



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

2XS(FL)2Y 87/150(170) kV Yüksek Gerilim Güç Kablosu Yalıtım Arızasının İncelenmesi ve Elektriksel Ölçüm Testleri

Nihat PAMUK*

TEİAŞ 5. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü, Sakarya, TÜRKİYE

** Sorumlu yazarın e-posta adresi: nihotpamuk@gmail.com*

ÖZET

Yüksek gerilim güç kablolarının güvenliği ile ilgili en önemli konulardan biri, güç kablolarına ait parça ve malzemelerin bozulmasıdır. Güç kablolarının performansı yalıtkan malzemenin mekaniksel ve elektriksel bütünlüğüne bağlıdır. Yüksek gerilim güç kablolarındaki mikro çatlaklar, güç kablolarının yalıtım özelliklerini tehdit edebilir. Bu nedenle yüksek gerilim güç kablolarında mikro çatlakların oluşması istenmez. 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV yüksek gerilim güç kabloları çapraz bağlı polietilen (XLPE) ve etilen propilen kauçuk (EPR) gibi çeşitli katı yalıtım malzemelerini kullanır. Elektriksel ölçümler ve kimyasal analizler yüksek gerilim güç kablolarında en iyi örnek karışımı bulmak için kullanılır. Bu çalışmada, 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV yüksek gerilim güç kablosunun yalıtım arızası incelenmiş ve arıza tespiti için uygulanan elektriksel ölçüm testleri anlatılmıştır. Arızanın tespit edilmesi ve yok edilmesi yönünde karşılaşılan sorunlar, çözüm önerileri ve önleyici tedbirler açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Güç kablosu, Mikro çatlaklar, Elektriksel ölçüm testleri*

Investigation of Insulation Breakdown of 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV High Voltage Power Cable and Electrical Measurement Tests

ABSTRACT

One of the most significant issues related to the safety of high voltage power cables is the degradation of their parts and materials. The performance of the power cables depends on the mechanical and electrical integrity of the insulator material. Micro-cracks in high voltage power cables can threaten the insulating properties of power cables. Therefore the occurrence of micro-cracks is undesirable in high voltage power cables. 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV high voltage power cables use various solid insulation materials such as Cross-linked Polyethylene (XLPE) and Ethylene Propylene Rubber (EPR). Electrical measurements and chemical analysis are used to find out the most representative combination in high voltage power cable. In this study, 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV high voltage power cable insulation breakdown were investigated and the applied electrical measurement tests are described for breakdown detection. The problems which encountered the direction of the breakdown detection and elimination, solution proposals and preventive measures are described.

Keywords: *Power cable, Micro cracks, Electrical measurement tests*

I. GİRİŞ

ELEKTRİK enerjisinin iletiminde ve dağıtımında enerji iletim hatları ve yeraltı kablo hatları kullanılır. Enerji iletim hatları uygulamada daha çok kullanılan bir iletim hattı montaj sistemidir. Enerji iletim hatlarının az olması, bakım tamir ve işletme kolaylıkları gibi avantajları sayesinde güç sistemlerinde daha fazla tercih edilir. Ancak enerjinin iletimi ve dağıtımında, her zaman ve her yerde havai iletim hatlarının kullanılması mümkün değildir. Bu gibi durumlarda yeraltı kablolu enerji iletim hatları tesis edilir. Bu amaç için kullanılan kablolar yeraltı kabloları adı verilir [1].

Yüksek gerilim enerji iletim sistemlerinde yıldırım gibi atmosferik deşarjlardan kaynaklanan dış aşırı gerilimlerin yanında açma-kapama olayları, kısa devre arızaları, jeneratör yükünün kalkması, boşta çalışan iletim hatlarındaki ferranti olayı gibi nedenlerden kaynaklanan iç aşırı gerilim ve akımlara da sıkça rastlanmaktadır [2]. Bu zararlara karşı gereken önlemleri almak için önce sistemde meydana gelebilecek en yüksek gerilim değerlerini hesaplayıp, trafo merkezlerinde bulunan koruma sistemlerini bu değerlere göre tasarlamak ve ayarlamak gerekir [3].

Yeraltı kabloları ile yapılan enerji iletiminde ve dağıtımındaki en büyük sorun masraflarının büyük olması ve çok yüksek gerilimlere dayanacak yeraltı kablolarının yapılamamasıdır. Ancak bununla birlikte yeraltı kablolarının havai iletim hatlarına göre avantajlı olduğu taraflar ise [4];

- Yeraltı kabloları ile yapılan enerji iletim ve dağıtım hatlarında, direklerle ve direk donanım teçhizatlarına gerek yoktur. Kullanılan teçhizat sayısının azalması sistem güvenilirliğini arttırmaktadır.
- Yol, cadde ve meydanların çevre düzenlemesi bozulmadan gerekli enerji iletimi sağlanmaktadır.
- Fırtına ve yıldırım düşmesi gibi atmosferik olaylara maruz kalma olasılığı yoktur.
- Yerleşim alanları içerisinde, havai iletim hatlarına göre daha çok emniyetli olup, kaza olma ihtimali daha azdır.

II. 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV KABLO YAPISI

A. GENEL TARİFLER

Damar: Kabloların yalıtılmış her iletkenine, yalıtkan kılıfı ile birlikte damar adı verilir.

