaz habbecikleri de bertaraf edildikten izolasyon kabiliyeti yükselmekte ve gaz habbeciklerinin izolasyon bakımından zararlı tesirleri de bertaraf edilmektedir. Bu suretle elektrik enerjisi naklinde mühim bir yer işgal eden yeraltı kablolarının imal edildikten sonra dahi evsflarının ıslah edilmesi kabil olmaktadır.

UDK: 621.311.42

## Açık Havada Tesis Edilen Metal Muhafazalı Trafo Tesisleri

Yazan:

Newar SÜNNETÇİOĞLU  
Y. Müh.-E.İ.E.

Son senelerde Avrupa'da orta gerilim şebekelerinde 6 ... 20 kV ve 1000 kVAya kadar trafo postalarının dahili ve harici tiplerinin yanında bir de metal muhafazalı tip inkişaf ettirilmiştir. Başlangıçta oldukça tereddütlerle karşılanan bu yeni tip evvelâ çok küçük merkezler için kullanılmış ve yüzlerce işletme tecrübelerinin müsbet oluşu, daha büyük güçler için, bu, tip postalar inşasına yol açmış ve bugün yukarıdaki gerilim ve güçte metal muhafazalı tip bina tipi postanın yerini almıştır.

Bina tipi istasyonlara alışmış olan işletmeciler dahili tip âletleri sadece bir metal muhafaza içine alıp açık havada tesis etmek fikrine başlangıçta itiraz etmiştir. Sebep olarak da rutubetin kolayca metal muhafaza içine nüfuz edeceği ve su damlacıkları halinde dahili tip âletlerin soğuk satırlarında, izolatörlerde yoğunlaşacağı ve ince tozlarla beraber izolatör yüzeyinin kirleneceği ve atlama yapacağı ileri sürülmüştü. Böyle olunca metal- muhafaza içme izolasyon seviyesi dahili tipden yüksek ve fakat harici tipden düşük

izolatör ve buşing kullanmak mecburiyeti ortaya çıkacaktı. Bu da arzu edilmeyen bir şeydir. Bu sebeple bir cesaret gösterilerek metal muhafaza içine dahili tip âletler konmuş ve elde edilen tecrübeler endişelerin yersiz olduğunu göstermiştir. Kusursuz bir konstrüksiyon ve metal muhafazanın temellere montajı iyi oldukça, içerdeki atmosferik şartlar bina dahilindeki kadar iyidir. Dahili tip postalardan metal muhafazalı postalara gidişin sebebi ne olabilir?

^Birinci nokta trafo postalarının ilerdeki tevsi problemidir. Herhangi bina tipi trafo merkezinin tesisinde bina, ilerdeki inkişaf ve tevsi ihtimali gözönüne alınarak inşa edilir. Bu lüzumu kadar yedek boş hücre bırakılması, binanın ona göre geniş tutulması demektir. Bu ise ölü bir kapitaldir. Tevsi tarihine kadar başka bir yerde kullanılması mümkündür. Ayrıca tahmine dayanılarak bırakılan boş hücre sayısı, tahminin üstünde bir inkişaf halinde kâfi gelmeyip müstakil yeni fider tesisi imkânsız hale girebilir. Ankara şebekesinde bu durum birçok yerlerde vu-