İletken: Kablolarda elektrik akımını taşıyan bir tel veya tel demetine iletken denir.

Kılıf: Elektriksel yalıtma, mekaniksel ve kimyasal etkilerden koruma amacıyla kullanılan yalıtkan madde veya metalden yapılmış muhafaza elemanıdır.

Yalıtkan kılıf: Çıplak iletkeni yalıtan kılıftır.

Ortak kılıf: Birkaç damardan meydana gelen, demete istenilen şeklin verilmesini sağlayan yalıtkan kısımların üst üste gelerek oluşturduğu ortak bir kılıftır. Damarlar arasındaki boşluklar baskı yapılarak doldurulur. Şerit sarmak suretiyle yapılan orta üretimlerinde damarlar arasındaki boşluklar dolgu maddesi ile doldurulur.

Siper: Yüksek gerilime karşı korumak veya enerji kablolarının haberleşme tesislerine etkisini azaltmak amacıyla kullanılan ve kesiti küçük olan bakır şerit sargıdır.

Konsantrik iletken: Bir damarlı kablolarda yalıtkan kılıfın, çok damarlı kablolarda ise ortak kılıfın üzerine gelen bakır tellerden yapılmış sargıdır.

Koruyucu kılıf: Kabloyu çeşitli mekanik etkilerden koruyan örgülerdir.

Zırh ve ekran: İletkenin her iki ucundan topraklanması suretiyle temas koruyucu olarak görev yapmaktadır.

B. KABLO SİMGELERİNDEKİ HARFLERİN ANLAMLARI

VDE 0271, VDE 0272 ve VDE 0273 standartlarına göre yeraltı güç kablolarının simgelerini belirleyen harfler [5];

N: Ağır işletme koşullarına dayanıklı ve sabit tesislerde kullanılan kablo,

A: Alüminyum iletken,

M: Çok telli iletken,

Y: Termoplastik yalıtkan,

C: Siper veya Konsantrik iletken veya ekran,

E: Her damar üzerindeki siper,

S: Daire dilimli (sektör) kesitli iletken,

CE: Bireysel bakır sarmal siper,

CW: Dalgalı boyuna bakır siper,

SE: Çok damarlı kablolarda bireysel siper,

F: Galvanizli yassı çelik tellerden yapılmış koruyucu sargı veya örgüler,

R: Galvanizli yuvarlak çelik tellerden yapılmış koruyucu sargı veya örgüler,

Gb: Çelik tutucu sargı (R ve F için),

2Gb: Çapraz sarılmış şeritten koruyucu sargı,

2X: Çapraz bağlı polietilen yalıtım malzemesi,

2Y: Polietilen dış kılıf,

FL: Boylamasına ve radyal yönde su sızdırmazlığı,

J: 0.6/1 kV sarmal bakır bulunmayan kablolarda, yeşil ve sarı renkli koruma damarını,

O: 0.6/1 kV sarmal bakır bulunmayan kablolarda, yeşil ve sarı renkli koruma damarının yokluğunu,

87/150(170) : Faz - toprak, faz - faz ve maksimum işletme gerilim değerlerini ifade etmektedir.

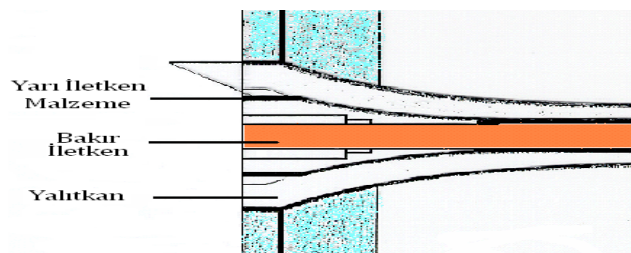
C. 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV KABLO YAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER

Kablo iletkeni: İletken kesiti 1000 mm² yapıda olup, 4 adet sektörden oluşmakta ve toplamda 237 adet çıplak tavlannmış bakır tel içermektedir. İletken içerisinde boylamasına su sızdırmazlık özelliği bulunmaktadır. İletken içerisine ve üzerine suda şişen iplikler ve bantlar uygulanarak sağlanmıştır. İletkenin 20°C de DC direnci, IEC 60228 standardına göre maksimum 0,0176 Ω/km'dir [6].

İç yarı iletken kılıf (iletken ekranı): Yarı iletken, XLPE malzemeden oluşur. 1,35 mm kalınlığındadır. Dış yarı iletken kılıf (yalıtım ekranı) ile birlikte elektriksel alanın kontrolü ve sınırlandırılması amacıyla yapılmaktadır.

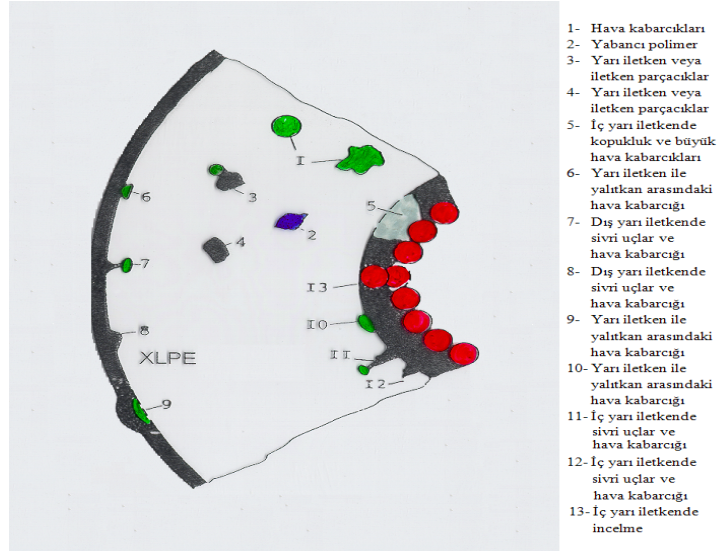
İzolasyon (yalıtım): Çok temiz XLPE malzemedendir. 20 mm et kalınlığındadır. Belli ölçülerin üzerinde safsızlıklara (metal parçaları, boşluk, polimer parçaları vs.) yalıtımda izin verilmez.

Dış yarı iletken kılıf (yalıtım ekranı): Yarı iletken, XLPE malzemedendir. 2,0 mm kalınlığındadır. İç yarı iletken kılıf (iletken ekranı) ile birlikte elektriksel alanın kontrolü ve sınırlandırılması amacıyla yapılmaktadır. İç ve dış yarı iletken kılıflar, püskürtme kafasında "Üçlü Püskürtme" denilen bir yöntemle püskürtülürler [7]. Şekil 1'de üçlü püskürtme yönteminin şematik gösterimi verilmiştir.



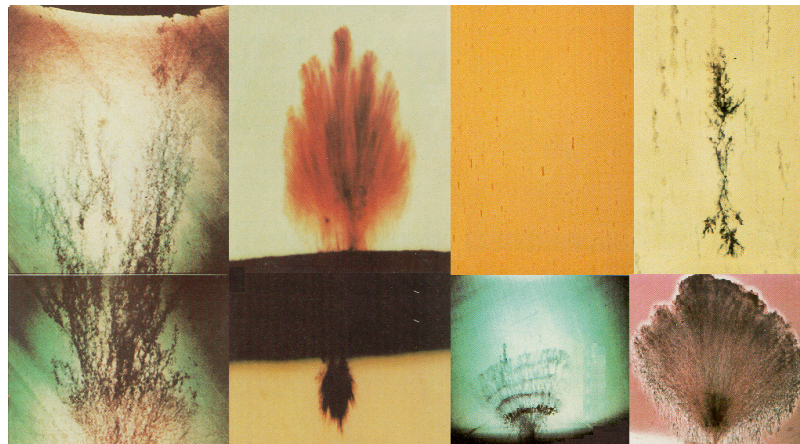
Şekil 1. Üçlü püskürtmenin şematik gösterimi

Üçlü püskürtme yönteminin en önemli yanı, iç ve dış yarı iletken kılıflar arasındaki katların hiç bir hava katmanı oluşmadan birbirine yapışmasını sağlamaktır. Bu sayede kısmi boşalmalardan kablo korunmuş olacaktır. Katmanlar arasında hava kabarcıklarının kalması kablo ömrünü azaltacaktır. Şekil 2’de yer altı kablosu içerisinde oluşabilecek düzensizlikler gösterilmiştir.



Şekil 2. Kablo içerisindeki düzensizlikleri

2XS(FL)2Y 87/150(170) kV kablo, üretim aşamasında gaz altında vakumlanarak soğutulmaktadır [8]. Bu işlem kesintisiz olmaktadır. Kablo üretim aşamasında gaz altında vakumlama yapılmasının amacı, kablonun yalıtkan malzemesinde nem kalmasını önlemektir. Uzun süreli araştırmalar sonucu, XLPE yalıtım maddesi içerisinde bulunan gaz kabarcıkları, rutubet veya başka yabancı parçacıkların varlığının zarar verici tesirinin olduğunu göstermiştir. Kablo yalıtkan malzemesi içerisinde belli bir miktarın üzerinde nem’in bulunması, “Su ağaçlanması” denilen oluşumun var olmasını sağlayacaktır Şekil 3’de yeraltı kablolarında görülen çeşitli su ağaçlanması oluşum resimleri gösterilmiştir [9].



Şekil 3. Su ağaçlanması oluşumları

Yalıtkan içerisinde rutubetin olması nedeniyle meydana gelen mikroskobik bölgeler, zamanla dallanmaya neden olurlar. Su ağaçlanması denilen bu olay, yavaş yavaş gelişen bir olaydır. Bu gelişme zamanla gerilim altında bulunan kablo yalıtkanında kısmi deşarjlarla delinmeye ve kablonun kısa

devre olmasına neden olurlar. Su ağaçlanması oluşumunun olabilmesi için dört adet ön şartın bulunması gerekmektedir. Bu şartlar; Elektrik alanı, nem, hata noktaları ve zamandır [10].

Su durdurucu bantlar: 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV kabloda dış yarı iletken kılıf üzerinde, su durdurucu bantlar uygulanmaktadır. Bu bantlar yalıtım ekranı ile metal siper arasında elektriksel teması sağlaması gerektiğinden yarı iletken malzemeden üretilirler. Metal siper içerisine boylamasına su girmesini engellediği gibi yalıtım ekranı üzerinde oluşabilecek yüklenme ve boşalma akımlarını metal sipere iletmekle görevlidir.

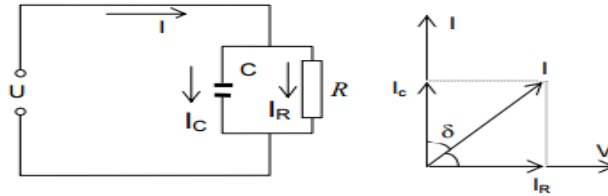
Tutucu bakır bantlar: Tutucu bakır bantların görevi, helisel olarak sarılmış durumda bulunan bakır tellerin dağılmasını önlemek ve sabit olarak tutulmasını sağlamaktır. Ölçüsü 5 x 0.2 mm'dir.

Kopolimer kaplı alüminyum bantlar: Kopolimer kaplı alüminyum bantlar, radyal yönde su durdurucu bantların üzerine kablonun dışından içine su girmesini önlemek amacıyla bir boru şeklinde uygulanmaktadır. Alüminyum üzerindeki kopolimer dış kılıfa yapışarak kararlı bir yapı oluşturur.

III. 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV YÜKSEK GERİLİM YERALTI GÜÇ KABLOSUNUN ELEKTRİKSEL ÖLÇÜM TESTLERİ

A. % PF TESTİ

% PF (Güç faktörü) ölçümü, Tan δ olarak ta adlandırılır. Güç faktörü ölçümünde kablo iletkeni ve yalıtkan kısım doğal bir kapasite gibi değerlendirilir. Kapasite değeri, yalıtkan malzemenin özelliklerine ve elektrotların yapısına bağlıdır. Malzemenin özelliklerinde ve elektrot düzeninde bir değişme olursa, ölçülecek kapasite değerinde de bir değişme olur. Şekil 4'de kapasitenin eşdeğer devresi ve vektör diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4. Kapasite eşdeğer devresi ve vektör diyagramı

Şekil 4'de görüldüğü gibi yalıtkindan toplam "I" akımı akacaktır. Bu akımın kapasitif "I_C" ve omik "I_R" iki bileşeni mevcuttur. Kapasite değerinin yanında, toplam akım "I" ile kapasitif akım "I_C" arasındaki açı δ ve omik akım "I_R" arasındaki açı ϕ , yalıtkanın durumu hakkında bilgi veren temel faktörlerdir. Güç faktörü eşitlik 1'de, kayıp faktörü ise eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\cos\phi = \frac{I_R}{I_T} \quad (1)$$

$$\tan\delta = \frac{I_R}{I_C} \quad (2)$$

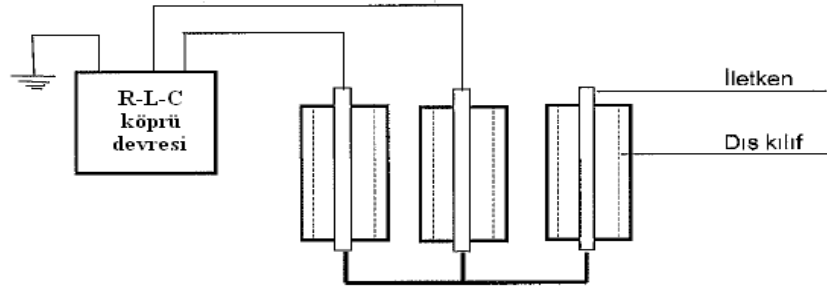
Güç faktörü sadece yalıtım sistemleri için kullanılmayıp, farklı boyutlardaki yalıtım sistemlerinin bağlı kayıplarını karşılaştırmaya yönelik bir indekstir [11]. Güç faktörü testi 10 kV olarak uygulanır. Ölçmeler sırasında, ortamın nem ve sıcaklığı ile kablonun sıcaklığının da kaydedilmesi gereklidir.

B. YALITIM DİRENÇ TESTİ

Kabloların yalıtım direnç testleri, meger cihazı ile yapılmaktadır. Üç fazlı bir kabloda yalıtım direnç testi, kablo iletkenlerinin birbirleri ve kılıfları arasına uygulanarak yapılır. Testler 1 veya 10 dakika süre ile yapılır ve sıcaklık değeri olarak kablonun bulunduğu ortam sıcaklığı esas alınır. Çok iletkenli bir kablonun tek iletkeninin diğerlerine ve kılıfa rağmen minimum yalıtım direnci eşitlik 3'e göre hesaplanır [12]. Eşitlik 3'te; K yalıtkan malzeme için sabiteyi, D eşdeğer yalıtkan cinsinden ölçülen çap değerini, d ise iletken çapını göstermektedir.

$$R = K \cdot \log_{10} \frac{D}{d} \quad (3)$$

Yeraltı güç kablolarında yalıtım direnç testi uygulamak hem arıza yerinin kolay tespiti, hem de dayanıklılık gerilim değerinin hızlı tespiti bakımından tercih edilen bir test metodudur. Şekil 5'de yalıtım direnç testi bağlantı şeması gösterilmiştir.



Şekil 5. Yalıtım direnç testi bağlantı şeması

Testin uygulanışında, kablonun bakır iletkenlerinin her iki ucu boşa alınır. Her iki uçtaki bakır iletkenin 15 cm'lik bakır kısmı soyulur. Kablo yalıtım malzemesi çoklu ise numaralandırma yapılarak kablo tespiti yapılır. Kablo yapısına uygun işletme gerilimi kablo uçları kısa devre edildikten sonra uygulanır. Kablonun koruyucu kılıf kısımları topraklanır. Ölçüm değerleri eşitlik 4'de yerine konularak 20°C'deki kilometre başına düşen direnç değeri hesaplanır [13]. Kısa devre amacıyla kullanılan iletkenin direnci ölçülerek değeri toplam direnç değerinden çıkarılır.

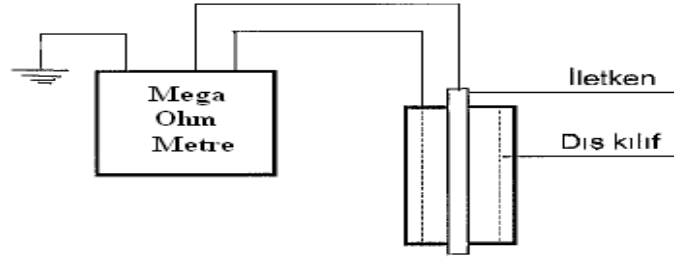
$$R_{T20} = \frac{R_{TX}}{L[1 + \lambda(T_x - 20)]} \quad (4)$$

Eşitlik 4'te; R_{T20} 20 °C'deki iletken direncini (Ω/km), R_{TX} ölçülen direnç değerini (Ω), L yeraltı kablosunun uzunluğunu (km), λ 20 °C'deki sıcaklık katsayısını, (Bakır için 0.00393) T_x ortam sıcaklığını (°C) göstermektedir.

C. XLPE YALITKANIN YALITKANLIK DİRENCİNİN ÖLÇÜLMESİ

Yalıtkanlık direnci her bir fazın kablo iletkeni ile metal ekran arasında ölçülür. Ölçüm için megaohmmetre kullanılır. Şekil 6'da yeraltı kablolarındaki XLPE yalıtkan malzemesine ait direnç testi bağlantı şeması gösterilmiştir. Her bir faz için ölçülen değerler ölçüm tablosuna yazılır. Eşitlik 5 kullanılarak kilometre başına düşen yalıtım direnci hesaplanır.

$$R'_i = R_i \cdot L \quad (5)$$

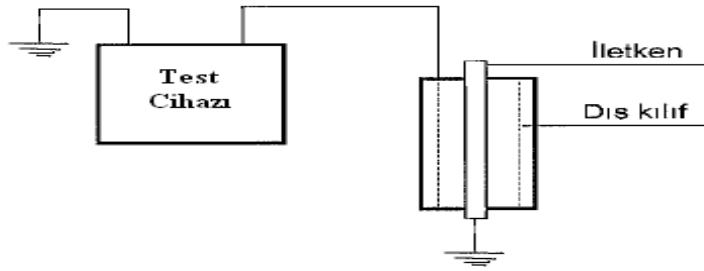


Şekil 6. XLPE yalıtkanına ait direnç testi bağlantı şeması

Eşitlik 5'te; R_i yalıtım direncini ($M\Omega \times km$), R_i yalıtım direncini ($M\Omega$), L yeraltı kablosunun uzunluğunu (km) göstermektedir.

D. AMETAL KILIFLARA UYGULANAN DC GERİLİM TESTİ

Şekil 7'de ametal kılıflara uygulanan DC gerilim testi bağlantı şeması gösterilmiştir. Yeraltı kablosunun dış kılıfına gerilim uygulamadan önce kablonun her iki ucu 50 cm uzunluğunda temizlenmelidir. Bu işlemin amacı konsantrik iletkenler arasında gerilim uygulandığında oluşacak olan atlamaları önlemektir [14]. Ayrıca dış kılıfa gerilim uygulanmadan önce kablonun iletkeni topraklanmalıdır.



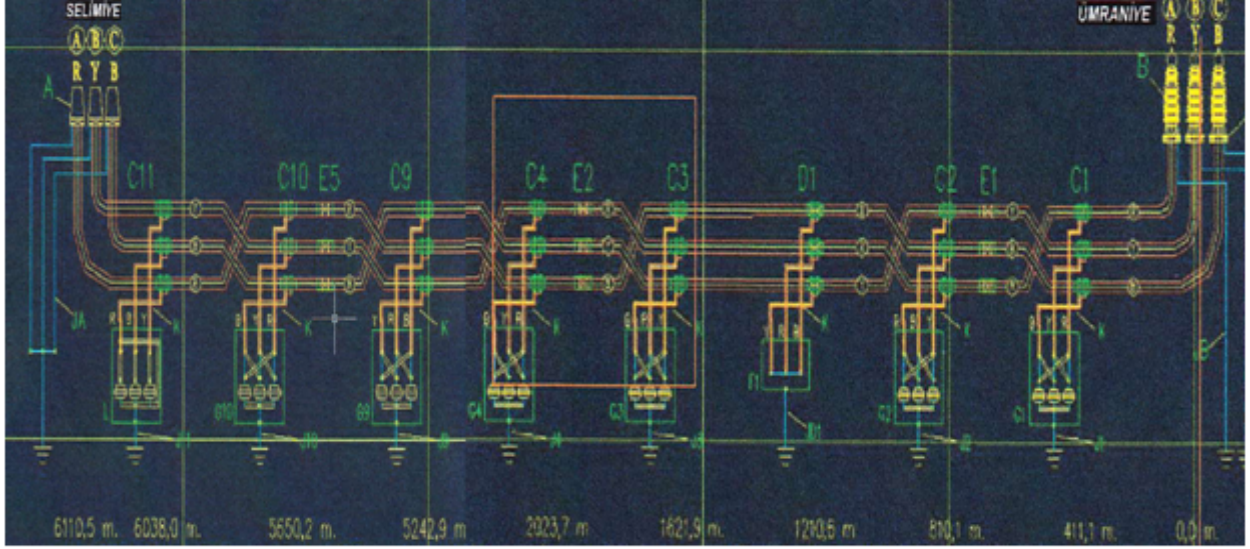
Şekil 7. Ametal kılıflara uygulanan DC gerilim testi bağlantı şeması

Test cihazının gerilim ucuna takılan yüksek gerilim bağlantı kablosu diğer taraftan kablonun dış kılıfına klemens ile bağlanır. Topraklama bağlantıları yapılır. Test yapılmadan önce hattın diğer ucundaki kablo dış kılıfı oluşabilecek olan atlamaları önlemek amacıyla ayrılır. Test süresince bu noktada kimse bulunmamalıdır. Gerilim değeri yavaş yavaş artırılarak test gerilimi değerine ulaşılır (10 kV/1dakika). Test cihazı üzerindeki ampermetre devamlı olarak kontrol edilir ve süre sonunda okunan değer kaydedilir. Gerilim değeri yavaş yavaş azaltılarak sıfır yapılır ve test sona erdirilir.

IV. 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV YÜKSEK GERİLİM YERALTI GÜÇ KABLOSU ARIZASININ İNCELENMESİ

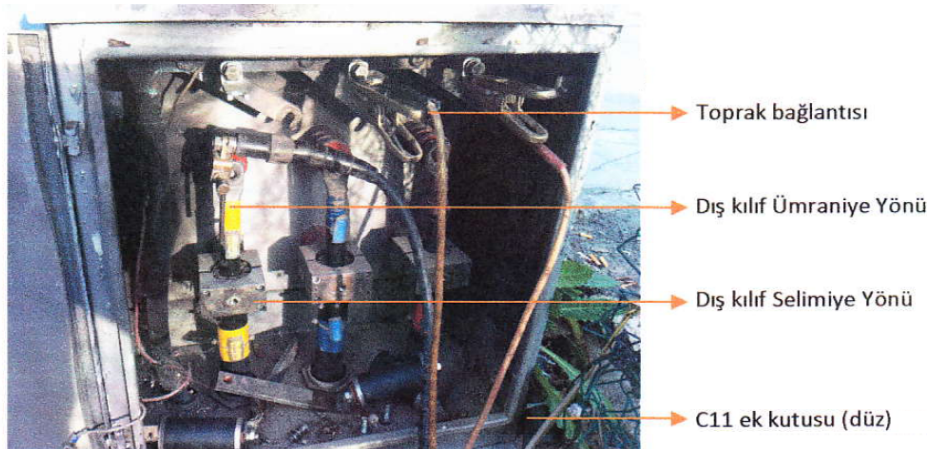
Bu bölümde 154 kV Ümraniye GIS (gaz izolele sistem) TM (trafo merkezi) ile 154 kV Selimiye GIS TM arasındaki 2XS(FL)2Y 87/150(170) kV yüksek gerilim yeraltı güç kablosu arızası incelenmiştir. Söz konusu yüksek gerilim yeraltı güç kablosu 01.02.2013 tarihinde saat 12.09'da kablo diferansiyel röle (üç faz-toprak) arızası ile açmıştır. TM'deki rölelerden yapılan kontrollerde Ümraniye GIS TM

(üç-faz toprak) 21,6 kA ve Selimiye GIS TM (üç-faz toprak) 4,0 kA kısa devre akımları okunmuştur. Yeraltı güç kablosunun arızalı olduğu anlaşılmış ve arıza yeri tespit çalışmalarına başlanmıştır. Şekil 8’de 154 kV Ümraniye GIS TM ile 154 kV Selimiye GIS TM arasındaki yüksek gerilim yeraltı güç kablosunun çaprazlama noktaları gösterilmiştir.



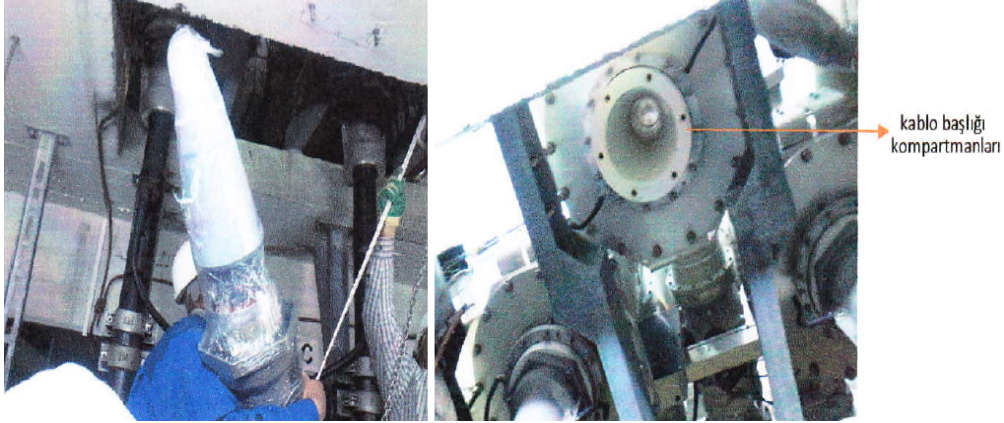
Şekil 8. 154 kV Ümraniye GIS TM ile 154 kV Selimiye GIS TM arasındaki yüksek gerilim yeraltı güç kablosunun çaprazlama noktaları şeması

Her iki trafo merkezinde GIS olması nedeniyle yeraltı kablo başlığı ile hat gerilim trafosu bağlantısı ayrılamamıştır. Arıza ölçümünde kullanılan kesik darbe testi kablo sargı izolasyonuna zarar vereceğinden dolayı kablunun dış kılıfı üzerinden arıza tespitine başlanmıştır. Selimiye GIS TM’deki C11 ek kutusundan güç kablosu dış kılıfına darbe vermek suretiyle C9 - C11 arasında dış kılıf toprak izolasyon ölçümü yapılmıştır. C10 noktasında darbe şeklinde ses duyulmuştur. Selimiye GIS TM’den başlayarak yeraltı güç kablosu dış kılıfı üzerinden meger testi uygulanmıştır. Yapılan meger testi sonucunda yüksek gerilim yeraltı güç kablosunun çaprazlama noktasında (C10) dış kılıf direnç ölçümü sıfır Ω bulunmuştur (Kısa devre). Daha sonra arızanın teyit edilmesi için C10 noktasındaki link açılmış tekrar darbe verilerek ses ölçümü yapılmıştır. Şekil 9’da C11 ek kutusu gösterilmiştir.



Şekil 9. Yüksek gerilim yeraltı güç kablosuna ait C11 ek kutusu

14.02.2013 tarihinde kablo ek noktalarının üzeri açılarak çaprazlama noktalarındaki izole kontrolleri yapılmıştır. Kablo dış yüzeyi üzerinde delinme olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kablonun metal glade ucu açılmıştır. Ümraniye GIS TM'deki kuru tip dahili kablo başlıkları sökülerek kablo galerisinde askıya alınmıştır. Sökülen başlıklar streçle sarılarak nem, toz vb. etkilerden arındırılmıştır. Selimiye GIS TM'de ise kablo başlığı kompartıman gazı tamamen alınarak, sökülüştür. Bu sayede kablo darbe verilmeye uygun duruma getirilmiştir. Tüm kablo kompartımanlarının SF₆ gaz ölçümleri yapılarak not alınmıştır. Şekil 10'da sökülün kablo başlıkları ve kablo başlık kompartımanları gösterilmiştir.



Şekil 10. Sökülen kablo başlıkları ve kablo başlık kompartımanları

Dilo cihazı yardımıyla SF₆ gazları vakumlu tüplere doldurulmuştur. Basınç değerlerinin uygun seviyelere indiği görülerek kablo demontaj işlemine başlanmıştır. GIS trafo merkezleri ile kablo başlık bağlantıları sökülerek verilecek olan darbenin gerilim trafosuna ulaşması engellenmiştir. Darbenin toprak ucu kablo dış kılıfı ile TM topraklamalarının birleştirildiği noktadan alınmıştır. Kablonun canlı ucuna darbe verilmiştir. Darbe Selimiye GIS kablo başlıklarından verilmek suretiyle arıza yansıma noktası 4,25 km olarak okunmuştur. Yapılan kontrollerde C3-C4 ek çaprazlama dolaplarındaki 1,5 kV çalışma gerilimindeki parafudr'ların patladığı görülmüştür. Söz konusu test bu kez Ümraniye GIS kablo başlıklarından uygulanmış ve 1,63 km yansıma ölçülmüştür. Yapılan darbe testleri arızanın C3 noktasında olduğunu teyit etmiştir. 19.02.2013 tarihinde C3 noktası kazılmış olup, arızanın bu noktada olduğu tespit edilmiştir. Yapılan incelemede iletkenin içten delinerek izoleyi patlattığı, yıkıcı bir etkiyle metal glade'in açıldığı ve parçalandığı görülmüştür. Şekil 11'de C3 ve C4 ek kutuları gösterilmiştir.



C3 ek kutusu



C4 ek kutusu

Şekil 11. Yüksek gerilim yeraltı güç kablosuna ait C3 ve C4 ek kutuları

Yeraltı kablosuna müdahale edilebilmesi için, kablolar askıya alınmıştır. Kablo eki mantar testere yardımıyla her iki yönden kesilmiştir. Kesilen ekten sonra kablonun uçları kullanılarak Ümraniye GIS ve Selimiye GIS yönlerine ayrı ayrı meger testleri yapılmıştır (Ana iletken - dış kılıf arası 10 kV, Dış kılıf - toprak arası 1 kV). Ana iletken - dış kılıf arası ve dış kılıf - toprak arası izolasyon dirençlerinin sonsuz olduğu görülmüştür. Bu durum kabloda dış kılıf arızalarının olduğunu ve başka tür bir arıza olmadığını göstermiştir. Şekil 12’de ana iletken - dış kılıf arası ve dış kılıf - toprak arasında yapılan meger ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 12. Yüksek gerilim yeraltı güç kablosuna ait meger ölçümü

2XS(FL)2Y 87/150(170) kV yüksek gerilim yeraltı güç kablosu yeterli miktarda kesilerek iki düz, bir çapraz ek yapılmıştır. Patlayan parafudr’ların yerine yenileri takılarak çalışmalar tamamlanmıştır. Ümraniye GIS kablo başlığı montajı ve Selimiye GIS kablo başlığı kompartıman irtibatları yapılarak, vakum ve SF₆ gaz basma işlemleri yapılmıştır. 25.02.2013 tarihinde saat 18.36’da yüksek gerilim yeraltı güç kablosu Ümraniye GIS TM’den tek taraflı kapatılmış, daha sonra 27.02.2013 tarihinde saat 09.21’de karşılıklı olarak kapatılarak yük akışı sağlanmıştır.

V. SONUÇLAR

Yüksek gerilim kablo arızası tespit çalışmalarında, arıza tespitinin dış kılıf üzerinden yapılması yanıtıcı olmaktadır. Yüksek gerilim kablo darbe testi yeraltı güç kablosunun dış kılıfındaki arıza durumunda uygulanırsa, arıza sesine benzer darbe sesi duyulmaktadır. Bu durumun gerçek bir arıza olarak değerlendirilmemesi gerekmektedir. Yeraltı güç kablosu arızalarında XLPE yapı bozulduğundan dış kılıf üzerinde istenmeyen aşırı gerilimler oluşmakta ve bu gerilimler kablo çaprazlamalarında kullanılan parafudr’ları patlatmaktadır. Yeraltı kablosunun dış kılıfı üzerindeki meger ölçümleri bütün kablo güzergahınca yapılmalıdır. Arıza yerinin belirlenmesinde çaprazlama ek kutularının kontrol edilmesi gerekmektedir. Yüksek gerilim kablo kısa devre güçleri, güç kaynağı yönünde daha yüksek olmasına rağmen arıza akımının dağılımı kablo direncine bağlı olarak eşit bir biçimde olacağından arıza akım değerleri doğru bir şekilde okunabilmektedir.

Yüksek gerilim yeraltı kablo arızaları, enterkonnekte sistem açısından son derece ciddi sorunlar yaşatmaktadır. Gerek arıza tespiti, gerekse onarımı uzun süreler aldığından yeraltı güç kablosu ile beslenen trafo merkezlerinin ihtiyaçlarının karşılanmasında alternatif besleme kaynakları yaratılmalıdır. Enterkonnekte sistem yük dengesi, kabloların akım taşıma kapasiteleri göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Yeraltı güç kablolarında meydana gelen arızalar bazen imalat, bazende

montaj çalışmaları sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle kontrol teşkilatları katılmış oldukları test ve devreye alma çalışmalarında azami özeni göstermelidir. Bu durum uzun vadede iyi sonuçlar ortaya çıkaracak ve yüksek gerilim yeraltı kablo şebekesi arıza endekslerinin düşmesinde faydalı olacaktır.

TEŞEKKÜR: Bu çalışmaya vermiş olduğu desteklerden dolayı “TEİAŞ 4. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü” çalışanı Sn. Cihan AKSAKAL’a teşekkür ederim.

VI. KAYNAKLAR

- [1] Y. Saner, *Güç Dağıtımı 3 (Enerji Dağıtımı)*, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1998).
- [2] M. Özkaya, *Yüksek Gerilim Tekniği Cilt-1 Statik Elektrik Alanı ve Boşalma Olayları*, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2008).
- [3] Türkiye Elektrik Kurumu (TEK), *Elektrik Tesislerinde Koruma ve Kontrol*, Elektrik Üretim İletim Müessesesi Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, Ankara, (1990).
- [4] W.A. Thue, *Electrical Power Cable Engineering*, Marcel Dekker, New York, (1999).
- [5] Anonim, <http://pektaskablo.com/Dokumanlar/5122012141626398.pdf>, (Erişim tarihi: 19 Nisan, 2009).
- [6] International Electrotechnical Commission, **IEC 60228**, *International Standard Conductors of Insulated Cables*, Third Edition, 2004-11, Geneva, Switzerland, (2004).
- [7] E. Peschke, R. Von Olshausen, *Cable Systems for High and Ultra High Voltages: Cable Designs and Accessories – Dimensions, Development and Testing*, Kluwer Academic Publishers, (2000).
- [8] R. Bartnikas, K.D. Srivastava, *Power and Communication Cables – Theory and Applications*, IEEE Press, New York, (2000).
- [9] M. Acedo, I. Radu, F. Frutos, J.C. Filippini, P. Notingher *Journal of Electrostatics* **53(4)** (2001) 267-294.
- [10] J.P. Crine, S. Pelissou, J.L. Parpal *IEEE Transaction on Electrical Insulation* **26(1)** (1991) 140-145.
- [11] A. Türkcan, *İzolasyon Testleri*, TEİAŞ Soma Elektrik Teknolojileri Geliştirme ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yayınları, İstanbul, (1998).
- [12] T. Tanaka, A. Greenwood, *Advanced Power Cable Technology Basic Concepts and Testing*, Vol.1, CRC Press, Florida, USA, (1983).
- [13] Megger, *The Lowdown on High Voltage DC Testing*, **AVTM22P-1**, Revision B, November, (2002).
- [14] L.W. Meng, J.M. Pang *Singapore Engineering* (2001) 18-20.